- Chaves -

15 a 18 de Junho

6ª Conferência Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação

Sistemas e Tecnologias de Informação

VOL. I - ARTIGOS

Editores

Álvaro Rocha

Ramiro Gonçalves

Manuel Pérez Cota

Luís Paulo Reis

ORGANIZAÇÃO:

aisti

Associação Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação

UNIVERSIDADE DE TRÁS-OS-MONTES E ALTO DOURO

utad

Sistemas e Tecnologias de Informação

Actas da 6ª Conferência Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Chaves, Portugal
15 a 18 de Junho de 2011
AISTI | UTAD

Vol. I – Artigos

Editores
Álvaro Rocha
Ramiro Gonçalves
Manuel Pérez Cota
Luís Paulo Reis

ISBN:
978-989-96247-4-0

CRÉDITOS

TÍTULO
Sistemas e Tecnologias de Informação

SUB-TÍTULO
Actas da 6ª Conferência Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Chaves, Portugal
15 a 18 de Junho de 2011

Vol 1 - Artigos

EDITORES
Álvaro Rocha, Universidade Fernando Pessoa
Ramiro Gonçalves, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro
Manuel Pérez Cota, Universidad de Vigo
Luís Paulo Reis, Universidade do Porto

EDIÇÃO, IMPRESSÃO E ACABAMENTOS
APPACDM – Associação Portuguesa de Pais e Amigos do Cidadão Deficiente Mental, Braga, Portugal

DEPÓSITO LEGAL
329676/11

ISBN
978-989-96247-4-0

WEB
http://www.aisti.eu/cisti2011

CopyRight 2011 - AISTI (Associação Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação)

Comissão Coordenadora

Álvaro Rocha, Universidade Fernando Pessoa (Presidente)
Manuel Pérez Cota, Universidad de Vigo (Simpósio Doutoral)
Carlos Ferrás Sexto, Universidad de Santiago de Compostela
Adolfo Lozano Tello, Universidad de Extremadura
Jose Antonio Calvo-Manzano Villalón, Universidad Politécnica de Madrid
Ramiro Gonçalves, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro
Luis Paulo Reis, Universidade do Porto, FEUP (Workshops)
Miguel Neto, Universidade Nova de Lisboa, ISEGI
Gonçalo Paiva Dias, Universidade de Aveiro

Comissão Organizadora

Ramiro Gonçalves, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro (Presidente)
Avelino Victor, AISTI - Associação Ibérica de STI
Benjamim Fonseca, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro
Hugo Paredes, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro
João Barroso, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro
Maria Lemos, AISTI - Associação Ibérica de STI
Paulo Martins, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro
Paulo Oliveira, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro
Vítor Filipe, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro
Vítor Santos, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Comissão Científica

José Bulas Cruz, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro (Presidente)
Adriano Moreira, Universidade do Minho
Alberto Carneiro, Universidade Autónoma de Lisboa
Alberto Freitas, Universidade do Porto, FMUP
Alberto J. Bugarín Diz, Universidad de Santiago de Compostela
Alcínia Zita Sampaio, Universidade Técnica de Lisboa, IST
Alejandro Peña, Escuela de Ingeniería de Antioquia
Alvaro E. Prieto, Universidad de Extremadura
Américo Azevedo, Universidade do Porto, FEUP
Ana Areitio, Universidad del País Vasco
Ana Isabel Veloso, Universidade de Aveiro
Ana Maria Correia, Universidade Nova de Lisboa, ISEGI
Ana Paula Rocha, Universidade do Porto, FEUP
Anabela Mesquita, Instituto Politécnico do Porto, ISCAP
Anabelem Soberanes Martín, Universidad Autónoma del Estado de México
Andres Montoyo, Universidad de Alicante
Antoni Lluís Mesquida Calafat, Universitat de les Illes Balears
Antonia Mas Pichaco, Universitat de les Illes Balears
António Andrade, Universiddade Católica Portuguesa
Antonio Calvo Cuenca, Universidad de Córdoba

António Godinho, ISLA - Instituto Superior de Línguas e Administração de Gaia
António Teixeira, Universidad de Aveiro
António Trigo Ribeiro, Instituto Politécnico de Coimbra, ISCAC
Armando Mendes, Universidade dos Açores
Armando Sousa, Universidade do Porto, FEUP
Arturo José Méndez Penín, Universidad de Vigo
Benjamim Fonseca, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro
Benjamín Ramos Álvarez, Universidad Carlos III de Madrid
Bráulio Alturas, ISCTE - Instituto Universitário de Lisboa
Brígida Mónica Faria, Escola Superior de Tecnologia de Saúde do Porto
Carlos Carreto, Instituto Politécnico da Guarda
Carlos Costa, Universidade de Aveiro
Carlos Rabadão, Instituto Politécnico de Leiria
Carlos Vaz de Carvalho, Instituto Politécnico do Porto, ISEP
Carmen Galvez, Universidad de Granada
David Fonseca, Enginyeria Arquitectura La Salle, Universitat Ramon Llull
Eduardo Luís Cardoso, Universidade Católica Portuguesa
Elisabete Paulo Morais, Instituto Politécnico de Bragança
Encarna Soza, Universidad de Extremadura
Feliz Gouveia, Universidade Fernando Pessoa
Fernando Bação, Universidade Nova de Lisboa, ISEGI
Fernando Bandeira, Universidade Fernando Pessoa
Fernando Diaz, Universidad de Valladolid
Fernando Moreira, Universidade Portucalense
Filipe Mota Pinto, Instituto Politécnico de Leiria
Filomena Castro Lopes, Universidade Portucalense
Francisco Antunes, Universidade da Beira Interior
Francisco Arcega, Universidad de Zaragoza
Francisco Escalero Sanchez, Universidad Rey Juan Carlos
Francisco Restivo, Universidade do Porto, FEUP
Gloria Areitio, Universidad del País Vasco
Guilhermina Miranda, Universidade de Lisboa
Hélia Guerra, Universidad dos Açores
Henrique Gil, Instituto Politécnico de Castelo Branco
Henrique S. Mamede, Universidade Aberta
Henrique Santos, Universidade do Minho
Hugo Paredes, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro
Isabel Seruca, Universidade Portucalense
Isaura Ribeiro, Universidade dos Açores
Ismael Caballero, Universidade de Castilla-La Mancha
Jaime Cardoso, INESC Porto & FEUP
Jaime Lloret, Universidad Politécnica de Valência

Javier Garcia Tobio, Fundación Centro Tecnológico de Supercomputación de Galicia (CESGA)
Javier Saenz, Universidad Politécnica de Madrid
Jerónimo Nunes, Universidade dos Açores
Jesús Cáceres, Universidad de Alcalá
Jesús Pardillo, Universidad de Alicante
Jezreel Mejia Miranda, Universidad Politécnica de Madrid
Joana Maria Segui Pons, Universitat de les Illes Balears
João Balsa da Silva, Universidade de Lisboa
João Barroso, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro
João Ferreira, Instituto Politécnico de Lisboa, ISEL
João Manuel Brisson Lopes, UNiversidade Técnica de Lisboa, IST
João Manuel R. S. Tavares, Universidade do Porto, FEUP
João Negreiros, Universidade Nova de Lisboa, ISEGI
João Paulo Costa, Universidade de Coimbra
João Sarmento, Universidade do Minho
João Varajão, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro
Joaquim Ferreira, Universidad de Aveiro
Joaquim Madeira, Universidade de Aveiro
Joaquín Olivares Bueno, Universidad de Córdoba
Joaquim Reis, ISCTE - Instituto Universitário de Lisboa
Jörg Thomaschewski, FH Emden/Leer
Jorge Magalhães Mendes, Instituto Politécnico do Porto, ISEP
Jorge Mamede, Instituto Politécnico do Porto, ISEP
José Adriano Gomes Pires, Instituto Politécnico de Bragança
José Braga de Vasconcelos, Universidade Fernando Pessoa
José Carlos Metrôlho, Instituto Politécnico de Castelo Branco
Jose J. Pazos-Arias, Universidade de Vigo
José Luis Pastrana Brincones, Universidad de Málaga
José Luís Oliveira, Universidade de Aveiro
José M. Molina, Universidad Carlos III de Madrid
Jose R. R. Viqueira, Universidad de Santiago de Compostela
José Silvestre Silva, Universidade de Coimbra
José Salvado, Instituto Politécnico de Castelo Branco
José Torres, Universidade Fernando Pessoa
Juan Carlos González Moreno, Universidad de Vigo
Juan José de Benito Martín, Universidad de Valladolid
Juan M. Fernández-Luna, Universidad de Granada
Juan M. Santos, Universidad de Vigo
Juan Manuel Miguel-Jiménez, Universidad de Alcalá
Leonel Morgado, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro
Leonel Santos, Universidade do Minho
Leonilde Reis, Instituto Politécnico de Setúbal
Lilia Muñoz, Universidad de Alicante

Luis Álvarez Sabucedo, Universidad de Vigo
Luís Bernardo, Universidade Nova de Lisboa
Luís Borges Gouveia, Universidade Fernando Pessoa
Luís Bruno, Instituto Politécnico de Beja
Luís Cavique, Universidade Aberta
Luis Enrique Sánchez Crespo, Universidade de Castilla-la Mancha
Luís Mendes Gomes, Universidade dos Açores
Luisa María Romero-Moreno, Universidad de Sevilla
Luiz Fernandez Sanz, Universidad de Alcalá
Luz Sussy Bayona Oré, Universidad Politécnica de Madrid
Macario Polo, Universidad de Castilla-La Mancha
Magally Martínez Reyes, Universidad Autónoma del Estado de México
Magdalena Arcilla Cobian, Universidad Nacional de Educación a Distancia
Manuel Fernandez Iglesias, Universidad de Vigo
Manuel Fernandez Veiga, Universidad de Vigo
Manuel Lama, Universidad de Santiago de Compostela
Manuel Mejías, Universidad de Sevilla
Marco Painho, Universidade Nova de Lisboa, ISEGI
Mareca M Pilar, Universidad Politécnica de Madrid
Maria Clara Silveira, Instituto Politécnico da Guarda
Maria do Rosário Almeida, Universidade Aberta
Maria Helena Monteiro, Universidade Técnica de Lisboa, ISCSP
María J Lado, Universidad de Vigo
Maria João Castro, Instituto Politécnico do Porto, ISCAP
Maria João Ferreira, Universidade Portucalense
Maria João Gomes, Universidade do Minho
Maria Jose Carreira Nouche, Universidad de Santiago de Compostela
María José Escalona, Universidad de Sevilla
Maria Manuela Cruz Cunha, Instituto Politécnico do Cávado e do Ave
Maribel Yasmina Santos, Universidade do Minho
Mário Carrilho Negas, Universidade Aberta
Mário David, LIP Lisboa
Mário Rui Gomes, Universidade Técnica de Lisboa, IST
Martin Llamas-Nistal, Universidad de Vigo
Mercedes de la Cámara Delgado, Universidad Politécnica de Madrid
Mercedes Ruiz, Universidad de Cádiz
Miguel Arevalillo-Herráez, Universidad de Valência
Miguel Mira da Silva, Universidade Técnica de Lisboa, IST
Milton Ramos, TECPAR - Instituto de Tecnologia do Paraná
Mirna Ariadna Muñoz Mata, Universidad Politécnica de Madrid
Montserrat Sebastià, Universitat de Barcelona
Nuno Costa, Instituto Politécnico de Leiria
Nuno Pombo, Universidade da Beira Interior
Nuno Ribeiro, Universidade Fernando Pessoa

Octavio Glorio Peruso, Universidad de Alicante
Orlando Belo, Universidade do Minho
Óscar Mealha, Universidade de Aveiro
Paula Morais, Universidade Portucalense
Paula Peres, Instituto Politécnico do Porto, ISCAP
Paula Prata, Universidade da Beira Interior
Paulo Fazendeiro, Universidade da Beira Interior
Paulo Loureiro, Instituto Politécnico de Leiria
Paulo Martins, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro
Paulo Pinto, Universidade Nova de Lisboa, FCT
Paulo Rurato, Universidade Fernando Pessoa
Paulo Teves da Silva, Universidade Lusíada de Famalicão
Paulo Tomé, Instituto Politécnico de Viseu
Pedro Araújo, Universidade da Beira Interior
Pedro Cabral, Universidade Nova de Lisboa, ISEGI
Pedro Corcuera, Universidad de Cantabria
Pedro Miguel Moreira, Instituto Politécnico de Viana do Castelo
Pedro Pimenta, Universidade do Minho
Pedro Ramos, ISCTE - Instituto Universitário de Lisboa
Pedro Sanz Angulo, Universidad de Valladolid
Pedro Sebastião, ISCTE - Instituto Universitário de Lisboa
Pedro Sobral, Universidade Fernando Pessoa
Rafael Muñoz, Universidad de Alicante
Ricardo Correia, Universidade do Porto, FMUP
Ricardo Simões, Instituto Politécnico do Cávado e do Ave
Rosaldo Rossetti, Universidade do Porto, FEUP
Rui Jorge Lopes, ISCTE - Instituto Universitário de Lisboa
Rui José, Universidade do Minho
Rui Rijo, Instituto Politécnico de Leiria
Rui Silva Moreira, Universidade Fernando Pessoa
Rute Abreu, Instituto Politécnico da Guarda
Sergio Gálvez Rojas, Universidad de Málaga
Sérgio Lopes, Universidade do Minho
Sílvia Fernandes, Universidade do Algarve
Tanja Vos, Universidad Politécnica de Valência
Tomas San Feliu, Universidad Politécnica de Madrid
Vítor Carvalho, Instituto Politécnico do Cávado e do Ave
Vítor Santos, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro
Xosé Anton Vila, Universidad de Vigo

First Iberian Workshop on Serious Games and Meaningful Play

Pedro Miguel Moreira, Instituto Politécnico de Viana do Castelo – Co-chair
Rui Rodrigues, Universidade do Porto, FEUP – Co-chair
Verónica Carvalho, Universidade do Porto, FCUP – Co-chair
Maximino Bessa, Universidade Trás-os-Montes e Alto Douro
Josep Blat, Universidade Pompeu Fabra
Pedro Branco, Universidade Minho
Beatriz Carmo, Universidade de Lisboa
Ana Paula Cláudio, Universidade de Lisboa
António Coelho, Universidade Porto
Nuno Correia, Universidade Nova de Lisboa
António Cardoso Costa, Instituto Politécnico do Porto
Sara de Freitas, Universidade Coventry
Francisco José Gallego Duran, Universidade Alicante
Abel Gomes, Universidade Beira Interior
Daniel Gonçalves, Universidade Técnica Lisboa
Sergi Grau, Universidade Politècnica de Catalunya
Ido Iurgel, Universidade Minho
Pedro Faria Lopes, ISCTE-IUL
Óscar Mealha, Universidade Aveiro
Pedro Miguel Moreira, Instituto Politécnico de Viana do Castelo
Leonel Morgado, Universidade Trás-os-Montes e Alto Douro
Verónica Orvalho, Universidade Porto
João Madeiras Pereira, Universidade Técnica Lisboa
Rui Prada, Universidade Técnica Lisboa
António Ramires, Universidade Minho
Luís Paulo Reis, Universidade Porto
Rui Rodrigues, Universidade Porto
Nuno Rodrigues, Instituto Politécnico do Cávado e Ave
Teresa Romão, Universidade Nova de Lisboa
Licínio Roque, Universidade Coimbra
Frutuoso Silva, Universidade Beira Interior
Lluís Solano Albajes, Universidade Politècnica Catalunya
António Augusto de Sousa, Universidade Porto
Ana Isabel Veloso, Universidade Aveiro
Nelson Zagalo, Universidade Minho

Second Ibero-American Workshop on Data Quality

Alberto Freitas, Universidade do Porto – Co-chair
Paulo Oliveira, Instituto Superior de Engenharia do Porto – Co-chair
Ismael Caballero, University of Castilla-La Mancha – Co-chair
Marian Moraga, University of Castilla-La Mancha – Co-chair

Third Workshop on Intelligent Systems and Applications

Joao Balsa, Universidade de Lisboa – Co-chair
Rosaldo Rossetti, FEUP, Portugal – Co-chair
Manuel Filipe Santos, Universidade do Minho – Co-chair
Alberto Fernandez, Universidad Rey Juan Carlos, Spain
Ana Paula Rocha, LIACC/FEUP, Portugal
Andreia Malucelli, PUC-PR, Brazil
António Abelha, Universidade do Minho, Portugal
António Castro, LIACC/FEUP, Portugal
António Coelho, INESC-Porto/FEUP, Portugal
António Pereira, LIACC/FEUP, Portugal
César Analide, Universidade do Minho, Portugal
Diana Adamatti, UCPEL, Brazil
Fernando Diaz-Gomez, Universidad de Valladolid, Spain
Filipa Taborda, UAtlantica, Portugal
Florentino Fernández Riverola, Universidade de Vigo, Spain
Francisco Reinaldo, Unileste-MG, Brazil
Gustavo Arnold, Convergence Works, Brazil
Jaime Sichman, EP/USP, Brazil
Jesus Vilares, Universidade da Coruña, Spain
José Machado, Universidade do Minho, Portugal
José Molina López, Universidad Carlos III de Madrid, Spain
Luis Antunes, Universidade de Lisboa, Portugal
Luis Moniz, Universidade de Lisboa, Portugal
Luís Paulo Reis, LIACC/FEUP, Portugal
Luís Sarmento, Sapo Labs/FEUP, Portugal
Manuel Glez-Bedia, Universidad de Zaragoza, Spain
Matteo Vasirani, Universidad Rey Juan Carlos, Spain
Patrícia Tedesco, UFPE, Brazil
Paulo Novais, Universidade do Minho, Portugal
Paulo Trigo, ISEL, Portugal
Paulo Urbano, Universidade de Lisboa, Portugal
Renata Galante, UFRGS, Brazil
Sascha Ossowski, Universidad Rey Juan Carlos, Spain
Tim Kovacs, University of Bristol, UK
Vicent Botti, Universidad Politécnica de Valencia, Spain

First Workshop in Information Systems for Interactive Spaces

Fernando Reinaldo Ribeiro, Instituto Politécnico de Castelo Branco – Co-chair
Benjamim Fonseca, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro – Co-chair
José Carlos Metrôlho, Instituto Politécnico de Castelo Branco – Co-chair
Jorge Cardoso, Universidade do Minho – Co-chair
Ana Fernández Vilas, Universidade de Vigo
Ana Paula Afonso, FCUL

Arcadio Reyes Lecuona, Universidad de Malaga
Cecilio Angulo Bahón, Universitat Politècnica de Catalunya
Dante Tapia, Universidade de Salamanca
Fernando Díaz Gómez, Universidade de Valladolid
Helena Rodrigues, Universidade do Minho
Hugo Paredes, UTAD
Ivan Franco, Ydreams
Javier Bajo, Universidade Pontificia de Salamanca
João Barroso, UTAD
João Paulo Sousa, IP Bragança
José Juan Pazos Arias, Universidade Vigo
Juan Francisco de Paz, Universidade de Salamanca
Leonel Caseiro Morgado, UTAD
Maria Beatriz do Carmo, Universidade de Lisboa
Nuno Correia, FCT UNL
Paulo Nogueira Martins, UTAD
Paulo Miguel de Jesus Dias, IEETA/UA
Rebeca P. Díaz Redondo, Universidad Vigo
Rosaldo J. F. Rossetti, FEUP
Rui José, Universidade do Minho
Sara Rodríguez González, Universidade de Salamanca
Teresa Romão, FCT UNL

Second Workshop on Automating Test Case Design, Selection and Evaluation

Tanja Vos (Universidad Politecnica de Valencia, Spain) – Co-chair
Wishnu Prasetya (University of Utrecht, The Netherlands) – Co-chair
Enrique Alba (Universidad de Malaga, Spain)
Arthur Baars (Universidad Politecnica de Valencia, Spain)
Ewout van Driel (Sogeti, Spain)
Sigrid Eldh (Ericsson, Sweden)
Javier Fernández-Pello Alvargonzález (Zurich Financial Services, Spain)
Beatriz Marin (Universidad Politecnica de Valencia, Spain)
Patricio Letelier (Universidad Politecnica de Valencia, Spain)
Doaitse Swierstra (University of Utrecht, The Netherlands)
Paolo Tonella (Fondazione Bruno Kessler, Italy)
Javier Tuya (Universidad de Oviedo, Spain)

First Workshop on Knowledge Management Systems and Social Computing

Miguel Castro Neto, Universidade Nova de Lisboa, ISEGI – Co-chair
Beatriz Recio Aguado, Universidad Politecnica de Madrid – Co-chair
Ana Maria Ramalho Correia, ISEGI, Universidade Nova de Lisboa, ISEGI
André Zambalde, Universidade Federal de Lavras
Remko Helms, Utrecht University
Ana Cristina Vasconcelos, University of Sheffield

ENTIDADES ENVOLVIDAS

Organização
AISTI – Associação Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
UTAD – Universidade de Santiago de Compostela

Parceiros
Universidade Fernando Pessoa
Universidad de Vigo
Universidad de Santiago de Compostela
Universidad de Extremadura
Universidad Politécnica de Madrid
Universidad de Trás-os-Montes e Alto Douro
Faculdade de Engenharia da Universidade de Lisboa
ISEGI da Universidade Nova de Lisboa
Universidade de Aveiro

Patrocínios
ADRAT – Associação de Desenvolvimento Regional do Alto Tâmega
ANACOM – Autoridade Nacional de Comunicações
Banco Montepio Geral
Câmara Municipal de Chaves
Hewlett-Packard
Tecnidata

Apoios
IEEE - Institute of Electrical and Electronics Engineers
IEEE Education Society Chapter – Portuguese Section
ATI - Asociación de Técnicos de Informática
Aquatour

Apoio de Publicações
RISTI (Revista Ibérica de Sistemas y Tecnologías de Información)
Libro TICAI (TICs Aplicadas a la Aprendizaje de la Ingeniería) - Secciones Portugués y Español del IEEE

Prefácio

Este livro contém os artigos aceites para apresentação e discussão na 6ª Conferência Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação (CISTI'2011), organizada pela UTAD (Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro) e pela AISTI (Associação Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação), entre 15 e 18 de Junho de 2011, em Chaves, Portugal.

A Conferencia Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação (CISTI) é um fórum que visa reunir académicos e profissionais, sobretudo do espaço ibérico, proporcionando a partilha de conhecimentos, novas perspectivas, experiências e inovações, assim como a discussão dos mesmos, no domínio dos sistemas e tecnologias de informação. Um dos desideratos principais é a dinamização da simbiose que tem faltado entre a academia, a sociedade e a indústria.

Da Comissão Científica da CISTI faz parte um leque pluridisciplinar de peritos oriundos ou fortemente relacionados com a área dos STI do espaço ibérico, aos quais cabe a responsabilidade de avaliar, num processo de revisão « blindada », os trabalhos submetidos em cada uma das edições da conferência.

Na CISTI'2011 foram recebidos mais de três centenas de trabalhos, na forma de artigos completos, artigos curtos, posters, artigos para os Workshops especializados e artigos para o Simpósio Doutoral.

Os artigos aprovados para apresentação e discussão durante a conferência são publicados em livro e CD com ISBN. Os autores de alguns dos melhores artigos serão convidados a estendê-los para publicação na RISTI (Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação) e no livro TICAI (TICs Aplicadas a la Aprendizaje de la Ingeniería) dos capítulos português e espanhol do IEEE.

Deixamos, para finalizar, um agradecimento a todos que directa ou indirectamente colaboraram com a CISTI'2011 (autores, comissões, patrocinadores, etc.), participando na consolidação de um fórum de sistemas e tecnologias de informação que se vem revestindo de grande importância para o espaço ibérico e até ibero-americano.

Boa leitura!

Chaves, Junho de 2011

Os Editores

ÍNDICE

Artigos da Conferência

29 A study of innovation activities in software and computer services companies
Alvaro Gomez Vieites, José Luis Calvo González

37 Interfaz Avanzado de Operador de DCS; nuevo concepto de IPC para operadores de pantalla
Manuel Pérez Cota, Miguel Ramón González Castro

42 De INGENIAS a un Storyboard Interactivo 3D con Alice a nivel de prototipo
David Ramos-Valcárcel, Edgar Bolaño-Rodríguez

48 Ingeniería de Software Orientada a Agentes para el Modelado de Aventuras Gráficas
David Ramos-Valcárcel

54 A programming tool to ease modular programming with C++
Baltasar García Perez-Schofield, Francisco Ortín

60 Designing architectural images for small screen devices in function of user experience
David Fonseca, Isidro Navarro, Ernesto Redondo

66 A avaliação da usabilidade de interfaces Web : A Investigação do sítio Web da secretaria de uma escola do Ensino Superior
Ana Paula Afonso, Jorge Reis Lima , Manuel Pérez Cota

72 Tecnologías 3D aplicadas a la enseñanza de la Arquitectura.
Ernest Redondo, Lluis Gimenez, Galdric Santana, Isidro Navarro

78 El uso de los perfiles de las redes sociales en la prensa de Galicia y del Norte de Portugal
Francisco Campos Freire, Manuel Goyanes Martínez

85 Orthogonal Persistence in Java supported by Aspect-Oriented Programming and Reflection
Rui Humberto Pereira, J.Baltasar Perez-Schofield

91 Recolección de Datos sobre Contenidos Televisivos en el Sistema OntoTV
José Luis Redondo García, Adolfo Lozano Tello

98 Local e-Government Information and Service Delivery, A survey of municipal websites in Portugal
Gonçalo Paiva Dias

104 Magellan: An Adaptive Ontology Driven "Breaking Financial News" Recommender
Brett Drury, J.J. Almeida, Helena Morais

110 Modelação do Corpo Humano em Sistemas de Informação Geográfica
António Barbeito, Pedro Cabral, Marco Painho

116 Analysis of Log Ffiles as a Security Aid
Jorge Pinto Leite

122 Apreciação de ferramentas do ambiente colaborativo de aprendizagem Sakai por alunos e professores do Ensino Superior
Paulo Alves, Luísa Miranda, Carlos Morais, Evandro Alves

128 Variable Menus for the Local Adaptation of Graphical User Interfaces: An Implementation Approach
Cristina Olaverri Monreal, Christoph Draxler, Klaus-Josef Bengler

134 Sustentabilidade Corporativa com Segurança para os Investidores: Uma análise da Governança de Business Intelligence atendendo às exigências da Lei Sarbanes-Oxley
Adriano Arrivabene, Renato Sassi

140 Controladoria na Administração Municipal: Um Estudo sobre as Informações Contábeis e Financeiras no Atendimento à Legalidade das Atividades das Prefeituras do Rio Grande do Norte
Aldemar Santos, Francisco Sampaio

146 Wikis supporting research workshops in higher education. Prospective use in Cuban universities
Roberto C. Rodríguez-Hidalgo, Aida M. Torres-Alfonso, Chang Zhu, Frederik Questier

156 SIGLuz-EE – Aplicação WebSIG para gestão de uma rede de iluminação pública camarária, desenvolvida num contexto de Aprendizagem Baseada em Projectos
Luís Gonçalves, Flávio Lé, Pedro Colarejo, João Oliveira

161 Las Empresas Exportadoras de Galicia Apenas Aprovecham Las Redes Sociales
Francisco Campos Freire, Sara González Gómez

166 Sustainable enterprise KPIs and ERP post adoption: A survey study on Portuguese SMEs
Pedro Ruivo, Miguel Neto

173 Mejora de la metodología Agil Mantema para la medición, control y evaluación de proyectos de mantenimiento en PYMEs.
Zurisadai Osorio, Emanuel Irrazábal, Javier Garzás

179 Preguntas Gráficas, Respuestas Gráficas
MANUEL DE MIGUEL

184 Software para interoperabilidad de datos entre PDI multifabricante en servicios de videoconferencia en la UNED
Covadonga Rodrigo San Juan, Noé Vázquez González, Vanesa Alonso Silván, Martín Santos Domínguez, David Gago Fernández

190 Modelo de indicadores de intangibles de TI para la Administración Pública
Helena Garbarino, Bruno Delgado, José Carrillo

196 OPTIMIZAÇÃO DE RASTOS GPS
Paulo Monteiro, Carlos Carreto, João Peixoto

202 Sistemas de informação geográfica distribuídos em gestão florestal - Uma aplicação prática à realidade Portuguesa com base em software livre
André Barriguinha, Pedro Cabral, Miguel Neto

209 Percepção social na aprendizagem online: identificando requisitos para o LMS Amadeus
Ivanildo José de Melo Filho, Rosângela Saraiva Carvalho, Rosangela Maria de Melo, Josilene Almeida Brito, Alex Sandro Gomes

215 Monitorización Remota de Pacientes con Patologías Crónicas Utilizando Tecnologías Móviles
Jaime Galán-Jiménez, Alfonso Gazo-Cervero, José-Luis González-Sánchez

222 Que Learning Objects (LOs) utilizam as Instituições de Ensino Superior?
Maria José Angélico Gonçalves, Manuel Pérez Cota, Pedro Pimenta

227 Método para a introdução de Criatividade no processo de Planeamento de Sistemas de Informação
Vitor Santos, Luís Amaral, Henrique Mamede

232 Revisión Sistemática: Factores críticos de éxito en la mejora y despliegue de procesos
Luz Sussy Bayona Ore, Jose Calvo-Manzano Villalon, Cuevas Gonzalo Agustin, Tomas San Feliu Gilabert

238 Integrating Simple Recommendation Systems on Digital TV Widget Applications
Luís Filipe Teófilo, Pedro Brandão Silva

244 Modelo Borroso para Evaluar Destrezas Adaptativas en Niños con Discapacidad Cognitiva
Alejandro Peña , Claudia Melo E., Andrea Botero L. , Alejandro Peña Alejandro Peña, Alejandro Peña Alejandro Peña

250 SpotSensing - A Plataform for Social Web Sensing
Nuno Correia, Rui José, Filipe Meneses

256 E-marketing nas empresas Madeirenses
Sandro Sousa, Mário Sergio Teixeira, Ramiro Gonçalves

263 Organización de las Prácticas antes de Formalizar un Contrato de Adquisición de acuerdo al Modelo CMMI-ACQ
Jezreel Mejia Miranda, Mirna Muñoz, Jose A. Calvo-Manzano, Tomas San Feliu Gilabert, Gonzalo Cuevas Agustin

270 Exploração de paralelismo em criptografia usando GPU
Renan Correa Detomini, Renata Spolon Lobato, Roberta Spolon, Marcos Antonio Cavenaghi

276 Análisis de los resultados de la implementación de mejoras en los procesos software utilizando la metodología MIGME-RRC
Mirna Muñoz, Jezreel Mejia, Jose A. Calvo-Manzano, Gonzalo Cuevas, Tomás San Feliu

282 MiProJOC: Una herramienta Software de soporte a la Docencia y a la Evaluación de Conocimientos
Antònia Mas, Antoni Lluís Mesquida, José María Gilabert

288 The design of an Orchestrator for a middleware architecture based on FTT-CORBA
Adrian Noguero, Isidro Calvo, Luis Almeida

294 Morfologia da Comunicação Cognitiva 2.0 em sala de aula no âmbito do ensino superior
Sérgio André Teixeira Ferreira, Cornélia Garrido de Sousa Castro, António Manuel Valente de Andrade António Manuel Valente de Andrade, António Manuel Valente de Andrade António Manuel Valente de Andrade

301 Gestión del Cambio en la Implantación de un Sistema de Información en el Sector de la Miticultura
Matias Garcia Rivera, Jorge Nuñez Suarez, Juan Carlos Nuñez Suarez

307 Knowledge creation and sharing in software development teams using Agile methodologies: key insights affecting their adoption
Fátima Trindade Neves, Ana Maria Ramalho Correia, Valdemar Nunes Rosa, Miguel de Castro Neto

313 Using Augmented Reality Virtual Assistants to Teach the Traditional Leather Tanning Process
Gustavo Maçães, Waldir Pimenta, Elizabeth carvalho

320 Multimedia Smart Process (MSP)
David Ramos-Valcárcel, Carlos Hernan Fajardo-Toro, Francisco Javier de la Peña-Ojea

326 Decision Support Social Network - Rede social de apoio à decisão
Francisco Antunes, João Paulo Costa

332 Boas Práticas nos Projectos de Implementação de Sistemas de Gestão de Desempenho em Organizações do Sector Financeiro
André Santos, Miguel Neto

338 A General Interoperability Architecture for e-Government based on Agents and Web Services
Fábio Marques, Gonçalo Paiva Dias, André Zúquete

344 V2G Smart System: Sistema Inteligente de Gestão dos Carregamentos dos Veículos Eléctricos
João C. Ferreira, Vitor Monteiro, João L. Afonso

350 Identifying relevant data along selected medical care situation
Gustavo M Bacelar da Silva, Pedro M Vieira-Marques, Ricardo J Cruz-Correia

354 Control of milling machine cutting force using Artificial Neural Networks
Lobinho Gomes, Armando Sousa

360 SIDE - Sistema de Informação de Apoio ao Ensino
Luís Barbosa, Paulo Alves, João Barroso

366 Editando la Wikipedia: su papel en el aprendizaje Científico
Mareca Pilar, Alcober Vicente

371 SUCUPIRA: um Sistema de Extração de Informações da Plataforma Lattes para Identificação de Redes Sociais Acadêmicas
Alexandre Alves, Nei Soma, Horacio Yanasse

377 A proposal to provide automated information technology infrastructure with integrated service catalog
Osmar Ribeiro Torres, Deus Flavio Elias Gomes, Albuquerque Robson de Oliveira

384 MMCbEEES: Modelo de Madurez en el entorno de la docencia eLearning adaptada al EEES
Felipe Cocón, Eugenio Fernández

391 Audio folios management system for foreign language learning
José Lousado, Isabel Oliveira, Maria Roberto

396 Conillon: A lightweight distributed computing platform for desktop grids
Hélio Silva, Sancho Oliveira, Anders Christensen

402 Análise Comparativa de Mundos Virtuais
Rosa Reis, Benjamin Fonseca, Paula Escudeiro

409 Implementação do Balanced Scorecard numa Companhia de Seguros de Assistência
Orlando Piedade, Bráulio Alturas

414 Vital Signs Monitoring and Management using Mobile Devices
Ricardo Simoes, Bruno Fernandes, José Afonso

420 As TIC na gestão Agro-industrial - Sistema de Gestão Colheita de Cogumelo
Simone Canuto, Ramiro Gonçalves, Frederico Branco, Mário Neto, José Boaventura

428 Um sistema de apoio a decisões de construção de infra-estruturas rodoviárias
Pedro Godinho, Joana Dias

434 Isastur Modeler: A tool for BPMN MUSIM
Jaime Solís Martínez, Vicente García Díaz, Begoña Cristina Pelayo García-Bustelo, Juan Manuel Cueva Lovelle

440 A Robótica Educativa como Ferramenta Pedagógica na Resolução de Problemas de Matemática no Ensino Básico
Célia Rosa Ribeiro, Clara Coutinho, Manuel Filipe Costa

446 Sistema de Integração Moodle e Académicos
Ricardo Moura, Jorge Bernardino

453 Multi-Agent System for Personalization of Location-based Services
Valter Silva, Benedita Malheiro

459 O impacto da rotatividade dos trabalhadores das actividades imobiliárias em Portugal, na Gestão do Conhecimento Organizacional.
Filipe Miguel Bispo Fidalgo, Luis Manuel Borges Gouveia

465 Blog como ferramenta colaborativa na interação em aulas presenciais: investigando a aceitação dos alunos de formação técnica
Josilene Almeida Brito, Rosângela Saraiva Carvalho, Ivanildo José de Melo Filho, Alex Sandro Gomes, Rosangela Maria de Melo, Alessandra da Silva Luengo Latorre

470 Modelo para Avaliação da Qualidade de Sítios Web
Álvaro Rocha, José Avelino Victor, Patrícia Leite Brandão, Paulo Teixeira, Joaquim Gonçalves

470 Adolescents and Mobile Telephones in Rural Areas
Carlos Ferrás, Celia Pollán, Yolanda García, Mariña Pose

470 Detecção Automática de Faces Humanas em Ambientes não-controlados: identificação da direcção e do sentido do movimento
Miguel Pinho, Feliz Gouveia, Nuno Ribeiro

477 Aplicação de Aprendizado de Máquina para a Avaliação de Exames de Cardiotocografia
Rodrigo Baluz, Cícero dos Santos

483 Aplicación de la técnica presa-predador en Algoritmos Genéticos con Agrupación en Especies para la resolución de problemas multimodales
Pablo Seoane, Marcos Gestal, Julian Dorado

489 Repositórios de Recursos Educativos Digitais em Portugal no Ensino Básico e Secundário - Que caminho a percorrer?
Cornélia Garrido Sousa Castro, Sérgio André Ferreira , António Manuel Valente de Andrade António Manuel Valente de Andrade, António Manuel Valente de Andrade António Manuel Valente de Andrade

496 From 2D to augmented reality: Findings from a Delphi study on innovative media tool.
Albertina Dias, Francisco Martínez López, Mercedes García Ordaz

503 Using Relational Algebra on the Specification of Slowly Changing Dimensions - A First Step
Vasco Santos, Orlando Belo

509 Análise de Dados de Três Processos de Construção de Semicondutores: Mold, Solder Ball e Singulation
Brígida Mónica Faria

515 Balance Scorecard ou Business intelligence. O Caso do Centro Hospitalar de Setúbal
Luis Lagartinho, Pedro Anunciação

519 A PACS Gateway to the Cloud
Luís António Bastião Silva, Carlos Costa, Augusto Silva, José Luís Oliveira

525 A população senior e o governo electrónico em Portugal
Isaura Ribeiro

532 Mecanismos de Modelação 3D para Recursos Educativos na Área da Saúde
Miguel Rocha, João Paulo Pereira, António Vieira de Castro

538 Passos para a criação de um repositório temático O caso do MELOR (Medical Learning Objects Repository)
Antonio Vieira de Castro, Carlos Vaz de Carvalho, Eurico Carrapatoso

544 Realidade Aumentada Aplicada ao Processo Ensino/Aprendizagem
Paulo Magalhães, António Castro, Carlos Carvalho

549 Applying the UTAUT model in Engineering Higher Education: Teacher's Technology Adoption
Bertil P. Marques, Jaime E. Villate, Carlos Vaz Carvalho

555 Proposal and Assessment of a Classification of Defect Types in Requirements Specifications
Isabel Lopes Margarido, João Pascoal Faria, Marco Vieira, Raul Moreira Vidal

561 Online Analysis of Movement Data
Joaquim P. Silva, Maribel Yasmina Santos, João Moura Pires

567 Mapping Different Communication Traffic over DDS in Industrial Environments
Ismael Etxeberria-Agiriano, Isidro Calvo, Federico Perez, Oier García de Albeniz

573 Multi-Touch as a Natural User Interface for Elders: A Survey
Bruno Loureiro, Rui Rodrigues

579 Developing a Controller Pilot Data Link Communication Simulator
Rui Ferreira, Manuel Dias, José Vermelhudo, António Ferreira

584 Localização e Cálculo Automático de Trajectória em Objectos Móveis Utilizando RFID
José Xavier, Marcelo Petry, Pedro Henriques Abreu, Luis Paulo Reis

590 Push technology for the World Bike Tour
Luís Jorge Gonçalves, Gonçalo Paiva Dias

594 Spontaneous Children's Emotion Recognition by Categorical Classification of Acoustic Features
Santiago Planet, Ignasi Iriondo

600 Plataforma Web de Informação Geográfica para o Turismo
Lino Oliveira, André Rodrigues, Hélder Nunes, Leonel Dias, António Coelho

606 Sistema de Pago Móvil Basado en Códigos de Barras 2D. Ventajas funcionales de uso.
Beatriz Sainz de Abajo, Francisco Javier Burón Fernández, Enrique García Salcines, Miguel López Coronado, Carlos de Castro Lozano

612 Utilización de herramientas informáticas en el diseño de Recorridos de Estudio e Investigación (REI)
Cecilio Fonseca Bon, Manuel Avelino Insua Hermo, José Manuel Casas Mirás

618 O uso de ferramentas e serviços para partilha de ficheiros e colaboração numa instituição de ensino superior
António Tavares, Luis Amaral

624 OML: A Scripting Approach for Manipulating Ontologies
Nuno Carvalho, Alberto Simões, José Almeida

630 As Atitudes face ao Uso do Computador e da Internet - Uma experiência com alunos de Ciências do Ensino Secundário
Maria Elvira Monteiro, Guilhermina Miranda

636 Promoção do Sucesso na Introdução de Sistemas de Informação em Saúde
Paulo Teixeira, Patrícia Leite Brandão, Álvaro Rocha

642 @Sensor - Mobile Application to Monitor a WSN
Nuno Moreira, Marco Venda, Luis Marcelino, Catarina Silva, António Pereira

648 Augmented reality system for inventorying
João Real, Luis Marcelino

657 Análise Estratégica da Expansão de Redes Urbanas de Abastecimento e Saneamento de Água - Protótipo de um Sistema de Apoio à Decisão Espacial
Alexandra Ribeiro, Teresa Fragoso

664 AR-based Virtual Musical Instruments using SMC Tracking
David Olivieri, Iván Gómez Conde, Xose Anton Vila Sobrino

671 Biometrias Multimodais Cognitivas
Lurdes Faria, Vítor J. Sá, Sérgio Tenreiro de Magalhães

677 Academic Adjustment: a pilot to assess the potential of a virtual mentoring scheme
Joanne Smailes, Elsa Fontainha

683 SCEN - Correlação de eventos no NMSIS
Hélder Mendes, Carlos Silva, Jorge Mamede

Artigos dos Workshops

First Iberian Workshop on Serious Games and Meaningful Play

693 SGAMEPLAY1, Combining Educational MMO Games With Real Sporting Events - The Game - Barcelona World Race
Alun Evans, Javi Agenjo, Juan Abadia, Miriam Balaguer, Marco Romeo, Daniel Pacheco, Ernesto Arroyo, Josep Blat

699 SGAMEPLAY6, Serious Game em Contexto Empresarial para acolhimento a novos colaboradores
Marília Moita, Ricardo Magalhães, Arnaldo Santos, Lúcia Moreira

705 SGAMEPLAY7, El videojuego como un recurso cognitivo - Caso de estudio: El juego Joan de Peratallada
Jose Luis Eguia Gomez, Ruth S. Contreras Espinosa, Lluis Solano Albajes

711 SGAMEPLAY9, Math4Kids
Pedro Faria Lopes, David Jardim, Isabel Machado Alexandre

Second Ibero-American Workshop on Data Quality

719 IAwDQ_3, Sentando las bases para definir un modelo de Calidad de Datos para los artefactos usados en el Proceso de Planificación de un Proyecto de Desarrollo de Software
Oscar Bernabé, Ismael Caballero, César Guerra-García, Mario Piattini

725 IAwDQ_4, Toward One Class Classifier Techniques Applied To Verifier Information
Iñaki Fernández de Viana, Pedro J. Abad, José L. Álvarez, José L. Arjona

731 IAwDQ_5, Análise da Codificação Hospitalar em Portugal: Perfil dos Episódios de Cancro da Mama Feminino - Detecção de padrões, inconsistências, erros e casos desviantes
Juliano Gaspar, Fernando Lopes, Alberto Freitas

737 IAwDQ_7, Envolvimento do utilizador em aplicações de limpeza de dados
Helena Galhardas, Antónia Lopes, Emanuel Santos

741 IAwDQ_8, ObsCount – uma nova forma de contabilizar episódios obstétricos
Bernardo Marques, Tiago Silva-Costa, Fernando Lopes, Alberto Freitas

Third Workshop on Intelligent Systems and Applications

749 WISA2011_3, Semi-Automatic Creation of a Reference News Corpus for Fine-Grained Multi-Label Scenarios
Jorge Teixeira, Luís Sarmento, Eugénio Oliveira

755 WISA2011_6, HoldemML: A Framework to generate No Limit Hold'em Poker Agents from Human Player Strategies
Luís Filipe Teófilo, Luís Paulo Reis

761 WISA2011_7, Foundations for Creating a Handball Sport Simulator
Catarina B. Santiago, Luís Paulo Reis, Rosaldo Rossetti, Armando Sousa

767 WISA2011_8, Evaluation of taxi services on airport terminal's curbside for picking up passengers
Lúcio Sanchez Passos, Rosaldo J. F. Rossetti, Luís Paulo Reis

773 WISA2011_10, Two Humanoid Simulators: Comparison and Synthesis
Nima Shafii, Luis Paulo Reis, Rosaldo J. F. Rossetti

First Workshop in Information Systems for Interactive Spaces

781 WISIS-01, Autonomous Robot Dancing Synchronized to Musical Rhythmic Stimuli
Catarina B. Santiago, João Lobato Oliveira, Luís Paulo Reis, Armando Sousa

787 WISIS-02, DETI-Interact: Interacção com ecrãs num espaço público através de um dispositivo móvel
Filipe Duarte, Paulo Dias, Beatriz Sousa Santos

793 WISIS-04, Trabalho Cooperativo Suportado por Computador: Um Campo por Cogitar
António Correia, Benjamim Fonseca, Hugo Paredes

798 WISIS-05, Utilização de paradigmas sociais em computação móvel e computação sensível ao contexto
Vitor Santos

Second Workshop on Automating Test Case Design, Selection and Evaluation

807 ATSE3_4pagesFull, Test Sequence Generation from Classification Trees
Peter M. Kruse, Joachim Wegener

811 ATSE4, Aplicación del paradigma MDE para la generación de pruebas funcionales - Experiencia dentro del proyecto AQUA-WS
C.R. Cutilla, J.A. García-García, M.Alba, M.J. Escalona, J. Ponce, L. Rodríguez

816 ATSE5, Using Haskell to Script Combinatoric Testing of Web Services
I.S.W.B. Prasetya, J. Amorim, T.E.J. Vos, A. Baars

First Workshop on Knowledge Management Systems and Social Computing

825 WKMSSC1, Supporting KMS through Cloud Computing: a scoping review
Fernando Cruz Marta, Ana Maria Ramalho Correia, Fátima Trindade Neves

831 WKMSSC2, Redes Sociais da Internet no Agronegócio Brasileiro: Conhecimento, Webometria e Interacção
André Luiz Zambalde, Paulo Henrique de Souza Bermejo, Miguel de Castro Neto, Adriano Olimpio Tonelli

837 WKMSSC4_5PagesFull, Evaluating external researchers impact on a research community social capital with social network analysis
Ana Sofia Ferreira, Carlos Fernandes, Miguel de Castro Neto

Artigos da Conferência

A study of innovation activities in software and computer services companies

Álvaro Gómez Vieites
Caixanova Business School
Vigo, Spain
e-mail: agomezvieites@gmail.com

José Luis Calvo González
UNED
Madrid, Spain
e-mail: jcalvo@cee.uned.es

Abstract— **This paper analyzes the results of a study of innovation activities in software and computing services companies. We propose a new model which takes into account the role played by several factors and firms' resources in the development of innovative activities, exploring the relationships between a set of organizational, technological, financial and information-based resources, as well as other aspects such as cooperation with other agents and companies.**

We employ a Structural Equation Model and the PLS technique in order to validate the theoretical model proposed in this research. The data come from the Spanish National Statistics Institute's Survey on Firms' Technological Innovation, and the sample is composed by 823 observations referred to firms in the sector of software and computer services.

The main results show that human resources (R&D and higher education personnel) is the most important factor that positively affects R+D activities, followed by financial resources (R&D expenses) and contingent factors (firm's size and type of market). At the same time R&D activities, information management and technological resources have a positive effect on product and process innovation. Finally, R+D activities, innovation results and information management have a positive influence on business results.

Keywords— innovation activities; innovation in services; software and computer services; R&D investment; R&D personnel; PLS; Structural Equation Model (SEM))

I. THEORETICAL BACKGROUND

Most studies on innovation activities have focused on industrial companies, with special attention to sectors intensive in R&D –especially pharmaceutical, chemistry, electronics, aerospace and automotive industries-. In this context, innovation in services had been limited to the use and dissemination of new technologies in these activities.

However, given the growing importance of services sector in the economy of most developed countries, in recent years some authors have tried to study the particular characteristics of innovation in services (Sundbo & Gallouj, 2000, Miles & Coombs, 2000; Tether, 2002; Vence & González, 2002).

The main results of these studies have revealed some interesting findings on innovation in business services activities (Vence & González, 2002): first, systematic and formalized innovation is quite exceptional in this kind of companies; second, innovation is in most cases an interactive process that takes place through contacts and exchanges of information with clients and with suppliers; third, the most common type of innovation is small incremental innovation; and finally, due to all these characteristics it is very difficult to quantify innovation in services sector.

On the other hand, we must bear in mind that R&D activities have a major role in some service sectors such as telecommunications, information technology or business services, and companies of these sectors are also characterized by having an important proportion of highly qualified employees. Moreover, in many service activities such as consultancy or engineering we have to take into account the important role played by knowledge codification and systematization of its procedures, in order to improve customers' service.

Vence & González (2002) distinguish several patterns of innovation in service companies: a first pattern of innovation that occurs by way of incorporating new technologies, above all information and telecommunications technologies, which play a major role in financial services, telecommunications, and computer activities; a second type of innovation produced by interaction between suppliers and customers, at the time the service is produced, due to the simultaneous space-time between production and consumption that characterize a good part of the services.

This paper focus on the study of innovation activities in software and computing services companies, analyzing the role of several factors and firms' resources in the development of innovative activities, exploring the relationships between a set of organizational, technological, financial and information-based resources, as well as other aspects such as cooperation with other agents and companies. We aim to achieve a greater understanding of the relationships between these factors and what may be the most critical factors and resources to develop continuous and successful innovation activities within companies of these service sectors.

II. EMPIRICAL EVIDENCE

The justification for the different variables included in our model and their relationships are explained in the following paragraphs, taking into account the empirical evidence from other authors and previous studies.

A. Contingent factors: Type of market and company's size

The relationship between firm's size and innovation has been studied by many researchers (Mansfield 1981, Pavitt 1984, Audretsch and Acs, 1987; Moch and Morse, 1997; Buesa and Molero, 1998; Calvo, 2000; among others), without having achieved a consensus.

Thus, on one side a large group of authors note that firm's size positively affects its innovative behaviour (Moch and Morse, 1977; Dewar and Dutton, 1986). In contrast, other authors such as Mohr (1969) or Audretsch and Acs (1987) support the existence of a negative relationship between size and innovation. It is argued that small firms detect discontinuous opportunities and transform them into new products and processes (Utterback, 1994), and on the contrary, large firms have more economical and organizational resources facilitating innovations (Afuah, 2001). In this work we suggest that there is a positive relationship between size and R&D activities.

Another contingent factor that has an important effect on firm innovativeness is the type of market. In fact, market competition incentives productivity (Metcalfe, 2006) and fosters product innovations. Scherer (1980) stated that insulation from competitive pressure originates bureaucratic inefficiency that inhibits innovation.

The growth of demand is another environmental factor affecting the firm innovativeness. In fact, some authors such as Kotable (1990) found that growth of demand encourages both product and process innovations.

B. Human resources

Many authors, such as Hurley and Hult (1998), stated that human and organizational resources directly affect firms' ability to innovate. Dewar and Dutton (1986) studied the role of other organizational issues, such as centralization, specialization, formalization, while others authors focused on the development of human resources and its impact on firm's innovativeness (Smith, 2004).

In our proposed model we also try to specifically analyze the role of human resources. For doing so we consider two variables: number of personnel engaged in R&D activities, and percentage of employees with higher education.

C. Financial resources

One of the most common indicators used to evaluate the commitment of an organization with the R&D is the level of expenditure dedicated to this activity (Griliches, 1979 and 1995; Calvo, 2006; and many others).

Given this background, the proposed model also includes the role of financial resources to support R&D in the company.

D. Cooperation with other agents

Since innovation is essentially conceived as an interactive learning process, many authors like Narula and Dunning (1997) argue that collaborative activities between different agents of a National Innovation System have a great importance to achieve economies of scale, avoiding duplication of efforts and promoting the dissemination of the results of innovation.

Other studies have shown that cooperation in R&D usually bring significant benefits to companies (Hagedoorn 1993, 1995; Hagedoorn and Narula, 1996; Narula and Dunning, 1997).

More recently, the open innovation approach stresses that firms have changed from the close-innovation process to a more open innovation process, in which the knowledge and technology flows are twofold: inside-out and outside-in (Chesbrough, 2003). According to Enkel et al. (2009), the open innovation is the combination of internal and external ideas and technologies in order to achieve new products, processes and technologies and reduce time to market.

Therefore, taking into account the theoretical framework and the previous references, in our work we also consider the importance of cooperation between the company and other actors in explaining its ability to develop R&D.

E. Technological and organizational resources

Following the initial approach of Hurley and Hult (1998) and other authors such as Arnold and Thuriaux (1998), and taking into account the methodology proposed by the Oslo Manual (2005), we also include in our model three variables related to technological and organizational resources available at the company, as key factors in explaining its innovative capacity: the acquisition of new technological equipment to support innovation, and the production and marketing preparations for innovation.

F. Information and knowledge management

In a global, complex and very dynamic economy, companies must pay much more attention to a growing number of information sources in other to be prepared for changing conditions in markets, launch of new products and technologies and an increasing competence all over the world.

Freeman (1998) suggests that innovation should be seen as an interactive process in which a company acquires knowledge through its own experience in the design, development, production and marketing of new products, constantly learning from its relationships with various external sources: customers, suppliers and other organizations such as universities, technological institutes, consultants, etc.

Other authors such as Pavitt (1984) include in their analysis the role played by information management to carry out innovations, distinguishing between internal and external sources (customers, suppliers, scientific and technological studies, market surveys, etc.).

Considering all these previous references and theoretical background, we introduce in our model the role of information

Identify applicable sponsor/s here. If no sponsors, delete this text box. (sponsors)

management as an element that could be of particular importance in the innovative behaviour of the company. This is done using four variables related to the use of different sources of information: internal sources, sources related to the market, institutional sources (Universities, etc.), and other sources of information.

G. R&D activities

Given the framework of the Frascati Manual (OECD, 2002) and the Oslo Manual (OECD, 2005), R&D activities are included within the list of activities that are necessary for technological innovation.

Moreover, the interactive model proposed by Kline and Rosenberg (1986) considers R&D activities as a tool that can be used to solve problems occurring during the processes of innovation, being able to enter the process at any phase.

Therefore, our model includes the role played by R&D activities as a key factor that can contribute positively to the success in obtaining innovation, but R&D is not a requirement or prerequisite for success in innovation process, as it was suggested in the linear model of innovation. In our work we also analyze the direct impact R&D activities can have in business results, as these activities could contribute to the achievement of radical innovations that provide greater competitive advantage (Mansfield et al., 1981; Mansfield, 1986; Narver and Slater, 1990; Powell, 1995; Buesa and Molero, 1998; Acs et al., 2002).

The construct included in our model to take into account the role of R&D is defined by two variables: internal R&D and external R&D. Some empirical evidence found that internal R&D produces better results than external R&D. For example, Beneito (2006) found that internal R&D had positive effects on incremental innovations (utility models), while external R&D had positive effects on both incremental and radical innovations (patents). Chen and Yuan (2007) observed positive effects of external and internal R&D on new product development, although, the effects were higher for the internal R&D.

H. Innovations results

Our model includes a construct devoted to innovations results, distinguishing between product and process innovations. This element depends not only on the R&D activities carried out by the company, but also on other factors related to the technological and organizational resources of the company or the information management.

Furthermore, in accordance with the contributions of major authors who have analyzed the processes of innovation, it is considered that these innovations have a positive impact on business performance (Schumpeter, 1934; Nelson and Winter, 1977; Freeman, 1975 and 1982; Pavitt 1984; Dosi et al., 1988; Arthur, 1994; Buesa and Molero, 1998; Oslo Manual, 2005; etc.).

I. Business Performance

Some studies have measured the effect of R&D and innovation on business performance measured as a Likert scale of global firm performance (Lanctot and Swan, 2000), some others as firm's ROA (Diaz-Diaz, et al., 2008), others as the sales obtained by new products (Veugelers and Cassiman, 2006), or as the patents obtained by the company (Griliches, 1979, 1990; Mansfield et al., 1981; Mansfield, 1986).

In the model proposed in our article business performance is determined using five indicators: share of sales obtained by new products, patents granted to the company, positive effects on products, positive effects on processes and other positive effects on the company.

III. DESCRIPTION OF THE PROPOSED MODEL

The model we propose in this study defines four constructs –latent variables build up from observed variables– affecting R&D activities: contingent factors, obtained from the observed variables type of market (MDO2) and firm's size (TAMANO2); human resources, achieved using two variables: R&D personnel (PIDT2) and higher education personnel (REMUSUP2); financial resources, approached by R&D expenses (GTID2); and cooperation, with one variable to study cooperation with other companies (COOPERA).

"R&D activities" construct is attained using two variables: internal R&D (IDINTERN) and external R&D activities (IDEX). They affect innovation results as good as firm's performance.

"Innovation results" is another latent variable obtained from two experiential variables: product innovation (INNPROD) and process innovation (INNPROC2). It depends on four constructs: contingent factors, R&D activities, information management and technological and organizational resources. This last latent variable, technological and organizational resources, is built up using three observed variables: acquisition of technology and new equipment (GMAQUI3), production preparations for innovation (GPREP3) and marketing preparations for innovation (GMARKET3).

"Information management" is a new latent variable achieved from four variables that represent four different sources of information: internal sources (FUENTES_1), sources related to the market (FUENTES_M), institutional sources (FUENTES_I) and other sources of information (FUENTES_O).

Finally, firms' performance is the last construct, defined as a latent variable obtained from five observed variables: income obtained from new products (NEWEMP2), patents granted to the company (PAT2), effects on products (EFECTO_PROD), effects on processes (EFECTO_PROC) and other positive effects (EFECTO_OTRO). We assume that firm's performance can be explained by R&D activities, innovation results and information management constructs.

The most distinguishing feature of the model is versatility, breaking the linear structure estimation of the relationship between R&D, innovation and business performance. In our model there is a more flexible design, as is represented in the following figure:

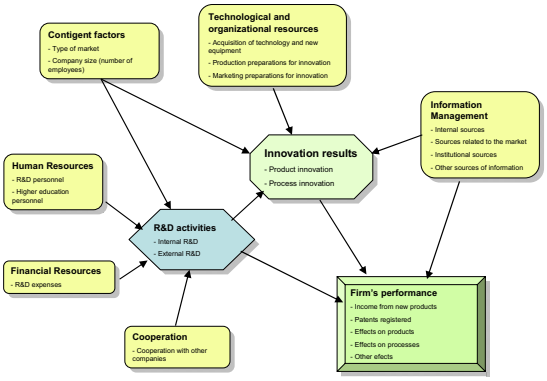


Figure 1. Model proposed by the authors

The main hypotheses that support the proposed model are the following:

TABLE I. MAIN HYPOTHESES OF THE MODEL

Hypotheses
• H1: Contingent factors (type of market and size) affect positively to R&D activities
• H2: Human resources influence positively R&D activities
• H3: Financial resources directed to R&D activities have a positive effect on R&D activities
• H4: Cooperation with other agents generates a positive effect on R&D activities
• H5: Contingent factors (type of market and size) affect positively to innovation results
• H6: Technological and organizational resources positively affect to innovation results
• H7: External or internal R&D activities have a positive effect on innovation results
• H8: Information management have a positive effect on innovation results
• H9: External or internal R&D activities have a positive effect on firm's performance
• H10: Information management have a positive effect on firm's performance
• H11: Innovation results have a positive effect on firm's performance

IV. DATA AND METHODOLOGICAL ASPECTS

The sample used in our study to test and validate our model was taken from the Technological Innovation Panel (PITEC), a statistical instrument for studying the innovation activities of Spanish firms over time. The data base is being carried out by the INE (The National Statistics Institute), and it is obtained from the Spanish National Survey on Firm's Technological Innovation. Begun in 2004, the final aim of this project is to improve the statistical information available on firms' innovation activities, and the conditions for scientific research on said topic .

In our study we used data from the year 2007 survey, with a total number of 823 valid samples from companies in the software and computer services sectors.

The following table presents the distribution of the sample by firm's size:

TABLE II. DISTRIBUTION OF THE SAMPLE BY SIZE

Size (nº employees)	Number	%
1- Less than 500 employees	789	95.87%
2- Between 500 and 1.000	10	1.22%
3- Between 1.000 and 5.000	19	2.31%
4- More than 5.000	5	0.61%

The proposed model establishes multiple relationships between endogenous and exogenous variables taking into account, at the same time, that there are several interactions between dependent and independent variables. Therefore, the analysis technique is Structural Equations Model (Hair et al., 1998).

In a Structural Equations Model (SEM) we combine a predictive approach, typical of classic econometric techniques, with a psychometric methodology, applying factorial analysis to obtain latent variables (non observed variables named constructs) from observed ones. Therefore, in a SEM we consider two types of models:

1. A model of measure applying factorial analysis. With this model we can observe the consistency and strength of theoretical constructs. Those constructs can be composed by reflective or formative indicators (Fornel, 1982). In our model all of them, with the exception of R&D activities, are generated from formative variables.
2. A structural model to analyze the causality interactions between independent constructs (exogenous) and dependent ones (endogenous).

Moreover, since the theoretical model proposed is exploratory and we essentially use Boolean and categorical variables without any previous assumption about data distribution, we apply Partial Least Squares (PLS) technique.

PLS is considered as a second generation multivariate analysis method especially recommended for research in business administration area, since it is usual in this field to find one or more of the next conditions: theory is not well built; the measures are not fully developed; data do not have normal distributions (sometimes the distribution is even unknown) or several variables are ordinal, categorical or dummies (this is our case).

In PLS reflective indicators are determined by the construct and they covariate. That is why we should employ factorial loads to evaluate those constructs. On the contrary, constructs based on formative indicators are a function of those items, and they do not need to be correlated. Latent variables with formative indicators have to be analyzed using their weights.

Therefore, if we want to evaluate a PLS model we should follow two stages:

1. Study of validity and reliability of the model of measure: in this first stage it is necessary to analyze if theoretical concepts (approached by constructs) are correctly measured by observed variables.
2. Evaluation of structural model. In this second stage we study the relationships between constructs. So, we should focus on the following questions:
    a. Estimate the share of endogenous variables' variance explained by exogenous constructs.
    b. Evaluate the influence of independent variables in dependent variables' variance.

V. EMPIRICAL OUTCOME OF THE STUDY

As we have said, we employ PLS technique to estimate the proposed Structural Equations Model.

First, we present regression weights and factorial loads for different constructs, since in order to evaluate the model we need to employ loads for reflective indicators and weights for formative variables:

TABLE III. CONSTRUCT'S WEIGHTS AND FACTORIAL LOADS

Construct	Type of construct	Variable	Type of variable	Weight	Load
Cont. Fact.	Independent			inward	
		MDO2	Formative	0.5772	0.6922
		TAMANO2	Formative	0.7308	0.8216
Human Res.	Independent			inward	
		PIDT2	Formative	0.9953	0.9797
		REMUSUP2	Formative	0.2011	0.1241
Tech. Res.	Independent			inward	
		GPREP3	Formative	0.2189	0.3094
		GMARKET3	Formative	0.9467	0.9437
		GMAQUI3	Formative	-0.2766	-0.1405
Inf. Mgmt.	Independent			inward	
		FUENTES_M	Formative	0.0577	0.1829
		FUENTES_O	Formative	0.1482	0.2553
		FUENTES_1	Formative	0.9473	0.9709
		FUENTES_I	Formative	0.1373	0.2328
Fin. Res.	Independent			outward	
		GTID2	Reflective	1.0000	1.0000
Cooperation	Independent			outward	
		COOPERA	Reflective	1.0000	1.0000
R&D	Dependent			inward	
		IDEX	Formative	0.2177	0.5314
		IDINTERN	Formative	0.9033	0.9789
Innovation	Dependent			inward	
		INNPROD	Formative	0.9362	0.9686
		INNPROC2	Formative	0.2508	0.3716
Firm's perf.	Dependent			inward	
		NEWEMP2	Formative	0.5212	0.5283
		PAT2	Formative	0.4831	0.6073
		EFECTO_PROD	Formative	0.5716	0.7056
		EFECTO_PROC	Formative	0.0587	0.2042
		EFECTO_OTRO	Formative	0.0703	0.2277

Regression coefficients (path values) between exogenous constructs (independents) and endogenous ones (dependent) are included in the following table:

TABLE IV. PATH VALUES

PATH(β)	Cont. Fact.	Human Res.	Tech. Res.	Inf. Mgmt.	Fin. Res.	Cooperation	R&D	Innovation	F. P.
Cont. Fact.									
Human Res.									
Tech. Res.									
Inf. Mgmt.									
Fin. Res									
Cooperation									
R&D	0.150	0.200			0.149	0.114			
Innovation	0.092		0.119	0.221			0.301		
Firm's performance				0.097			0.140	0.328	

A. Validation of the model of measure

In order to evaluate the consistency of the model of measure we propose the following tests:

Reflective indicators

1. *Liability of each item evaluating its factorial load.* Carmines and Zeller (1979) establish the criterion that loads should be bigger than 0.707. In our case financial resources and cooperation variables satisfy this criterion, since in both cases the load is equal to 1.
2. *Composite reliability*. It is use to test internal consistency. The criterion implies that the expression:

$$\rho_c = \frac{\left(\sum \lambda_i\right)^2}{\left(\sum \lambda_i\right)^2 + \sum_i \mathrm{var}(\varepsilon_i)}$$

should be bigger than 0.7, where λ_i is the standardized load of i indicator and ε_i is measurement error. In our case the value obtained for every reflective indicator is equal to 1.

3. *Convergent validity*. In this case we use average variance extracted (AVE) proposed by Fornell and Larcker (1981), and according to this authors the value of the expression:

$$AVE = \frac{\sum \lambda_i^2}{\sum \lambda_i^2 + \sum_i \mathrm{var}(\varepsilon_i)}$$

should be bigger than 0.5, since more of 50% of construct variance should be explained by its variables. In our study both reflective indicators fulfill this criterion.

Formative indicators

1. *Multicolineality*. First we should avoid a multicolineality problem. Therefore we calculate an Inflation Variance Factor (FIV) demanding a value smaller than 5 for all indicators. The results obtained in our study satisfied this criterion.
2. *Discriminate validity*. To test differences between constructs we employ two criteria: First we test that AVE should be bigger than any other correlation between variables (Fornell & Larcker, 1981). For doing so, we substitute the diagonal of correlation matrix for the root square of AVE, and the diagonal should be bigger than any other cell in the same row or column. All the variables satisfy this first criterion, as we can see in the following table:

TABLE V. DISCRIMINATE ANALYSIS AND CORRELATION MATRIX

Correlation	Cont. Fact.	Human Res.	Tech. Res.	Inf. Mgmt.	Fin. Res.	Cooperation	R&D	Innovation	F. P.
Cont. Fact.	1.000								
Human Res.	-0.117	1.000							
Tech. Res.	-0.005	-0.031	1.000						
Inf. Mgmt.	0.070	0.082	0.090	1.000					
Fin. Res.	0.029	-0.012	0.073	0.085	1.000				
Cooperation	0.044	0.026	0.014	0.092	0.016	1.000			
R&D	0.136	0.183	0.095	0.458	0.153	0.128	1.000		
Innovation	0.148	0.042	0.167	0.376	0.108	0.123	0.426	1.000	
Firm's performance	0.156	0.024	0.002	0.284	0.020	0.064	0.324	0.424	1.000

In the second criterion to test discriminate analysis we analyze if a construct shares more variance with its own indicators rather than with other variables, using the cross-loading table, where the diagonal also should be bigger than any other cell in the same row or column:

TABLE VI. CROSS-LOADING TABLE

	Cont. Fact.	Human Res.	Tech. Res.	Inf. Mgmt.	Fin. Res.	Cooperation	R&D	Innovation	F. P.
MDO2	0.6922	-0.0433	0.0090	0.0499	-0.0047	0.0605	0.1011	0.0959	0.1242
TAMANO2	0.8216	-0.1260	0.0141	0.0564	0.0440	0.0650	0.1065	0.1263	0.1152
PIDT2	-0.1351	0.9707	-0.0307	0.0936	-0.0176	0.0943	0.1795	0.0416	0.0346
REMUSUP2	0.0863	0.1240	-0.0046	-0.0535	0.0281	0.0085	0.0227	0.0020	-0.0507
GPREP3	0.0588	0.0009	0.3093	0.0597	0.0047	0.0309	0.0372	0.0516	-0.0075
GMARKET3	-0.0040	-0.0403	0.9437	0.0895	0.0943	0.0788	0.0754	0.1573	0.0027
GMAQUI3	0.0513	-0.0233	-0.1406	0.0298	0.0608	0.0603	-0.0542	-0.0234	-0.0026
FUENTES_M	0.0111	0.0636	-0.0122	0.1829	0.0407	0.0363	0.0582	0.0864	0.0949
FUENTES_O	-0.0075	0.0292	-0.0226	0.2553	-0.0104	0.0446	0.0981	0.0664	0.1118
FUENTES_I	0.0814	0.0654	0.1022	0.9709	0.0871	0.3989	0.4488	0.3760	0.2622
FUENTES_I	-0.0479	0.0921	-0.0231	0.2328	0.0125	0.0622	0.1106	0.0605	0.1021
GTID2	0.0295	-0.0118	0.0735	0.0851	1.0000	0.0737	0.1530	0.1078	0.0197
COOPERA	0.0824	0.0956	0.0647	0.3951	0.0737	1.0000	0.5149	0.4992	0.2766
IDEX	0.0556	0.0696	-0.0040	0.2728	0.2593	0.2113	0.5313	0.2038	0.1537
IDINTERN	0.1374	0.1863	0.1056	0.4416	0.1004	0.5191	0.9700	0.4228	0.3216
INNPROD	0.1278	0.0468	0.1602	0.3725	0.0957	0.5107	0.4197	0.9686	0.4056
INNPROC2	0.1118	-0.0077	0.0669	0.1106	0.0726	0.0840	0.1331	0.3717	0.1772
NEWEMP2	0.0459	0.0183	-0.0124	0.0755	0.0269	0.1455	0.1202	0.2678	0.5283
PAT2	0.1267	0.0664	-0.0372	0.1733	-0.0042	0.1987	0.2423	0.2380	0.6074
EFECTO_PROD	0.1295	-0.0299	0.0503	0.2563	-0.0104	0.1717	0.2361	0.2796	0.7055
EFECTO_PROC	-0.0292	0.0286	-0.0294	0.1166	0.1127	0.0548	0.0548	0.0742	0.2042
EFECTO_OTR	-0.0225	-0.0262	-0.0138	0.1140	0.0857	0.0482	0.0873	0.0762	0.2277

According to this second criterion we can observe that several variables, REMUSUP2 (percentage of higher education employees), GMAQUI3 (acquisition of technology and new equipment), FUENTES_M (market sources of information related to the market), FUENTES_O (other sources of information), FUENTES_I (institutional sources of information), INNPROC2 (process innovation), EFECTO_PROC (effects on processes) and EFECTO_OTR (other positive effects) present problems with the discriminate analysis.

B. Validation of the structural model

To analyze and validate the structural model we have to test the two following criteria:

1. The share of the variance of each dependent construct explained by independent variables (R^2) should have a value bigger than 0.1, criterion that is satisfied by all the dependent constructs (R&D construct has a value of 0.095, that we could consider valid for this criterion), as it is shown in the following table:

TABLE VII. VARIANCE OF EACH DEPENDENT CONSTRUCT EXPLAINED BY INDEPENDENT VARIABLES

Constructs	R^2
R&D	0.095
Innovation	0.245
Firm's performance	0.212

2. Independent variables' contribution to explained variance of dependent variables should be significant, and for the study of this feature Falk & Miller (1992) proposed the following criterion: they suggested an empirical rule where predictor variable should explain at least 1.5% of the variance. According to this criterion we can observe that all the independent variables satisfy this feature:

TABLE VIII. INDEPENDENT VARIABLES CONTRIBUTION TO DEPENDENT VARIABLES EXPLAINED VARIANCE

Construct "R&D"			
Constructs	Path	Correlation	% explained variance
Cont. Fact.	0.150	0.136	0.020
Human Res.	0.200	0.183	0.037
Fin. Res.	0.149	0.153	0.023
Cooperation	0.114	0.128	0.015
		R^2	**0.094**

Construct "Innovation"			
Constructs	Path	Correlation	% explained variance
Cont. Fact.	0.092	0.148	0.014
Tech. Res.	0.119	0.167	0.020
Inf. Mgmt.	0.221	0.376	0.083
R&D	0.301	0.426	0.128
		R^2	**0.245**

Construct "Firm's performance"			
Constructs	Path	Correlation	% explained variance
R&D	0.140	0.324	0.045
Inf. Mgmt.	0.097	0.284	0.028
Innovation	0.328	0.424	0.139
		R^2	**0.212**

Taking into account these results, we can observe that the most influent variable in R&D activities construct is human resources (explaining 3.7% of variance), followed by financial resources (2.3%) and contingent factors (2.0%); in innovation results construct the most relevant factor is R&D activities (explaining 12.8% of variance), information management (8.3%) and technological resources (2.0%); and for firm's performance construct the most important variable is innovation results (with a 13.9% of variance), followed by R&D activities (4.5%) and information management (2.8%).

Consequently, we can now examine the hypotheses we formulated and check them. Using the non-parametric technique Bootstrap we can estimate the accuracy of predictions (Chin, 1998), obtaining the following results:

TABLE IX. HYPOTHESES AND ACCURACY OF PREDICTIONS

Hypotheses	Results
• H1: Contingent factors (type of market and size) affect positively to R&D activities	Accepted, p<0.001
• H2: Human resources influence positively R&D activities	Accepted, p<0.001
• H3: Financial resources directed to R&D activities have a positive effect on R&D activities	Accepted, p<0.001
• H4: Cooperation with other agents generates a positive effect on R&D activities	Accepted, p<0.01
• H5: Contingent factors (type of market and size) affect positively to innovation results	Accepted, p<0.01
• H6: Technological and organizational resources positively affect to innovation results	Accepted, p<0.001
• H7: External or internal R&D activities have a positive effect on innovation results	Accepted, p<0.001
• H8: Information management have a positive effect on innovation results	Accepted, p<0.001
• H9: External or internal R&D activities have a positive effect on firm's performance	Accepted, p<0.001
• H10: Information management have a positive effect on firm's performance	Accepted, p<0.05
• H11: Innovation results have a positive effect on firm's performance	Accepted, p<0.001

Therefore, the main results of our study are included in the next graph:

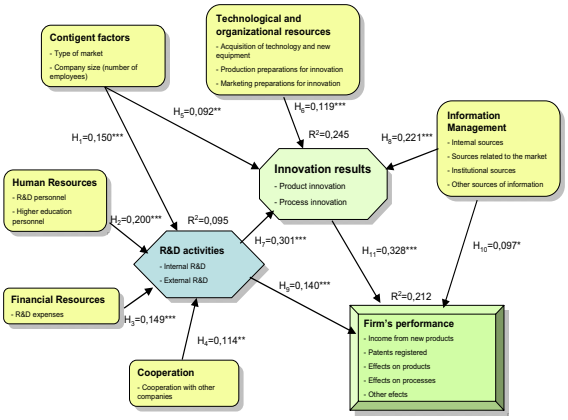


Figure 2. Main results of the study

VI. CONCLUSIONS

In this article we have proposed a model to analyze innovative behaviour and the role of several factors that can have an influence on firms' innovativeness in software and computer services companies. Its main characteristics is versatility, since it is possible to model flexible relationships between different elements affecting R&D, innovation results and its effects on business performance, applying Structural Equations Models and PLS techniques.

By means of a Structural Equations Model it is possible to combine predictive techniques of classical econometric multiple regression (examining dependence relationships between variables) with the psychometric approach, based on the measurement of latent variables (not directly observed) through multiple variables observed (indicators), using a factor analysis technique in this second case. At the same time, PLS is considered as a second generation multivariate analysis technique, which is particularly appropriate for research projects in the field of business administration.

When it is applied to software and computing services companies, our model explains how several factors (human resources, financial resources, contingent factors and cooperation with other firms) affect the development of R&D activities; how those R&D activities, information management and technological resources influence innovation results (both product and process innovation); and the way R&D activities together with innovation results and information management can help to improve business performance.

The results confirm the validity of our theoretical proposal, both the model of measure and structural model. We have reached satisfactory outcomes, fulfilling PLS requirements, using a sample of 823 companies in the sector of software and computer services.

In the same way, when we evaluate R&D activities in these companies we have been able to reveal that the most important factor is human resources, both R&D personnel and higher education personnel, followed by financial resources (R&D expenses). This result confirms the growing importance of highly qualified employees in companies of this sector.

In reference to firms' innovation (product and process), we have proved that R&D activities, information management (and above all, internal information) and technological resources are the most relevant factors.

Finally, we have shown that R&D activities, innovation results and information management have a very positive contribution to firm's economic performance.

We can conclude that Spanish companies of these service sectors (software and computer services) have to concentrate their efforts on human resources management, R&D expenses, technology acquisition and information management in order to improve their innovativeness and, as a direct consequence of this, their business performance.

REFERENCES

[1] ACS, Z. J.; ANSELIN, L.; VARGA, A. (2002): "Patents and innovations counts as measures of regional production of new knowledge". Research Policy, vol. 31, p. 1069-1085.

[2] ACS, Z.; AUDRETSCH, D.; FELDMAN, M. (1992): "Real Effect of Academic Research: Comment", The American Economic Review, vol. 82-1.

[3] AFUAH, A. (2001): "Dynamic boundaries of the firm: Are firms better off being vertically integrated in the face of a technological change?". Academy of Management Journal, 44 (6), p. 1211-1228.

[4] ARNOLD, E.; THURIAUX, B. (1997): Developing Firms' Technological Capabilities. Report for the OECD, Brighton, Technopolis.

[5] ARTHUR, B. (1994): Increasing Returns and Path Dependence in the Economy. University of Michigan Press.

[6] AUDRETSCH, D. B. (1998): "Agglomeration and the Location of Innovative Activity", Oxford Review of Economic Policy, vol. 14-2.

[7] AUDRETSCH, D. B.; ACS, Z. J. (1987): "Innovation, Market Structure and Firm Size", Review of Economics and Statistics, 69(4), p. 567-575.

[8] BENEITO, P. (2006): "The innovative performance of in-house and contracted R&D in terms of patents and utility models". Research Policy, 35 (4), p. 502-537.

[9] BUESA, M.; MOLERO, J. (1998). "Tamaño empresarial e innovación tecnológica en la economía española". ICE Tribuna de Economía, 773, p. 155-173.

[10] BUESA, M.; MARTÍNEZ, M.; HEIJS, J.; BAUMERT, T. (2002): "Los sistemas regionales de innovación en España. Una tipología basada en indicadores económicos e institucionales". Economía Industrial, núm. 347, p. 15-32.

[11] CALVO, J. L. (2000): "Una caracterización de la innovación tecnológica en los sectores manufactureros españoles: Algunos datos". Economía Industrial, nº 331, p. 139-150.

[12] CALVO, J. L. (2006): "¿Son las actividades de I+D una buena aproximación a la Innovación Tecnológica?". Economía Industrial. nº 358, p. 173-184.

[13] CHEN, Y.; YUAN, Y. (2007): "The innovation strategy of firms: empirical evidence from the Chinese high-tech industry". Journal of Technology Management in China, 2 (2), p. 145-153.

[14] CHESBROUGH, H. (2003): Open Innovation: The New Imperative for Creating and Profiting from Technology. Harvard Business School Press.

[15] CHIN, W.W. (1998): "The Partial Least Squares Approach to Structural Equation Modelling", in G.A. MARCOULIDES [ed.]: Modern Methods for Business Research, p. 295-336. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Publisher.

[16] COHEN, W. M.; LEVIN, R. C. (1989): "Empirical studies of innovation and market structure," Handbook of Industrial Organization, in: R.

Schmalensee & R. Willig (ed.), Handbook of Industrial Organization, edition 1, volume 2, chapter 18, p. 1059-1107, Elsevier.

[17] DAMANPOUR F.; ARAVIND, D. (2006): "Product and process innovations: A review of organizational and environmental determinants", in J. Hage and M. Meeus (Eds.): Innovation, Science, and Institutional Change. A Research Handbook, p. 38-66.

[18] DEWAR, R. D.; DUTTON, J. E. (1986): "The adoption of radical and incremental innovations: An empirical analysis". Management Science, 32 (11), p.1422-1433.

[19] DOSI, G.; FREEMAN, C.; NELSON, R.R.; SILVERBERG G.; SOETE, L. (1988): Technology Change and Economic Theory, Pinter Publishers, London.

[20] ENKEL, E.; GASSMAN O.; CHESBROUGH, H. (2009): "Open R&D and open innovation: exploring the phenomenon". R&D Management, 39 (4), p. 311-316.

[21] FALK, R.F.; MILLER; N.B. (1992): A Primer for Soft Modelling. Akron, Ohio: The University of Akron.

[22] FORNELL, C.; LARCKER, D.F. (1981): "Evaluating Structural Equation Models with Unobservable Variables and Measurement Error", Journal of Marketing Research, 18, February: 39-50.

[23] FREEMAN, C. (1975): Teoría Económica de la Innovación Industrial, Alianza Editorial, Madrid.

[24] FREEMAN, C. (1982): The Economics of Industrial Innovation, 2ª ed., Frances Printer, London.

[25] FREEMAN, C. (1998): "The economics of technical change". In: ARCHIBUGI, D.; MICHIE, J. (eds.): Trade, Growth and Technical Change, Cambridge University Press.

[26] GÓMEZ VIEITES, A. (2009): "Estudio de los factores que inciden en el desarrollo de las actividades de I+D+I y de su impacto en los resultados empresariales. Aplicación a las empresas manufactureras españolas". Doctoral Thesis. UNED.

[27] GRILICHES, Z. (1979): "Issues in Assessing the Contribution of R&D to Productivity Growth", Bell Journal of Economics, 10 (Spring), p. 92-116.

[28] GRILICHES, Z. (1990): "Patent statistics as economic indicators: a survey", Journal of Economic Literature, vol. XXVIII, December, p. 1661-1707.

[29] GRILICHES, Z. (1995): "R&D and Productivity: Econometric results and Measurement issues", in: STONEMAN, P. (ed.): Handbook of the Economics of Innovation and Technological Change, Oxford, Blackwell.

[30] HAGEDOORN, J. (1993): "Understanding the rationale of strategic technology partnering: interorganizational modes of cooperation and sectorial differences", Strategic Management Journal, vol. 14, p. 371-385.

[31] HAGEDOORN, J. (1995): "Strategic technology partnering during the 1980's. Trends, networks, and corporate patterns in non-core technologies", Research Policy, vol. 24.

[32] HAGEDOORN, J.; NARULA, R. (1996): "Choosing organizational modes of strategic technology partnering: interorganizational modes of cooperation and sectorial differences", Strategic Management Journal, 14.

[33] HAIR, J.; ANDERSON, R.; TATHAM, R.; BLACK, W. (1998): Multivariate Data Analysis, Prentice Hall International.

[34] HURLEY, R. F.; HULT, G. T. (1998): "Innovation, Market Orientation and Organization Learning: An Integration and Empirical Examination". Journal of Marketing, vol. 62 (july), p. 42-54.

[35] KLINE, S. J.; ROSENBERG, N. (1986): "An overview of innovation", en LANDAU, R.; ROSENBERG, N. (eds.): The positive sum strategy, Harnessing Technology for Economic Growth, p. 275-305, Washington, D.C.

[36] KOTABLE, M. (1990) "Corporate product policy and innovation behavior of European and Japanese multinationals: An empirical investigation". Journal of Marketing, 54, p. 19-33.

[37] LANCTOT, A.; SWAN, S. K. (2000): "Technology adquisition strategy in an internationally competitive environment". Journal of International Management, 6 (3), p. 187–215.

[38] MANSFIELD, E. (1981): "Composition of R&D expenditures, relationship to size of firm, concentration and innovative output". Review of Economics and Statistics, vol. 63, p. 610-615.

[39] MANSFIELD, E. (1986): "Patents and innovations: An empirical study", Management Science, vol. 32, n. 2, february, p. 173-181.

[40] MANSFIELD, E.; SCHWARTZ, M.; WAGNER, S. (1981): "Imitation costs and patents: an empirical study", The Economic Journal, vol. 91, p. 907-918.

[41] METCALFE, J. S. (2006): "Innovation, competition, and enterprise: Foundations on economic evolution in learning economies. In. (Eds.) J. Hage and M. Meeus In. Innovation, Science, and Institutional Change: A Research Handbook, p. 105-121.

[42] MILES, I.; COOMBS, R. (2000): "Innovation, Measurement and Services: The New Problematique", in METCALFE, J. S. and MILES, I. (eds.): Innovation systems in the service economy: measurement and case study analysis, Kluwer Academic Publishers, London.

[43] MOCH, M.K.; MORSE, E.V. (1997): "Size, centralization and organizational adoption of innovations". American Sociological Review, nº 42, p. 716-725.

[44] MOHR, L.B. (1969): "Determinants of innovation in organizations". American Political Science Review 63, p. 111-126.

[45] NARULA, R.; DUNNING, J. (1997): "Explaining International R&D Alliances and the Role of Governments, MERIT Working Paper Series 97-011.

[46] NARVER, J.C.; SLATER, S.F. (1990): "The effect of a market orientation on business profitability". Journal of Marketing, october.

[47] NELSON, R. R.; WINTER, S. G. (1977): "Search of a Useful Theory of Innovation". Research Policy, vol. 6, nº 1, p. 36-77.

[48] OECD (2002): Frascati Manual, Proposed Standard Practice for Survey of Research and Experimental Development. The Measurement of Scientific and Technological Activities Series. Paris.

[49] OECD & EUROSTAT (2005): Oslo Manual, Guidelines for Collecting and Interpreting Innovation Data, The measurement of Scientific and Technological Activities, Third Edition. A joint publication of OECD and EUROSTAT. Paris.

[50] PAVITT, K. (1984): "Sectorial patterns of technical change: towards a taxonomy and a theory". Research Policy, vol. 13, num. 6, p. 343-373.

[51] PORTER, M. E.; STERN, S. (1999): "Measuring the ideas Production Function: Evidence from the International Patent Output", NBER Working Paper 7891.

[52] POWELL, T. C. (1995): "Total quality management as competitive advantage: a review and empirical study". Strategy Management Journal, vol. 16, p. 15-37.

[53] SCHERER, F. M. (1980): Industrial market structure and economic performance. Ran McNally, Chicago.

[54] SCHUMPETER, J. A. (1934): The Theory of Economic Development, Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts.

[55] SUNDBO, J.; GALLOUJ, F. (2000): "Innovation as a Loosely Coupled System in Services", in MILES, I. and METCALFE, J. S. (eds): Innovation Systems in the Service Economy, Kluwer Academic Publisher, London.

[56] TETHER, B. (2002): "The sources and aims of innovation in services: variety between and within sectors", CRIC Discussion Paper, nº 55.

[57] UTTERBACK, J. M. (1994): Mastering the Dynamics of Innovation. Harvard Business School Press, Boston.

[58] VENCE, X; GONZÁLEZ LÓPEZ, M. (2002): "Los servicios y la innovación. La nueva frontera regional de Europa". Economía Industrial, n 347, p. 41-66.

[59] VEUGELERS, R.; CASSIMAN, B. (2006): "In search of complementarity in innovation strategy: Internal R&D and external knowledge acquisition". Management Science, 52 (1), p. 68-82.

Interfaz Avanzada de Operador de DCS

Nuevo Concepto de IPC para Operadores de Pantalla

Dr. Manuel Pérez Cota
Dpto. de Informática
Universidad de Vigo
Vigo, España
mpcota@uvigo.es

Miguel Ramón González Castro
Vigo, España
miguelrgc@terra.es

Abstract—**Los Sistemas de Control Distribuido (DCS) son equipos de control utilizados en la industria de procesos, en los que el operador se convierte en parte esencial, ya que debe tomar decisiones de operación que pueden generar situaciones peligrosas y/o con cuantiosas pérdidas. Ello sugiere que cualquier mejora que ayude al operador en la selección decisión correcta, redundará en una disminución de estas perdidas de operación. Este artículo muestra los trabajos que se están realizando en la creación de un puesto avanzado de operador; de manera que el operador disminuya su estrés, aumente su conocimiento sobre la situación real del proceso e incremente la cantidad y calidad de información que tiene a su disposición. Ello se logra mediante la utilización de sistemas 2.5D o 3D que facilitan la comprensión del proceso, junto con el uso de dispositivos avanzados para la gestión de alarmas o avisos.**

DCS; HCI; 3D; 2.5D; Feedback Haptics Emotional Speech

I. INTRODUCCION

Las perdidas mundiales en la industria de procesos ascienden a 20.000 millones de dólares, equivalente al 5 % de su facturación anual [1]. El 40 % de estas pérdidas son imputables a errores o fallos de operación, lo que implica que la eficacia de los operadores se convierte en un elemento crítico de esta industria. Ello obliga a incrementar la capacidad y conocimientos del operador, así como a proporcionarle herramientas y entornos de trabajo que favorezcan la selección de una acertada decisión de operación.

Esta industria se caracteriza por poseer un proceso productivo crítico, en el que un fallo o parada puede generar situaciones muy peligrosas tanto para el medioambiente como para las personas; paradas de varios días debido a complejas averías consecuencia de paradas imprevistas; o arranques que pueden durar varios días hasta que se estabiliza el proceso. Esto obliga a utilizar sistemas de control específicos para este tipo de industria, que se denominan Sistemas de Control Distribuido (DCS). Los DCS gestionan varios miles de señales analógicas y digitales, que son controladas mediante lazos de control, PID o Sistemas Inteligencia Artificial (Redes Neuronales o Análisis Multivariante), con unas velocidades de muestreo que oscilan entre 100 ms y 1 segundo [2-3]. La configuración se realiza mediante bloques, plantillas o librerías de programación específicas para el tipo de proceso que se debe controlar, que facilitan la labor al equipo compuesto por programadores, analistas e ingenieros del proceso productivo.

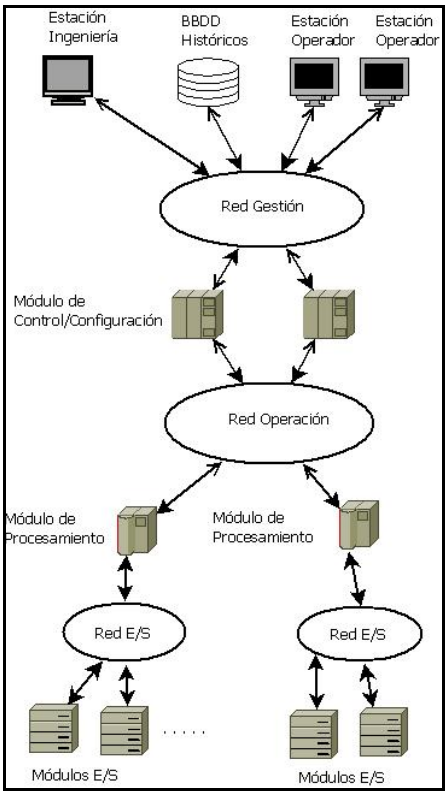


Figure 1. Arquitectura de un DCS

Los DCS, como se aprecia en "Fig. 1", poseen una arquitectura distribuida, ya que desde la estación de ingeniería se carga la configuración en el hardware centralizado y redundante "módulo/s de control y configuración", mientras que el código se ejecuta en sistemas (módulos de procesamiento) independientes y distribuidos. Ello permite que ante el fallo de un módulo, el resto de los módulos del DCS puedan seguir funcionando; lo que incrementa considerablemente la fiabilidad, disponibilidad y seguridad de

este equipo de control. Asimismo, el DCS permite la carga de bloques de programación sin necesidad de detener y reiniciar el equipo, ello es una característica obligatoria en equipos que controlan procesos que pueden detenerse una o dos veces al año.

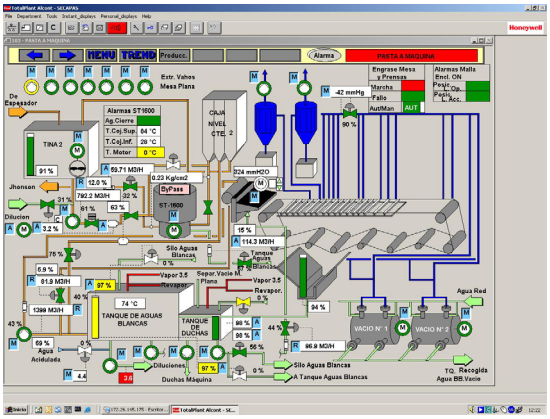


Figure 2. Ejemplo de Pantalla de Operador de DCS - Honeywell

Sin embargo, la intensiva interacción con el operador es la característica esencial de estos equipos, ya que el operador es quien tiene que tomar las decisiones clave sobre el funcionamiento del proceso que está siendo controlado. Ello se manifiesta en la inclusión de librerías y objetos gráficos, que permiten el diseño avanzado de pantallas de operación. Los operadores deben asignar el set-point de los lazos de control y decidir si estos deben trabajar en modo automático, remoto o manual. En modo automático, la salida viene determinada por la operativa del lazo; en el modo manual, el operador fuerza el valor de la salida; y en el modo remoto, además de la operación automática, el set-point es fijado por otro lazo de control.

II. IPC EN LOS DCS ACTUALES

Los Sistemas de Control Distribuido (DCS), que están disponibles comercialmente, intentan facilitar al operador la interacción con las pantallas de gestión, así como facilitarle el trabajo de búsqueda de los eventos críticos que están aconteciendo en el proceso productivo. Seguidamente, se hace un repaso de los DCS más importantes a nivel comercial y se describe su interacción persona – computador (IPC).

A. Honeywell – Alcont TotalPlant

Este DCS posee pantallas de operación 2D "Fig. 2", que incluyen controles gráficos específicos para cada componente del proceso: válvula, motor, medida, PID, etc. [4-5]. En la pantalla, los controles revelan su estado mediante un código de colores (rojo alarma, verde abierto, amarillo bloqueo,…) y mediante información alfanumérica. Al acceder al contenido de un control, se accede al histórico del dato medido; se visualizan los límites (superior e inferior) de alarma, aviso e interbloqueo; así como se muestran los valores de las entradas y salidas. El DCS posee cuentas de usuario con diferentes privilegios, que permiten accesos de solo lectura, de lectura/escritura y de acceso total que permiten modificar el valor de los límites de alarma, aviso e interbloqueo; o de los parámetros del PID. Las pantallas de operación contienen un desplegable que permite acceder a un histórico de alarmas agrupadas en categorías; así como a diversos controles para acceder al menú general de pantallas, conectarse a otros DCS que estén en red, o acceder a un específico componente (válvula, motor, medida, etc.) para fijarlo en pantalla. La interfaz gráfica, también posibilita la opción de recorrer secuencialmente todas las pantallas de operación disponibles. Finalmente, es de resaltar la existencia de una alarma acústica, que también se visualiza en un control de la pantalla de operación.

B. Siemens – PCS7 y SPPA T3000

Este DCS tiene como base los módulos de proceso y de E/S del PLC Simatic S7, a los que se le han añadido módulos de control/configuración, estaciones de operador y una estación de ingeniería con software específico, para que todo el conjunto se convierta en un DCS [6]. Las pantallas de operación poseen un formato 2D con unos controles que muestran el estado del componente que representan, mediante texto y códigos de color. El control ampliado da acceso a un menú con múltiples opciones de información. Una opción muestra la estructura del programa (en bloques gráficos) asociado a este control, junto con sus interconexiones, así como los valores de entrada y salida de cada sub-bloque; lo cual facilita las labores de mantenimiento y resolución de averías. Otra opción permite el acceso a la ayuda de los bloques de programación predefinidos en el sistema. También se puede acceder a un histórico de valores, así como a una tabla que muestra todos los parámetros operativos del componente, por ejemplo los límites (superior e inferior) de alarmas, aviso, bloqueo; valores de entrada y salida, etc. Los dispositivos/instrumentos conectados directamente al DCS, mediante un bus de campo, permiten al operador acceder a todos los parámetros de funcionamiento del citado dispositivo/instrumento. La interfaz gráfica posee herramientas para construir un árbol jerárquico de pantallas, que facilite la búsqueda y ordenación de las mismas; ya que al profundizar a través de una rama del árbol, se desciende desde una vista general a una vista más especifica; evidentemente, el acceso a vistas más concretas del proceso, también se puede lograr pinchando en el área deseada del proceso de la pantalla que lo contiene. Las alarmas del proceso se muestran en tablas, accesibles mediante una clasificación en códigos de colores, que las ordena en función de su gravedad; poseyendo las más críticas un aviso mediante una señal acústica.

C. Emerson – Delta V

La interfaz de operador del DCS Delta V, está diseñado para facilitar el trabajo del operador, realizando un diseño gráfico que disminuya la monotonía y el aburrimiento resultante de estar viendo siempre los mismos contenidos en la pantalla [7]. Este nuevo enfoque se centra en el uso de colores, formas e indicadores visuales, que incrementan la comprensión de la información contenida en la pantalla. La pantalla de operación sigue poseyendo un formato 2D, pero utiliza una gran variedad de colores para resaltar la información crítica (alarmas, avisos, etc.). Asimismo, se intenta disminuir al

máximo el uso de información numérica y textual, sustituyéndola por información gráfica (contadores, niveles, barras y tendencias), ya que este tipo de información es mucho más rápida de captar por el operador. Éste también puede modificar el color de fondo de las pantallas, para mejorar la percepción de todos los elementos presentes en la misma. Cada componente facilita el acceso a una sub-pantalla, que en caso de alarma, especifica el tiempo máximo de respuesta, la criticidad de la alarma, el instante de inicio de la alarma, las acciones recomendadas, las causas probables y la información de diseño. Este DCS tiene como teclado una pantalla táctil, totalmente configurable por el operador y posee la capacidad de controlar de 2 o 3 monitores. Asimismo, esta pantalla táctil permite que el operador pueda configurar botones de alarma, botones de acceso a pantallas, botones de acceso a módulos o botones con funciones creadas por el mismo. Este DCS permite configurar alarmas sonoras con diferentes tonos o "melodías", que al ser usadas en consolas contiguas, permite averiguar rápidamente que operador debe atender la alarma. Asimismo, se informa de la prioridad de la alarma (baja, media o crítica) en función de si la "melodía" es repetida una vez a velocidad lenta, dos veces a velocidad media, y tres veces a velocidad rápida.

D. ABB – System 800xA

ABB aplica el concepto de ergonomía en la creación de un puesto de operador, que mejore sus condiciones de trabajo, para incrementar la productividad y disminuir los errores de operación [8-9-10]. ABB fusiona el uso de nuevas herramientas informáticas, con un diseño de mobiliario que mejora las condiciones ambientales del operador. El novedoso puesto de trabajo, tiene instalado un sistema de ventilación individualizada para cada operador, que expulsa aire a diferentes temperaturas hacia su cuerpo o sus piernas; o expulsa aire frío a su alrededor, instantes antes de que éste gestione una situación crítica "Fig. 3". Asimismo, en la parte superior del puesto existe un sistema lumínico de alta frecuencia, que proporciona una iluminación difusa, libre de sobre sombras y menos estresante para los ojos. Igualmente, otro concepto novedoso, es la conversión de los monitores gigantes que existen en las salas de control, en monitores de trabajo, en los que se mostraran pantallas cuya información se necesite compartir con más usuarios; es importante recordar, que estas pantallas solo se utilizan para visualizar el estado general del proceso que se controla. El equipo también dispone de un sistema inteligente de sonido direccional, que dirige el sonido exclusivamente al operador que lo requiere, disminuyendo la contaminación sonora de la sala de control. El mobiliario se ha diseñado para que se pueda operar sentado o de pie, pudiéndose variar, mediante un sistema motorizado, la altura de la mesa y silla de operación, así como la altura y grado inclinación de los monitores. Cada elemento representado en la pantalla del DCS facilita el acceso a su esquema eléctrico, al manual de operación, a la visualización de imágenes recibidas desde una cámara de vídeo y/o a la interconexión con otras aplicaciones de gestión de mantenimiento (Maximo o SAP). La interconexión con Maximo, permite la apertura de Órdenes de Trabajo, en las que ya se asigna por defecto la "ubicación" y el "equipo" asociado con este componente seleccionado en pantalla. Igualmente, el software permite la integración de accesos multimedia a dispositivos de comunicación vía radio, teléfono o CCTV; que son gestionados desde una pantalla táctil programable. El "System 800xA" dispone de un teclado avanzado, con pantallas y teclas de función configurables, que facilita la gestión conjunta de varios monitores.

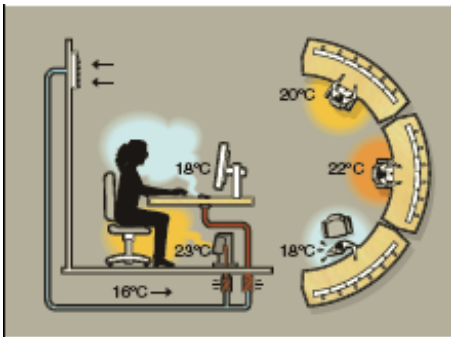


Figure 3. Puestos de Operadores del DCS ABB – System 800xA

Se ha comprobado, que las interfaces de operador de DCS, que se comercializan en la actualidad, poseen monitores 2D, y además, las pantallas contienen esquemas o diagramas de proceso en formato 2D. Ello implica que si desea tener diferentes vistas del proceso, habrá que crear nuevas pantallas. El ruido ambiental y la existencia de múltiples puestos impiden el adecuado uso de alarmas vocales; ya que sería complicado entender su mensaje, e incrementaría el ruido ambiental generando estrés y cansancio. El uso de altavoces direccionales, aunque reduce ligeramente el ruido ambiental, obliga a que el operador esté siempre próximo a su puesto de operación, ya que de haberse desplazado de él, podría no oír las alarmas o mensajes que se emitan. Las alarmas de los DCS se muestran en pantalla cambiando de color del componente que la genera y además, se encuentran disponibles en una tabla ordenada por prioridades y/o áreas, y accesible desde diferentes opciones de la pantalla. Todas las pantallas de operador, muestran el estado de los componentes mediante un código de color, y algunas permiten el acceso a manuales de programación, manuales del instrumento (válvula, motor, etc.), programas lógicos del bloque, esquemas eléctricos, diagramas de tuberías o interconexión directa a otras aplicaciones de gestión (Maximo o SAP). Igualmente, todos los componentes permiten que el operador seleccione su modo de funcionamiento automático, remoto o manual; así como forzar sus valores de entrada y/o salida. La interfaz de entrada y manipulación de información típica de los DCS es el teclado y el ratón, aunque en algunos casos, se utiliza una pantalla táctil como dispositivo avanzado; ya que admite configuraciones predefinidas por el usuario, que facilitan el acceso y navegación a través de las pantallas de operación.

Una herramienta indispensable en la gestión de procesos es el control estadístico de procesos, ya que permite determinar si el proceso es estable y además, asegura que las salidas del mismo, están dentro de los límites establecidos en los

procedimientos de control calidad. Esta tarea se realiza gracias a una Base de Datos externa, que almacena miles de valores de E/S del DCS cada segundo; que seguidamente son procesados por aplicaciones externas, que leen directamente de la Base de Datos o son exportados para ser tratados por aplicaciones estadísticas y/o matemáticas. Estos valores de control no se vuelven a exportar al DCS, debido a la ingente cantidad de datos almacenados que se deben procesar, así que el operador debe utilizar aplicaciones software externas al DCS.

Los operadores de proceso suelen gestionar hasta medio centenar de pantallas con varios miles de señales E/S asociadas, con lo que durante varios turnos de trabajo puede haber pantallas o señales de E/S que no son accedidas por ellos. En ocasiones sucede, que estas pantallas o componentes no son visualizadas hasta que se activa una alarma (los valores pueden estar fuera de rango y no en alarma), lo que puede ocasionar averías graves en el proceso. Ello sugiere la necesidad de crear una herramienta que obligue al operador a visualizar, al menos una vez cada lapso de tiempo, todas las pantallas o componentes accesibles para el operador.

III. PROPUESTA DE NUEVO IPC

El objetivo esencial del trabajo en el que se basa este artículo, es mejorar la cantidad y calidad de la información que recibe un operador de pantalla de DCS. Ello ayudará a que el operador tome las decisiones correctas y acertadas y así, se disminuyan las perdidas ocasionadas en la operación del proceso.

Se propone que los operadores trabajen con pantallas 2.5D y 3D, pues ello permitirá visualizar el proceso con más amplitud, ya que se facilita presentación de más componentes y de sus interrelaciones. La utilización de estas pantallas 2.5D y 3D, permite el uso de diferentes formatos de presentación del proceso productivo:

a) Imagen Real: Este formato, muestra imagenes o fotografías reales del proceso industrial.

b) Diagrama de flujo: Esta representación muestra un diagrama de flujo en 2.5D, que posee una estructura multicapa que facilita la comprensión del mismo.

c) Esquema de Visión Real: Este formato es una combinación de los anteriores, ya que presenta un plano a escala en el que los elementos están representados en su posición real.

Los anteriores formatos incluirán controles gráficos superpuestos a los componentes de operación (motores, válvulas, medidas, PID, etc.), que mostrarán los valores de E/S asociados a él, y proporcionaran acceso al menú de acciones que tienen asociado (tendencias, modo operación, manuales, etc.). El uso de pantallas 2.5D y 3D permitirá la visualización de diferentes enfoques de una misma pantalla, ya que admitirá vistas frontales, posteriores, laterales, etc. Asimismo, se facilitará la realización de visitas o recorridos predefinidos a todo el proceso, que ayudarán a que el operador inspeccione todos los componentes del proceso, al menos una vez en cada período de tiempo. El estado actual de la tecnología de sistemas 3D, facilita el desarrollo de estas interfaces de operador, pues a nivel comercial ya se pueden adquirir varios sistemas 3D con o sin gafas; por ejemplo, EIZO pondrá a la venta este año el monitor "DuraVision FDF2301-3D", que es uno de los primeros monitores 3D sin gafas que se van a comercializar. Los sistemas 3D con gafas activas, combinan un proyector/monitor de 120 Hz. y unas gafas con obturador, cuyas lentes se bloquean alternativamente con una frecuencia de 60 Hz, en función de la señal inalámbrica que reciben del concentrador [11].

Igualmente se propone que el operador utilice audífonos inalámbricos, con lo que oirá las alarmas o avisos que el DCS emite en formato de mensajes vocales con emoción [12]. El uso de audífonos inalámbricos reduce el nivel de ruido ambiental de la sala e impide la interferencia entre las alarmas de distintos puestos. Asimismo, permite que el operador se desplace de su puesto, sin que ello le impida oír las alarmas que surjan. La emisión de mensajes vocales con emoción, facilita la compresión inmediata por parte del operador de las incidencias que están ocurriendo; pues la intensidad emocional indica la criticidad de la alarma y el mensaje indica exactamente cual es el componente que la genera.

Los valores de los limites de control de proceso se calcularán mediante aplicaciones matemáticas o estadísticas externas al DCS, pero los resultados obtenidos se reenviarán al DCS para que estén accesibles en las pantallas de operación. Las variables de operación que estén fuera de los límites de control se avisarán a través de mensajes vocales con emoción; lo que contribuirá a incrementar la estabilidad del proceso, pues facilitará la tarea de mantener estas variables dentro de su rango estable de operación. Ello generará una mejora en la gestión del proceso productivo, ya que se incrementará la calidad del producto obtenido y se reducirá el coste de fabricación.

Las alarmas de los componentes críticos serán enviadas a los audífonos inalámbricos del operador y del jefe de sala; pues estas alarmas especiales deben atenderse inmediatamente y con extrema atención y prudencia. Asimismo, estas alarmas especiales provocarán la emisión de un "pulso sónico" al operador de pantalla y al jefe de sala, para que sean conscientes de la criticidad de la situación. El pulso sónico es una onda sonora de frecuencia subsónica y de elevada intensidad, que es emitida por un dispositivo de vibración situado en los audífonos inalámbricos o en el brazo del receptor.

La entrada de datos y la manipulación de los controles se debe realizar con dispositivos hápticos activos [13-14], pues la utilización de ratones sería compleja en entornos 2.5D o 3D. Asimismo, al tocar una tubería (línea eléctrica), estos hápticos activos deben proporcionar un feedback sobre las magnitudes físicas (temperatura, presión o voltaje) del fluido (electricidad) que fluye en su interior. La presión del fluido de una tubería o el voltaje de una línea se deben comunicar mediante un dispositivo de vibración [15], donde la intensidad de la vibración será proporcional a la magnitud física medida. Estas magnitudes también se visualizarán en función de la intensidad del tono del color asignado, aunque ello no siempre sea posible, pues los tonos extremos (claros o oscuros) pueden llegar a confundirse, a pesar de pertenecer a diferentes colores.

El caudal de un fluido o la intensidad de la corriente eléctrica se debe indicar mediante una animación del color sólido de la línea/tubería, ya que es más intuitivo que tocar el tubo o la línea. Independientemente de todas las ayudas visuales o sensoriales, el operador visualizará mediante formato textual todas las magnitudes físicas del proceso, así como el estado de todos los componentes (válvulas, motores, interruptores, etc.). Igualmente, la entrada de datos no solo estará disponible para dispositivos hápticos, sino también para teclados clásicos o pantallas táctiles que simulen teclados.

La navegación a lo largo de toda la instalación será realizada mediante un dispositivo de navegación, que tiene en cuenta el movimiento de las pupilas y/o de la cabeza [16].

IV. CONCLUSIONES

Se ha presentado un concepto que varía la forma de representación de la interfaz en un entorno industrial real, situando primero la realidad de lo que se está haciendo en las empresas visualizando los DCS más conocidos.

Se considera que una buena forma de mejorar el entorno es, como conclusión: la utilización de sistemas hápticos que permitan sentir al usuario más cómodo, condición sin la cual los operarios suelen tener un rendimiento inferior, segundo la utilización de sistemas 2.5D o 3D que mejoren en un entorno de capas o con una visualización real-parcial la información que ellos reciben para que su eficiencia sea mayor y por último la forma de recepción de las alarmas, tanto desde la utilización de dispositivos auditivos individuales como de choque sónico que les permitan saber, con exactitud y mejor sensibilidad el grado de emergencia de las distintas alarmas que ellos deben controlar.

REFERENCES

[1] Hongyu Pei Breibvold, Martin Olausson, Susanne Timsjo, Magnus Larsson, Ro Tanner. B. Noble, and I. N. Sneddon, “El Operario Eficaz", Revista ABB 4 | 10, pp. 6–11, Octubre 2010.

[2] B. Nelson, T. Stauffer. “PLCs and DCSs Convergence", Control Engineering, http://ecmweb.com/mag/electric_plc_dcs_better/#, Mar 2008.

[3] Tim Shaw. “PLC Or DCS: Which Is Better For You?", EC&M, http://ecmweb.com/mag/electric_plc_dcs_better/#. Mar 1, 1999.

[4] Honeywell. “TotalPlant Alcont and Printa. Configuration Manual", Honeywell. Oct 2006.

[5] Honeywell. “TotalPlant Alcont and Printa. Application planning guide", Honeywell. Oct 2006.

[6] Siemens. “Simatic PCS7", Siemens, http://www.automation.siemens.com/mcms/process-control-systems/en/distributed-control-system-simatic-pcs-7/Pages/distributed-control-system-simatic-pcs-7.aspx ,Jan 2011.

[7] Emerson, “Delta V”, http://www2.emersonprocess.com/en-US/brands/deltav/documentation/Pages/index.aspx, Dec 2011.

[8] ABB, “Extended Operator Workplace ", http://www.abb.com/product/seitp334/eebba28481081fa5c125734f002fedec.aspx?productLanguage=es&country=ES. Dec 2011.

[9] ABB, “System 800xA with the Operator in Focus ", http://www.cgm.se/filmer/2009/ABB_EOX_800xA.wmv. Nov 2010.

[10] Collin Pearson, “EOW Demo ", ABB, http://www.cgm.se/filmer/2009/EOW_Demo_Colin.wmv. Nov 2010

[11] Nvidea, “3D Vision”, http://www.nvidia.es/object/3d-vision-pro-requirements-es.html, Dec 2011.

[12] S. Baldassari, E. Cerezo, D Anaya, "Interacción emocional con actores virtuales a través de lenguaje natural", AIPO, http://www.aipo.es/articulos/1/12428.pdf, pp 305–314, 2007.

[13] C. B. Worst, R Voiz., “Evaluation of Haptic Mixed Reality System for Interactions with a Virtual Control Pantl", Presence Vol 14, MIT, pp. 677–696, 2005.

[14] CyberberGlove Sistems. “CyberGrasp", CyberberGlove Sistems, http://www.cyberglovesystems.com/products/cybergrasp/overview, Jan 2011.

[15] CyberberGlove Sistems. “CyberTouch", CyberberGlove Sistems , http://www.cyberglovesystems.com/products/cybertouch/overview,Jan 2011.

[16] T. Palleja, Erubion, M Tixido, M Tesanchez A Fernández, C. Rebate, J Placín, “Ratón Vitual Relativo Controlado con los Movimientos de la Cabeza", IX Congreso Internacional de Interacción, Albacete, pp 305–314, 2008.

De INGENIAS a un Storyboard Interactivo 3D con Alice a nivel de prototipo

David Ramos Valcárcel
Dept. Lenguajes y Sistemas Informáticos
ESEI - Universidad de Vigo
Vigo, España
david@uvigo.es

Edgar Bolaño Rodríguez
Dept. Lenguajes y Sistemas Informáticos
ESEI - Universidad de Vigo
Vigo, España
ebrodriguez@correo.ei.uvigo.es

Abstract— **En el desarrollo de entornos multimedia surge la necesidad de generar prototipos rápidos interactivos, que el responsable de la producción pueda validar de un modo natural tanto a nivel de interfaz como de funcionalidad. En el mundo de los videojuegos trabajar con personajes (agentes) que juegan papeles (roles), interaccionan y realizan acciones y/o tareas en función de sus necesidades (estado mental) para conseguir satisfacer los objetivos planteados, es algo natural y habitual en la Ingeniería de Software Orientada a Agentes. Esto plantea el reto de desarrollar una herramienta que permite automatizar el proceso que conduce de una especificación basada en la metodología INGENIAS, a un prototipo animado 3D con la herramienta de desarrollo Alice.**

Concretamente, este artículo presenta como se especifica un diálogo entre dos personajes, que conduce a la entrega de un objeto con INGENIAS y como se genera automáticamente, con la herramienta "*Generador de StoryBoard Interactivo-ISBGen*", un prototipo animado 3D utilizando la herramienta Alice.

Keywords:; Multimedia, Ingeniería de Sofwtware, Agentes, Aventura Gráfica, Prototipo, Storyboard Interactivo, 3D.

I. INTRODUCCIÓN

En el entorno de desarrollo del software multimedia se da una característica que lo distingue del software de gestión tradicional: la *creatividad*, cualidad que los hace especialmente cambiantes a lo largo de su ciclo de vida. Generalmente los programas de gestión se centran en la eficiencia del sistema y sus resultados pueden ser validados con suficiencia, pero la multimedia además, debe provocar en el usuario sensaciones que son difíciles de cuantificar y de valorar incluso con el producto terminado. Si a este problema le añadimos que su coste de desarrollo es muy superior, nos encontramos con una alta posibilidad de implementar soluciones cuyo éxito sólo se puede valorar una vez finalizados. Esto implica asumir el riesgo de unos costes que no están en consonancia con el producto resultante.

Existe por tanto, la necesidad de realizar prototipos rápidos interactivos [1], que el responsable de la producción pueda validar de un modo natural tanto a nivel de interfaz [2] como de funcionalidad. Tras estudiar el guión y/o el storyboard que proporcionan los diseñadores gráficos, se puede modelar a nivel de ingeniería de software una primera aproximación del producto y generar automáticamente una secuencia animada. De este modo, se aporta una perspectiva más cercana a las secuencias finales de las que se compone el producto, y el responsable de la producción puede verificar de un modo más natural el modelo construido.

El prototipo creado sirve como un primer sistema de prueba, que permite estudiar todas las posibles soluciones técnicas, gráficas y de animación que se deberán aplicar en las secuencias finales. Además, se consigue detectar nuevas funcionalidades no contempladas hasta el momento que aporten giros al guión, así como los problemas y errores que pueden ir apareciendo en las futuras implementaciones.

En un videojuego el usuario controla uno o varios *personajes* que interactúan con el entorno según el *estado mental* y el *rol* que en ese momento desempeña. Se da la posibilidad al usuario de *interactuar con el entorno* directa e independientemente del control que ejerce sobre el personaje. Así, el jugador se comunica con el mundo que lo rodea, e intenta llevar a cabo las *acciones o tareas* que le permitan alcanzar el *objetivo* propuesto en la aplicación. De este desglose de términos (*personaje, grupo, estado mental, rol, interactuar, entorno y objetivo)* se obtienen conceptos que están ligados y correctamente fundamentados dentro de la Ingeniería de Software Orientada a Agentes [3].

Ante la falta de una metodología que se adapte adecuadamente al modelado de sistemas, basados en lo que podemos llamar el *paradigma multimedia*, nos encontramos las propuestas metodológicas de la Ingeniería de Software Orientada a Agentes (ISOA) [4]. En el mundo de los videojuegos es habitual trabajar con personajes (Agentes) que juegan papeles (roles), interaccionan y realizan acciones y/o tareas en función de sus necesidades y su progreso (estado mental) para conseguir satisfacer los objetivos planteados. Se obtiene, por tanto, una relación muy estrecha entre la ISOA y el entorno de los juegos interactivos como se comenta en [5], lo que nos plantea desarrollar una herramienta para automatizar el proceso que conduce de una especificación basada en la metodología INGENIAS [6][7] a un prototipo animado con la herramienta de desarrollo 3D Alice [8][9][10].

En este artículo, se presenta como se modela un diálogo entre dos personajes, que precede a la una entrega de un objeto con INGENIAS, y como se genera automáticamente con la herramienta "G*enerador de Storyboard Interactivo-ISBGen*" un prototipo rápido interactivo representado con Alice.

En la siguiente sección hace referencia a la metodología INGENIAS y su estructura. En la sección III se expone el proceso de simulación seguido. A continuación, la sección IV detalla el caso de estudio modelado y su resultado haciendo uso de la herramienta Alice. Finalmente, en la sección V se presentan las conclusiones obtenidas y el trabajo futuro.

II. METODOLOGÍA INGENIAS

INGENIAS se centra en el desarrollo de Sistemas Multiagente (SMA) [11] y da soporte a través de la herramienta INGENIAS Developtment Kit (IDK), que permite modelar, documentar y generar código automáticamente. El método de desarrollo propuesto en INGENIAS concibe el SMA como la representación de un conjunto de modelos. Cada uno de estos modelos, que se describen a continuación, muestra una visión parcial del SMA: los agentes que lo componen, las interacciones que existen entre ellos, cómo se organizan para proporcionar la funcionalidad del sistema, qué información es relevante en el dominio y cómo es el entorno en el que se ubica el sistema a desarrollar.

- El **metamodelo de organización** define cómo se agrupan los agentes, la funcionalidad del sistema y qué restricciones hay que imponer sobre el comportamiento de los agentes.
- El **metamodelo de objetivos y tareas** desglosa cada una de las tareas de las que son responsables los agentes, de tal modo que se especifica qué es lo que permite esta tarea y los flujos de información que se generan en su ejecución.
- El **metamodelo de agente** permite la descripción detallada de los agentes participantes. Se descompone en dos partes: por un lado el comportamiento del mismo (tipo de control, especificación del estado mental) y por el otro sus responsabilidades (tareas, objetivos y roles).
- El **metamodelo de interacción** representa como se realizan los intercambios de información entre los distintos agentes de la escena.
- El **metamodelo de entorno** permite representar los recursos, aplicaciones y agentes vinculados a eventos, definiendo las asociaciones de los agentes con las entidades y el mecanismo utilizado para recibir datos del entorno.

Partiendo de la herramienta IDK podemos definir un perfil que a partir de nuestro modelo establezca los elementos del metamodelo de INGENIAS que son necesarios para representar un escenario multimedia. La ISOA nos proporciona una herramienta de enorme potencial puesto que podemos modelar agentes con comportamientos indefinidos, realizando el papel o rol de extras. Del mismo modo, el uso de agentes inteligentes [12] permite obtener nuevas situaciones que no se hayan identificado al no tener un control total sobre el sistema y dar libertad al agente para interactuar según el objetivo que persiga.

III. PROCESO DE SIMULACIÓN DEL MODELO

El objetivo que se persigue es conseguir una animación 3D partiendo de una especificación, empleando Alice como herramienta de visualización del sistema modelado con INGENIAS. Ambas herramientas emplean XML para estructurar y almacenar los datos de los proyectos creados, lo cual permite implementar un sistema que comunique las dos aplicaciones. Partiendo de la especificación en INGENIAS, se obtiene una secuencia animada que proporciona un prototipo rápido que puede ser evaluado por el responsable del producto y permitirá al equipo de pre-producción analizar los resultados que se obtienen. Con estos datos se podrá proceder a corregir u optimizar las funcionalidades o animaciones con deficiencias descubiertas.

Directamente desde Alice, con las nuevas especificaciones que proporcione el cliente y a través de un ciclo de retroalimentación, se pueden realizar modificaciones que permitan mejorar la escena fruto de nuevos modelos.

El proceso a seguir se puede apreciar esquemáticamente en la Figura 1:

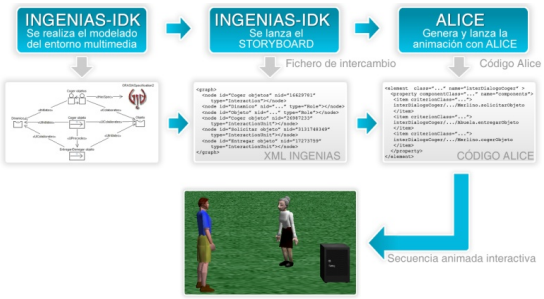


Figura 1. Proceso de generación de prototipo animado interactivo

El ciclo permite generar un modelo estático de la escena, para ubicar los elementos y definir con qué parámetros se deben modelar. Esto significa establecer un escenario de fondo y los componentes naturales del entorno de modo predeterminado. Estos aspectos deberían reflejar opciones como la iluminación y los elementos naturales que interactúan con el entorno (árboles, ríos, viento, lluvia, etc).

A continuación, se deben desarrollar los nuevos componentes que van a formar parte de la acción (personajes, edificios, vehículos) y propios del producto que se construye, con sus atributos básicos: posición(x,y,z), dimensiones(ancho, alto, profundidad), texturas, etc.

Una vez modelado el entorno estático, tal y como se detalla en el storyboard o guión, se procederá a realizar una primera revisión con el cliente, definiendo ya un primer prototipo estático. Esta visión del modelo, aunque sencilla, permite un

primer punto de encuentro del cliente con una maqueta estática del producto. Cualquier cambio sobre este prototipo no representa en absoluto un coste fuera de toda previsión y forma parte del proceso de evolución del producto. Son fases muy tempranas de desarrollo, el cliente puede ver inmediatamente un primer boceto y a nivel de desarrollo vamos reflejando y confirmando la especificación sobre un prototipo validado.

Una vez establecido el escenario estático, procedemos a modelar el comportamiento dinámico de cada uno de los actores que intervienen en el sistema, con sus tareas y objetivos. La interacción desarrollador/cliente, pasa a ser realmente eficiente, obteniéndose prototipos rápidos, denominados *Storyboard Interactivos* que se ajustan al modelo esperado. En consecuencia, seguiremos un proceso de rediseño, que implique la mejora del producto a través de la optimización de los resultados obtenidos en cada prototipo. Con todo ello, logramos una evaluación rápida del producto esperado, que podrá ser llevado a la fase de implementación final sin riesgos.

El objetivo final es definir los requisitos del cliente a través de un modelado en INGENIAS con una especificación formal, y mejorando las tradicionales maquetas o storyboards que carecen de la expresividad que proporciona la multimedia hoy en día.

IV. CASO DE ESTUDIO. MODELADO DE SISTEMA BÁSICO

En este ejemplo se describe como se genera el diálogo que tiene lugar entre dos personajes para la entrega de un objeto. Como hemos comentado en la anterior sección, el modelado a nivel de ingeniería de software se realiza con INGENIAS y su resultado es generado automáticamente en Alice con una herramienta denominada "*Generación de storyboard interactivo-ISBGen*". Los siguientes apartados describen paso a paso como se usan los metamodelos de INGENIAS y el resultado que se genera automáticamente en Alice

A. Representación estática usando el Modelo de Casos de Uso

El primer paso consiste en realizar un diagrama de casos de uso que permite concretar las *escenas y tomas* que componen el proyecto así como comprobar la integridad de la estructura del mismo. El ejemplo que se presenta en la Figura 2, representa a modo ilustrativo un sistema con una escena principal formada por tres *tomas*, aunque el ejemplo que estamos tratando está compuesto por una.

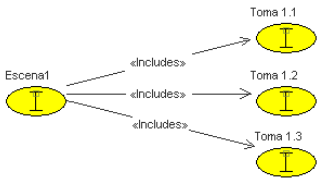


Figura 3. Modelado de Casos de Uso

Las tomas representan distintas situaciones que se producen en una misma escena y que son modeladas individualmente.

Las imágenes mostradas en la Figura 3 indican cómo se han creado los objetos asociados a las tomas del proyecto en Alice automáticamente. Estas tomas a su vez tienen una propiedad que especifica su número. Mediante esta propiedad, Alice calcula automáticamente cual es la primera toma que se deberá representar al lanzar el *storyboard interactivo*.

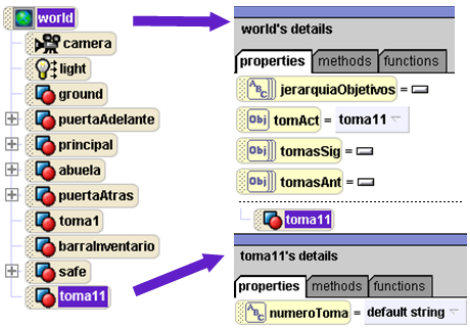


Figura 2. Correspondencias Alice - Diagrama de Casos de Uso

B. Representación de personajes y secuencias a través del Modelo de Organización

El modelo de Organización describe cómo se agrupan los agentes, la funcionalidad del sistema y las restricciones impuestas sobre los agentes. Este modelo permite representar la estructura básica de los elementos que interactúan en el entorno.

Se puede observar en la Figura 4, que el sistema estará formado por dos grupos de agentes: *Dinámicos* y *Estáticos*, y que a cada uno está asociado un agente, *Merlinho* y *Abuela* respectivamente.

Los agentes pertenecientes al grupo *Dinámicos* están formados por aquellos personajes que el usuario es capaz de controlar, es decir, representan al jugador en la escena.

Los pertenecientes al grupo *Estáticos* son los que no requieren de la intervención del usuario para actuar, son completamente autónomos y se rigen por los objetivos que tengan establecidos.

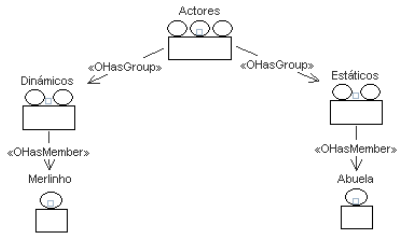


Figura 4. Modelado de Organización general de actores

A partir de la especificación anterior en INGENIAS, tanto el agente "*Merlinho*" como el agente "*Abuela*" son puestos en escena a través del proceso automático de generación de código Alice. La correspondencia de este modelo INGENIAS con el mundo 3D en Alice se puede ver en la Figura 5.

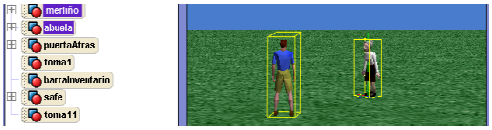


Figura 5. Correspondencias Alice - Modelo de Organización general actores

Por tanto, añadir otro agente a este mundo virtual es tan simple como incluir otro agente nuevo en el modelo de organización general (Figura 4) y vincularlo a un grupo de agentes.

Nuevamente se hace uso del Modelo de Organización para generar un diagrama por *toma* que permite describir lo que ocurre en esa secuencia. Por ejemplo, en el diagrama de la Figura 6, se puede observar una interacción (*Dialogo Informacion*) que tiene lugar entre los agentes que juegan los roles "*Dinámico*" y "*Ayuda*", a través de las tareas "*Pedir información*" y "*Proporcionar pistas*".

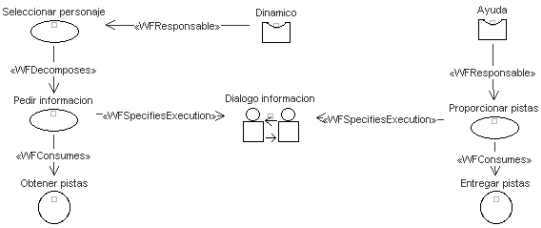


Figura 6. Modelo de Organización por toma

De este modelo se puede extraer la comunicación que tendrá lugar entre los dos agentes descritos. El rol *Dinámico* selecciona el personaje al que realiza la solicitud de información, y éste a través del establecimiento de un diálogo le proporciona la información requerida. En ambos casos, las tareas asociadas a ambos roles cumplen los objetivos establecidos. Los elementos extraídos de este diagrama se utilizan para determinar qué tareas están involucradas en las interacciones que tienen lugar durante la ejecución de la animación. Este paso puede ser obviado, puesto que la definición de las tareas se realiza en una fase posterior a través del Modelo de Tareas y Objetivos. Debido a esto, se recomienda describir este tipo de diagramas en sistemas grandes en los que pueda servir de apoyo para una vista global e interpretación de la escena.

C. Representación jerárquica de objetivos usando el Modelo de Tareas y Objetivos

Se usa este modelo para especificar el orden en el que los objetivos deben ser completados por los agentes. Sin esta descripción, el sistema no se podría iniciar. Por lo tanto, es estrictamente necesaria su definición. En este ejemplo, el diagrama de Tareas y Objetivos que describe la jerarquía consta anecdóticamente de un único objetivo (*Dialogar*), por lo que se omite su ilustración.

Del diagramas de Tareas y Objetivos, se toman los valores de los objetivos para completar la estructura jerárquica. Automáticamente se construirán los métodos y funciones encargadas de gestionar las listas de objetivos principales y secundarios. La Figura 7 muestra un detalle de los distintos paneles modificados automáticamente, cuyos datos son obtenidos del Modelo de Tareas y Objetivos. Reflejan la lista de objetivos, métodos, funciones y propiedades asociadas al ejemplo que se está representando.

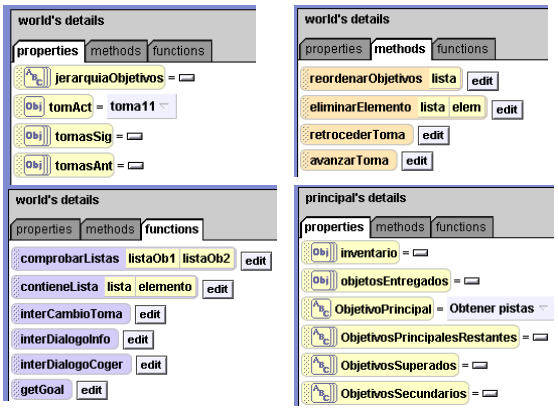


Figura 7. Correspondencias Alice – Modelo Tareas y Objetivos

En el **panel de propiedades** (*properties*) del objeto "*world*" (raíz del proyecto) –imagen superior izquierda- se encuentra una lista ordenada de los objetivos principales del sistema ("*jerarquíaObjetivos*"), así como objetos que contienen una referencia a la toma actual, la siguiente y a la anterior.

En el **panel de métodos** (*methods*) –imagen superior derecha- se encuentran los métodos pertenecientes al entorno, que permiten operar sobre la lista de objetivos. También se puede observar la definición de los métodos que permiten modificar la toma actual del sistema.

La imagen inferior izquierda se corresponde con el **panel de funciones** (*functions*) que contiene aquellas que necesita el entorno para realizar operaciones sobre los agentes, objetos, tomas y objetivos.

Por último, la imagen inferior derecha muestra el **panel de propiedades** (*properties*) del objeto "principal" donde se encuentran los atributos presentes en el personaje principal, objetos de inventario y listas de objetivos.

D. Representación dinámica de Agentes usando el Modelo de Agentes

Los siguientes diagramas que se deben especificar se basan en el Modelo de Agentes. Se aborda la definición de un diagrama por cada agente que integra el proyecto. Para ello, será necesario conocer las capacidades (representadas por tareas) y los objetivos de cada uno de los actores. Permite, por

lo tanto la descripción detallada de los agentes existentes en el sistema. Un ejemplo de diagrama se muestra en la Figura 8.

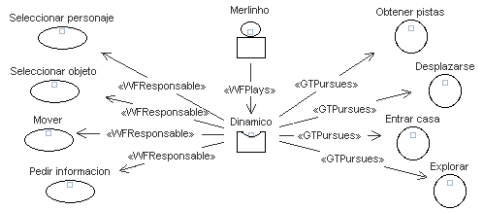


Figura 8. Modelo de Agentes

A través de la definición del Modelo de Agentes, Alice obtiene datos que simbolizan al agente, sus tareas, los métodos que es capaz de ejecutar, y la lista de objetivos que debe cumplir. La imagen de la Figura 9 refleja lo citado anteriormente y posee las propiedades, métodos y funciones que el personaje principal despliega tras obtener la información del modelo de Agentes descrito con INGENIAS. En este caso se ha seleccionado el personaje "*Merlinho*".

El panel de propiedades de la Figura 9 contiene la lista de los objetos ubicados en el inventario, los objetos ya entregados, las listas ordenadas de objetivos y el rol que desempeña el agente seleccionado en ese instante, que se obtiene del modelo de Agentes. La segunda imagen –inferior izquierda- muestra el panel de métodos del objeto. Aquí están presentes los métodos básicos de un personaje dinámico, los de movimiento y cambio de toma y los especificados en el modelo de Agentes como tareas en el modelo de Tareas y Objetivos. La última imagen –inferior derecha- muestra el panel de funciones, donde se encuentran los intercambios con cualquier elemento del entorno, desde información hasta un objeto. Estas funciones representan a las unidades de interacción descritas en el modelo de Interacción que se detalla a continuación.

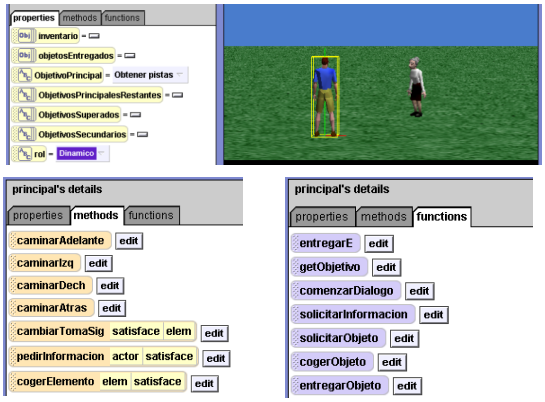


Figura 9. Correspondencias Alice – Modelo de Agentes

Cada nueva funcionalidad que se desee incorporar a un personaje del mundo 3D deberá ser especificada en el diagrama de Agentes correspondiente en INGENIAS como una tarea y será necesario especificar el objetivo (*Dialogar*) que cumple cuando esa tarea se finaliza. Una vez intercambiada la información entre los sistemas IDK y Alice, esto se verá reflejado en el mundo 3D como un nuevo método del personaje representado en Alice, que simboliza el actor de INGENIAS.

E. Representación de los intercambios de información usando el Modelo de Interacción

Para completar el ejemplo de diálogo es necesario hacer uso del Modelo de Interacción, puesto que todos los intercambios de información que ocurren entre dos o más agentes del sistema se deben reflejar como interacciones.

Este diagrama da paso a la representación de los intercambios de información entre los distintos agentes de la escena. Desglosa las acciones de una interacción y permite especificar quienes son los interlocutores y lo que se envían entre ellos.

La Figura 10 muestra el diálogo entre dos agentes, o lo que es lo mismo, la parte fundamental del sistema que sirve de ejemplo:

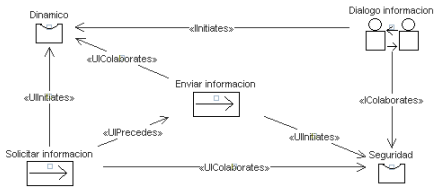


Figura 10. Modelo de Interacción

Cada unidad de interacción incorporada a este modelo consta en Alice como una función asociada al agente que la inicia. Concretamente, la Figura 11 representa las funciones asociadas a las unidades de interacción ilustradas en la Figura 10. Éstas intercambian información y son las funciones las que permiten el paso de valores con la primitiva "*return*". El resto de funciones presentes en los agentes de Alice son *funciones* genéricas que dependiendo del rol que desempeñen se le asignarán automáticamente..

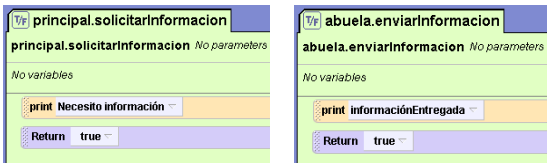


Figura 11. Correspondencias Alice – Modelo Interacción

F. Representación de eventos

La inclusión de eventos en el mundo 3D se puede realizar a través del modelo de entorno, mediante la identificación de diferentes aplicaciones internas que pueden ser utilizadas y compartidas por los agentes dentro de las tareas que satisfacen los objetivos fijados. Sin embargo, en este caso surge una solución más simple con el análisis de los nombres impuestos a las tareas en la especificación INGENIAS, de tal modo que al añadir una tarea que contenga la palabra "*seleccionar*" se incluye un evento de ratón sobre el objeto que se especifique en

el nombre de la tarea. Para ello, existe una base de datos de eventos, donde se busca la referencia que más se asemeje al asociado al objeto. La Figura 12 muestra la creación del evento clic de ratón sobre un agente asociado a la tarea *Obtener pistas*.

Figura 12. Correspondencia Alice – Eventos

G. *Representación del comportamiento usando el Modelo de Tareas y Objetivos*

Para finalizar, será necesario describir detalladamente cada una de las tareas existentes en el sistema a través de los diagramas de Tareas y Objetivos. En estos modelos habrá que describir las entradas y salidas que se producen durante la ejecución de una tarea, así como cuáles son los eventos iniciadores de las mismas. El ejemplo de la Figura 13 contiene la descripción de la tarea "*Proporcionar pistas*" que se inicia cuando se recibe cierta información (*informaciónRequerida*), produciendo otra (*informaciónEntregada*), la cual se utilizará en la interacción, completando así el objetivo "*Entregar pistas*". Además, todo ello modifica el estado mental del agente responsable de la tarea.

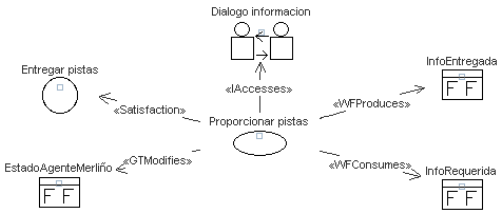


Figura 13. Modelo tareas y objetivos

La especificación de estos diagramas permite proporcionar al modelo de Alice de las características que carecen cada uno de los métodos definidos anteriormente, completando y dotando de integridad al ejemplo de dialogo.

V. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

En la fase de análisis de un proyecto, un prototipo a alto nivel permite al usuario obtener una visión del sistema, retroalimentando su desarrollo con los comentarios del responsable de la producción. En la fase de diseño, y basándose en los requisitos previamente obtenidos, se muestra de forma inmediata parte del funcionamiento del sistema, escenas, controles, interacciones, movimientos, etc. lo que permite determinar su idoneidad y, a su vez, retroalimentar las fases de diseño audiovisual.

El coste de las modificaciones se lleva a cabo a nivel de ingeniería de software, por lo que a nivel financiero no supone ningún desfase con respecto a lo previsto. Se gana en eficiencia y en detección temprana, ya no sólo de posibles errores o carencias en la funcionalidad, sino también en criterios artísticos y de animación.

El proceso de análisis y diseño se lleva a cabo con INGENIAS, una metodología basada en agentes, contrastada, obteniendo una formalización del proceso en el desarrollo de entornos multimedia, donde se carece de un proceso formal de especificación software. El uso del paradigma de software orientado a agentes resulta de una inestimable ayuda. Permite crear comportamientos autónomos inteligentes que ayudan a descubrir nuevas situaciones diferentes que se pueden dar en las escenas.

La principal ventaja del prototipado con Alice radica en la cantidad de elementos de modelado genéricos de los que dispone, los cuales poseen una serie de comportamientos predeterminados asociados. Esto facilita el encontrar objetos que se adapten a cualquier situación que se desee implementar. A pesar de ello, es necesario añadir nuevos comportamientos a estos objetos, lo que implica desarrollar métodos adicionales para ellos en Alice. Una gran ventaja radica en que permite incorporar nuevos elementos diseñados con otras herramientas de modelado 3D, lo que implica mayor capacidad para adecuar el prototipo al sistema final que se pretende obtener.

Actualmente se está trabajando en modelar en INGENIAS nuevas situaciones de comportamiento de los videojuegos basados en aventuras gráficas, y su generación automática de Alice [13], y como trabajo futuro se pretende poder definir desde Alice los cambios y/o mejoras del Storyboard Interactivo y que estos sean automáticamente llevados a la especificación modelada en INGENIAS.

[1] Bailey, B.P ., J.A. Konstan & J.V.Carlis. DEMAIS: Designing Multimedia Applications with Interactive Storyboards. In Proc. ACM Multimedia, 2001, pp. 241-250

[2] P.J. Molina, S. Martí, & O. Pastor "Prototipado rápido de interfaces de usuario" In Proceedings of IDEAS 2002. ISBN: 959-7160-14-5. La Habana, Cuba. April, 2002.

[3] Wooldridge, M. (1997). Agent-Based Software Engineering. *IEEE Proc On Software Engineering, 144*, (págs. 26-37).

[4] Mas, A. (2004). Agentes Software y Sistemas Multiagente. Conceptos, arquitecturas y aplicaciones. Pearson.

[5] Muñoz, N., Cobos, C., Ribera, W., López, J., & Mendoza, M. (2010). Uso de la metodología GAIA para modelar el comportamiento de personajes en un juego de estrategia en tiempo real. *Rev. Fac. Ing. Univ. Antioquia N.° 53*, 214-224.

[6] Pavón, J., & Gómez-Sanz, J. (2003). Agent oriented software engineering with INGENIAS. *Multi-Agent Systems and applications III* (págs. 394-403). Springer-Verlag.

[7] Pavón, J., Gómez-Sanz, J., & Fuentes, R. (2006). Model Driven Development of Multi-Agent Systems. *Lecture Notes in Computer Science* (págs. 284-298). Springer.

[8] Randy Pausch, et al., Alice: A Rapid Prototyping System for Vitrual Reality, IEEE Computer Graphics and Applications, May 1995 8-11.

[9] Conway, M. J. (1997). *Alice: Easy-to-Learn 3D Scripting for Novices.* Charlottesville: School of Engineering and Applied Science.

[10] http://www.alice.org/

[11] Moreno, A., & Pavón, J. (2008). *Issues in Multi-Agent Systems.* Basilea, Suiza: Birkhäuser Verlag.

[12] Russell , S., & Norvig, P. (2009). *Artificial Intelligence: A Modern Approach.* Pearson.

[13] Edgar Bolaño Rodríguez, Juan Carlos González Moreno, David Ramos Valcárcel, Luis Vázquez López. *Using multi-agent Systems to visualize text descriptions*. PAAMS 2011

Ingeniería de Software Orientada a Agentes para el Modelado de Aventuras Gráficas

David Ramos Valcárcel
Dept. Lenguajes y Sistemas Informáticos
ESEI - Universidad de Vigo
Vigo, España
david@uvigo.es

Abstract— **Hoy en día, existe una considerable mejora de las herramientas de desarrollo en el ámbito de la multimedia que no va acompañada de un avance similar en los procesos de ingeniería de software que le dan soporte. En los desarrollos basados en videojuegos, se usan conceptos que están estrechamente ligados y correctamente fundamentados en la Ingeniería de Software Orientada a Agentes. Con esta base, este artículo presenta un proceso de modelado que, basado en la metodología INGENIAS, da soporte al modelado de una aventura gráfica lúdico-educativa.**

Keywords: Multimedia, Ingeniería de Sofwtware Orientada a Agentes, Juego, Aventura Gráfica, Animación

I. INTRODUCTION

La evolución del software y de las herramientas que dan soporte a los sistemas multimedia ha crecido exponencialmente en los últimos años. Sin embargo, la proliferación de estos entornos de desarrollo no ha ido acompañado de un trabajo paralelo y de igual intensidad en los procesos de ingeniería de software. Actualmente, se intentan modelar conceptos que son ya ampliamente soportados por los lenguajes de programación, pero la ausencia de estándares hace que afloren multitud de alternativas de modelado centrados en identificar y representar elementos y patrones de comportamiento genéricos, obviando características propias de sistemas tan complejos como son los videojuegos basados en aventuras gráficas.

Al considerar los problemas típicos que surgen al modelar el desarrollo de una aventura gráfica, generalmente se observa la necesidad de representar personajes que juegan determinados roles y elementos principales con los que se interactúa (vehículos, enemigos, armas, etc.), rivales contra los que competir. También es necesario escenificar todo un entorno animado secundario, que es representado por el mundo en el que se transcurre la animación.

Así, el personaje principal de la animación desempeña en cada momento las tareas indicadas por el usuario y juega el papel de actor de un guión que se elabora dinámicamente. Es decir, el usuario controla al *personaje* y este interactúa con el entorno cambiando su aspecto visual según el *estado mental* y el *rol* que en ese momento desempeña. Del mismo modo, se da la posibilidad al usuario de *interactuar con el entorno* directa e independientemente del control que ejerce sobre el personaje. Por lo tanto, el jugador puede comunicarse con el mundo que lo rodea, e intentar llevar a cabo las *acciones o tareas* que le permitan alcanzar el *objetivo* propuesto en la aplicación. De este resumen de actividades básicas se obtienen términos como *personaje, estado mental, rol, interactuar, entorno y objetivo,* que son conceptos que están directamente ligados y correctamente fundamentados dentro del paradigma de Ingeniería de Software Orientado a Agentes [1].

En las aplicaciones del mundo del entretenimiento existen juegos como World of Warcraft [2] donde el usuario forma parte de un *grupo* mayor de jugadores que se *asocian* y *colaboran* con un fin común. Además, compiten contra otros individuos que a su vez tienen objetivos diferentes [3]. En este caso, se crean grupos organizados de jugadores que persiguen un propósito común y donde cada uno, de manera independiente, ejecuta acciones que influyen en el comportamiento del grupo y del entorno.

Una situación común en estos videojuegos se da cuando los usuarios rivalizan contra individuos que evolucionan, se comportan de manera autónoma e interactúan siendo controlados por el propio sistema. Estos jugadores pueden ser programados basándose en técnicas de Inteligencia Artificial que dotan al juego de mayor dinamismo y de cierta capacidad para adaptarse al usuario, adecuando la dificultad y los niveles del juego a la habilidad del jugador. A partir de estos juegos de *colaboración,* han ido apareciendo otros, en los que el carácter lúdico tiene tanta importancia como el social. Un ejemplo de ello lo representa el juego "Los Sims" [4], donde se busca más la *habilidad social*, a través de la construcción de un mundo paralelo, llevando a cabo experiencias sociales que no son fáciles de alcanzar en la vida real. En este tipo de entornos se observan situaciones que reproducen ciertas reacciones naturales y físicas del mundo real y otras, en cambio, se omiten creando nuevas reglas.

Ante la falta de una metodología que se adapte adecuadamente al modelado de estos sistemas multimedia, nos encontramos propuestas metodológicas procedentes de la Ingeniería de Software Orientada a Agentes (ISOA) [5], que maneja conceptos fácilmente relacionables y coincidentes. En

el *paradigma de Software Orientado a Agentes*, trabajar con personajes (*Agentes*) que juegan roles, interaccionan y realizan acciones y/o tareas en función de su estado mental para conseguir satisfacer los objetivos planteados, es algo natural y habitual. Centrándonos en los mundos virtuales o en los juegos de acción social, tenemos una estrecha vinculación entre agentes y personajes, tareas y actividades, objetivos y metas a conseguir, que acercan el modelado con agentes a este tipo de entornos.

Tomando como base la metodología INGENIAS [6], este artículo se centra en identificar cómo y cuándo usar los metamodelos que éste proporciona, indicando en qué momento se deben llevar a cabo y cuáles son las relaciones que definen su aplicación. Así, en la siguiente sección se hará un repaso a las metodologías que dan soporte al software multimedia. En la sección III se expone un caso de estudio modelado con INGENIAS. Finalmente, en la sección IV se presentan las conclusiones obtenidas y el trabajo futuro.

II. ESTADO DEL ARTE

La actual situación de la Ingeniería del Software permite cubrir con suficiencia los estándares de desarrollo que a lo largo de los últimos años se han ido implementando. Los procesos Orientados a Objetos (OO) son cubiertos en su totalidad por las diferentes tendencias, pero no pasa así con la especificación de los dominios en entornos multimedia. Aunque existen multitud de herramientas de desarrollo que permiten implementaciones relativamente sencillas, el tiempo, el esfuerzo y el coste son elevados. Estos sistemas resultan complejos y muy especializados por lo que el trabajo se centra en la fase de desarrollo. Generalmente, se obvian los procesos de análisis y diseño, lo que provoca un gran salto entre los conceptos de dominio de la aplicación (que conllevan especificaciones muy extensas) y el nivel de implementación.

Concretamente, las primeras aproximaciones al modelado de sistemas multimedia nacen del intento de representar entornos hipermedia o web como en HDM [7] que resalta la necesidad de separar la información que se almacena, de la que finalmente se le presenta al usuario. A partir de esta propuesta han surgido otras como OOHDM [8] que han asumido estas ideas y definen metodologías orientadas a objeto para el diseño de aplicaciones multimedia. Del mismo modo, OMMMA-L [9] se caracteriza por extender UML para intentar representar las particularidades de un sistema multimedia, y cubrir las carencias existentes en este ámbito, pero no permite definir las características de los diferentes tipos de posibles elementos multimedia ni de propiedades que definen su comportamiento.

Una propuesta sumamente interesante para el modelado de los sistemas multimedia, pero enfocada en los entornos virtuales, es VR-WISE [10]. Esta metodología intenta modelar, de un modo acertado, las relaciones espaciales entre los objetos, es decir, tanto su posicionamiento, forma y orientación como las relaciones existentes con los otros objetos con los que interactúa. A pesar de la importante aportación al modelado de mundos virtuales, VR-WISE presenta todavía ciertas limitaciones ya que no se contemplan, por ejemplo, la concatenación de restricciones entre objetos, el modelado del audio y la comunicación, o el modelado de las propiedades del propio mundo como cámaras, puntos de vista, las fuentes de luz y sombras.

III. CONOCIMIENTOS PREVIOS:INGENIAS

La propuesta de este artículo se ha centrado en el uso de la metodología INGENIAS, que se ha aplicado con éxito en el desarrollo de Sistemas Multiagentes en dominios varios, tales como: guías turísticas para móviles [11], los sistemas basados en conocimiento [12], la vigilancia [13] y la simulación social [14].

De un modo más detallado, **INGENIAS** se centra en el desarrollo de Sistemas Multiagente (SMA) [15] y da soporte a través de la herramienta INGENIAS Developtment Kit (IDK), que permite modelar, documentar y generar código automáticamente. Está basada en MESSAGE, por lo que aprovecha la definición de meta-modelos (una descripción de alto nivel acerca de los elementos que posee el modelo) para especificar los elementos que se pueden usar para describir cada uno de los aspectos que constituyen un sistema multiagente.

El método de desarrollo de SMA propuesto en INGENIAS concibe éste como la representación de un conjunto de modelos. Cada uno de estos modelos muestra una visión parcial del sistema: los agentes que lo componen, las interacciones que existen entre ellos, cómo se organizan para proporcionar la funcionalidad del sistema, qué información es relevante en el dominio y cómo es el entorno en el que se ubica el sistema a desarrollar.

- El **metamodelo de organización** define cómo se agrupan los agentes, la funcionalidad del sistema y qué restricciones hay que imponer sobre el comportamiento de los agentes. En el caso de estudio que veremos a continuación, se usará para obtener dos vistas: *Modelo de Organización General* y *Modelo de Organización a nivel de Escena*.
- El **metamodelo de objetivos y tareas** identifica los objetivos generales y los descompone en objetivos más concretos que se pueden asignar a agentes. Desglosa cada una de las tareas de las que son responsables, de tal modo que se especifica lo que permite esa tarea y los flujos de información que se generan en su ejecución. Este modelo relaciona también el estado mental de los agentes con las tareas que realizan. Aporta información acerca de:
    - Cómo afecta una tarea a un objetivo.
    - Herencia entre hechos y objetivos.
    - Descomposición de tareas como de objetivos.
    - Descripción detallada de elementos.
    - Restricciones.
- El **metamodelo de agente** permite la descripción detallada de los agentes participantes. Se descompone en dos partes: por un lado el comportamiento del

mismo (tipo de control, especificación del estado mental) y por el otro sus responsabilidades (tareas, objetivos y roles).

- El **metamodelo de interacción** describe que interacciones existen entre los agentes y los roles. Representa los intercambios de información entre los distintos agentes de la escena. Además, desglosa las acciones de una interacción y especifica lo que se envían los interlocutores, determinando quienes son los emisores y receptores de dicha información.
- El **metamodelo de entorno** define qué existe alrededor del nuevo sistema y cómo lo percibe cada agente. Permite representar los recursos, aplicaciones y agentes que contendrá el sistema, definiendo las asociaciones de los agentes con las entidades y el mecanismo utilizado para recibir datos del entorno.

En el caso que nos ocupa y basándonos en el aporte que supone una metodología como INGENIAS y un soporte como el IDK, realizaremos una **especificación** que nos permita **modelar un entorno multimedia basado en un videojuego a modo de aventura gráfica**, identificando los metamodelos, su uso y las fases necesarias en su elaboración.

IV. CASO DE ESTUDIO

El ejemplo seleccionado se basa en un juego a modo de aventura gráfica, en la que el jugador controla a un personaje principal denominado "Merliño", que interactúa con el entorno y colabora con otros personajes intentando resolver los problemas que un demonio llamado "Xerión" y otros *enemigos* provocan por zonas muy concretas de la geografía gallega. Estos lugares están vinculados con leyendas específicas y dotan al juego de un carácter lúdico/educativo, tanto de la cultura popular de la Galicia más profunda, como del conocimiento de la propia lengua. Así, el juego se divide en una serie de escenarios (localizaciones) subdivididos en escenas (zonas concretas) donde se ejecuta la acción.

A lo largo de un periodo de varios meses se han realizado diferentes versiones con INGENIAS, tratando de definir una aproximación que proporcione un enfoque adecuado para representar este modelo.

Teniendo en cuenta estos aspectos como marco de investigación, los siguientes apartados describen el uso de los metamodelos de INGENIAS para representar sistemas multimedia complejos a través de sus respectivas especificaciones en entornos virtuales interactivos.

A. Modelo de Casos de Uso

En el sistema desarrollado se describe una *escena* como una zona en la que transcurre la acción, mientras que las *tomas* hacen referencia a las situaciones concretas que tienen lugar en dicha escena. En este sentido, el Modelo de Casos de Uso se utiliza con el fin de extraer la estructura de las escenas y tomas que componen el juego y sus posibles relaciones.

Esto permite identificar cuántas veces se puede llevar a cabo una escena o toma. A su vez, a través de las propiedades del diagrama podemos plasmar el guión del juego para cada caso de uso, incluyendo los elementos claves, zonas de tránsito entre escenas y requerimientos necesarios de objetos, habilidades, aptitudes y su uso.

La Figura 1 muestra un ejemplo de la primera fase del juego en el que se puede ver que el sistema modelado está formado por una única escena "*Jugar en la Casa de la Abuela*" y ésta está compuesta por tres tomas "*Iniciar Dialogo*, "*Buscar en la Casa*", "*Descubrir Desván*".

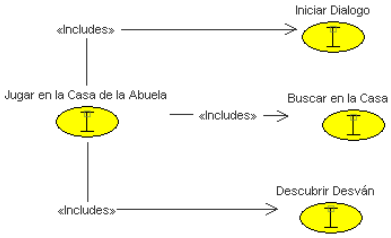


Figura 1. Modelado de Casos de Uso

B. Modelo de Organización

Cada personaje del juego es representado por un agentes y su actitud está vinculada al rol que desempeña en cada momento. Cada uno de ellos deberá formar parte de un grupo principal o de alguno de los subgrupos en los que se descompone.

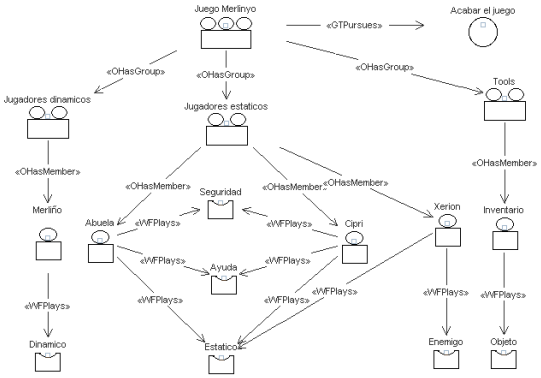


Figura 2. Modelo organización general.

Aplicabilidad en el juego: El modelo de Organización se utiliza con el fin de realizar una disposición inicial de todos los agentes que intervienen en el sistema. Para ello se emplean como mínimo los elementos de INGENIAS de tipo: "*Organization*", "*OrganizationGroup*", "*Goal*", "*Role*", "*Agent*".

En el ejemplo de la Figura 2, se puede apreciar que existen tres subgrupos: "*Jugadores estáticos*", "*Jugadores dinámicos*" y "*Tools*". Esta división se ha hecho en base a los personajes que son controlados por el usuario final (Dinámicos), aquellos que son autónomos (Estáticos), los que se encargan de asegurar la integridad de las transacciones realizadas entre agentes, y el entorno (Tools). Los subgrupos están formados por personajes que pueden desempeñar uno o más roles a lo largo de las distintas escenas y tomas que componen el juego. En el diagrama están presentes roles como "Seguridad", "Dinámico", "Enemigo", "Objeto" y "Ayuda".

Además, este modelo se utiliza para especificar, en cada una de las Tomas, toda la acción que transcurre en ellas y obtener así una visión global de la trama. Son los roles los que se vinculan a las tareas que se pueden ejecutar, lo que puede dar lugar a interacciones a modo de diálogos entre los agentes que los representan.

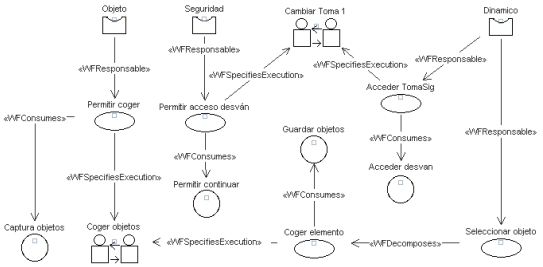


Figura 3. Modelo organización a nivel de escena.

Un ejemplo de este uso está ilustrado en la Figura 3, de donde se puede extraer que los agentes que juegan el rol "*Dinámico*", pueden llevar a cabo interacciones con agentes que desempeñan el rol "*Seguridad*" y/o "*Objeto*". Estos diálogos se inician cuando se ejecutan las tareas que permiten acceder a la toma siguiente o coger un elemento, presente en el escenario y que dará lugar a una conversación entre ambos agentes.

C. Modelo de Tareas y Objetivos

El modelo de Tareas y Objetivos permite desglosar cada una de las tareas de las que son responsables los jugadores (representados por los agentes), de tal modo que se especifica lo que permite esta tarea y los flujos de información que son generados en su ejecución. Este modelo relaciona también el estado mental de los agentes con las tareas que realiza.

Aplicabilidad en el juego: Se utilizan en cada una de las tomas especificando una a una, todas las tareas que se ejecutan en las mismas, por lo que son necesarios tantos modelos como tareas existan. Para una representación con un mínimo de semántica se hace uso de los elementos de tipo: "*Task*", "*Goal*", "*Conversation*", "*Interaction*", "*FrameFact*" y "*AplicationEvent*"

Dentro de cada toma, las tareas crean y acceden a las conversaciones en las que tienen lugar intercambios de información entre los agentes. Estos tipos de intercambios de información son representados por las relaciones: "*WFProduces*", "*GTCreates*" y "*WFConsumes*". A su vez, éstas vinculan a la tarea uno o varios "*FrameFacts*", que son básicamente los elementos o el contenido del intercambio. Las tareas se pueden ver como simples métodos o funciones de un algoritmo y las relaciones se corresponden con el valor de retorno de una función, la definición de una variable local y el paso de parámetros. En la Figura 4 puede observarse un ejemplo de diagrama de tareas y objetivos especificando la tarea "*Pedir información*".

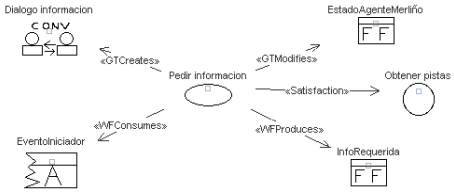


Figura 4. Modelo de tareas y objetivos - Especificación tarea.

En dicha figura puede verse como la tarea se inicia en el momento que tiene lugar el evento "*EventoIniciador*". Este evento puede referirse a una acción de ratón o teclado que invoque dicha solicitud. En ese momento, se crea la conversación "*Diálogo información*", produciéndose el *FrameFact (FF)* "*InfoRequerida*" y completando así el objetivo que se perseguía, definido por "*Obtener pistas*". Por último, y como consecuencia de la obtención de nuevo conocimiento, se actualiza el estado mental del agente.

Es común, en este tipo de juegos, la necesidad de establecer *objetivos principales y subobjetivos* cuya ejecución indivualizada permite alcanzar logros mayores. Por ello, otro de los usos que se está dando a este tipo de diagrama es el de **especificar la jerarquía general entre los objetivos** de la escena para conocer la precedencia y dependencias de cada uno de ellos. En lo relativo a este uso, destaca el empleo de las relaciones:*"GTDepends","GTAndDepends", GTOrDepends" y "GTDecomposes",* las cuales permiten marcar las relaciones básicas entre los objetivos principales.

La Figura 5 ilustra un ejemplo de diagrama de tareas y objetivos, especificando la jerarquía entre los objetivos del sistema y las relaciones de dependencia existentes entre ellos. Concretamente, en el diagrama se observa que, para alcanzar el objetivo "*Capturar objetos*", es necesaria la consecución del objetivo "*Guardar objetos*" y, en el caso de este último, se necesita la obtención de otros tres.

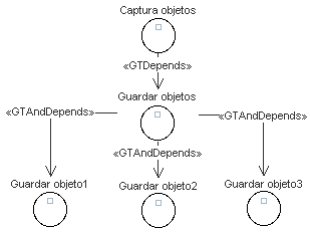


Figura 5. Modelo de tareas y objetivos - Jerarquía objetivos.

D. Modelo de Agentes

En el mundo de los videojuegos tiene especial importancia el desarrollo de los personajes y las características, habilidades y objetivos que cada uno posee. A través de modelo de Agentes podemos representar las características que definen el comportamiento de un agente y los cambios asociados a la consecución de objetivos y adquisición de conocimientos marcados por los cambios en su estado mental.

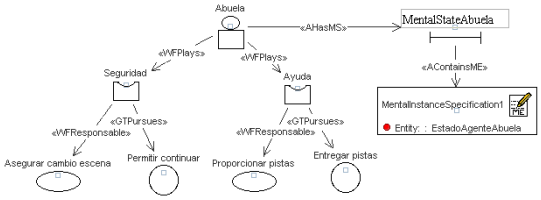


Figura 6. Modelo de agentes.

En la Figura 6 se ilustra cómo el agente "*Abuela*" es capaz de desempeñar dos roles: "*Seguridad*" o "*Ayuda*". Cada uno de ellos presenta una serie de tareas y objetivos distintos. La tarea "*Asegurar cambio escena*", vinculada al rol "*Seguridad*", es la que permite que el personaje sea capaz de habilitar el paso a la siguiente escena. Por otro lado, la tarea "*Proporcionar pistas*", asociada al rol "*Ayuda*", facilita información al agente. El agente tiene a su vez asociado el estado mental, vinculado a través de la instancia "*MentalInstanceSpecification1*" al "FrameFact" "*EstadoAgenteAbuela*", que será modificado por una tarea modelada previamente con un diagrama de Tareas y Objetivos.

Las relaciones entre las tareas y objetivos no están presentes en este diagrama puesto que este modelo no debe reflejar tales relaciones, siendo el modelo de Tareas y Objetivos el que se usa para su representación.

Aplicabilidad en el juego: Se ha realizado un agrupamiento de todos los diagramas de agentes, **especificando** en cada diagrama un **único agente**, con todos los roles que es capaz de desempeñar a lo largo del juego. Como mínimo, un agente está relacionado con una instancia de estado mental. Los elementos básicos de este diagrama son: "*Task*", "*Goal*", "*Role*", "*Agent*", "*MentalState*" y "*MentalInstanceEspecification*". Es muy importante que las tareas que pertenezcan a roles distintos sean también distintas, puesto que si no entrarían en conflicto a la hora de ejecutarlas.

E. Modelo de Interacción

La comunicación entre los jugadores es una característica básica de los juegos de aventura, ya que, de su colaboración, depende muchas veces el resultado final. Además, la interacción con el resto de los elementos de la escena genera una serie de acciones que se reflejan en este modelo

El estudio de las interacciones debe cubrir los siguientes aspectos:

- Actores que participan.
- Jerarquía sobre las unidades de interacción.
- Acciones ejecutadas en la interacción.
- Contexto de interacción.
- Modelo de control.

Aplicabilidad en el proyecto: Todas las tomas presentan como mínimo un diagrama de interacción, puesto que, como mínimo se lleva a cabo una conversación entre agentes en cada una de ellas. Los elementos básicos de este diagrama son: "*Interaction*", "*InteractionUnit*", "*Role*" y "*GRASIASpecification*".

Es especialmente importante especificar dentro de las unidades de interacción el tipo de intercambio que se realiza entre los agentes y cuáles son los "*FrameFacts*" que se intercambian, puesto que esta información se relaciona con los diagramas de Tareas y Objetivos de la misma toma. Las relaciones "*UIPrecedes*" definen el orden de ejecución de la conversación e incluyen en todos los diagramas de interacción la conversación precedente a excepción de la última. A continuación, en la Figura 7 se muestra un ejemplo del modelo.

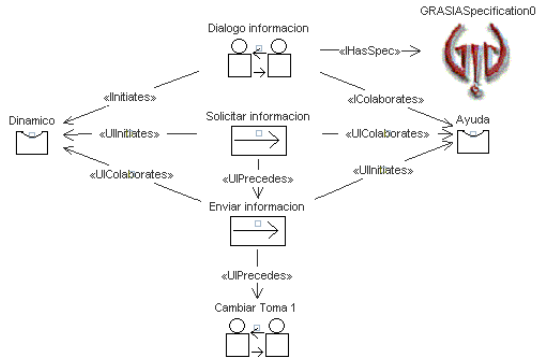


Figura 7. Modelo de interacción.

Puede observarse como el agente que desempeñe el rol "*Dinámico*" es el encargado de iniciar la interacción "*Solicitar información*" con un agente que juegue el rol "*Ayuda*". Éste, a su vez, responderá iniciando la siguiente unidad de interacción "*Enviar información*". También podemos ver reflejado la existencia de un diálogo que se ejecuta después de enviarse la información.

F. Modelo de Entorno

Es habitual el uso de recursos externos y aplicaciones en los videojuegos, más aún en juegos colaborativos en red, por lo que este modelo aporta la asociación necesaria entre los agentes y su uso.

Aplicabilidad en el juego: Los elementos básicos para la especificación de este modelo son: "*Agent*", "*InternalAplication*" y "*Resource*". Como mínimo se debe

relacionar un agente con su interfaz de inicialización y con el evento al que reacciona esta interfaz para ser inicializada.

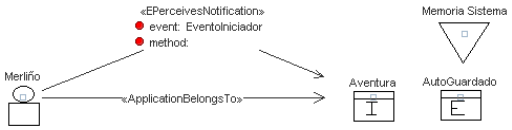


Figura 8. Modelo de entorno.

El diagrama de la Figura 8 representa, el agente "*Merliño*" (Jugador), que es el responsable de iniciar la aplicación, la cual responderá a un evento que únicamente puede ser ejecutado por este agente. El recurso "*Memoria Sistema*" representa la capacidad del sistema donde el entorno está siendo ejecutado, mientras que la aplicación externa "*Auto Guardado*" permite el almacenamiento del progreso del juego automáticamente cada vez que se alcanzan ciertos hitos o transcurre un tiempo.

G. Modelo de Despliegue

Permite especificar qué agentes se inician con el sistema y el número de instancias de cada uno de ellos. Este diagrama es esencial para el correcto funcionamiento de la especificación.

Aplicabilidad en el juego: En el proyecto es suficiente con añadir un componente de tipo "*DeploymentPackage*" y especificar una instancia de cada uno de los agentes que intervienen en la escena así como su estado mental inicial.

V. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

El uso de INGENIAS en el modelado aporta un conjunto de metamodelos que permiten cubrir las necesidades de especificación que se encuentran en los juegos basados en aventuras gráficas, y que se pueden extrapolar a los entornos multimedia en general.

Una vez finalizada esta primera versión estable con INGENIAS, se ha llegado a la conclusión de que el modelado de un entorno multimedia utilizando metodologías orientadas a agentes es perfectamente viable. De hecho, se ha comprobado que el modelo conseguido dota de mayor significado a cada uno de los elementos, donde se aprecian claramente las bondades del uso de esta metodología. Además, es importante tener en cuenta que INGENIAS cuenta con herramientas de apoyo no sólo para el modelado, sino también para el desarrollo y la realización de pruebas, siendo IDK la herramienta principal que se oferta.

Actualmente se está trabajando en adecuar la propuesta a nuevos desarrollos basados en videojuegos [16] y a los entornos multimedia en general centrados en la animación interactiva 3D. Se está implementando un sistema que genera un prototipo rápido, denominado "S*toryboard Interactivo"* con Alice [17][18], que proporciona una aproximación 3D del modelo realizado con INGENIAS de manera automática.

Además, también se pretende definir el modelo usando la propuesta de estandarización FAML [19] para facilitar la utilización de cualquier otra metodología basada en agentes que pueda ser de utilidad en la especificación de sistemas multimedia y que se ajuste y sea coherente con los elementos de modelado propuestos.

[1] Wooldridge, M. (1997). Agent-Based Software Engineering. *IEEE Proc On Software Engineering, 144*, (págs. 26-37).

[2] http://eu.battle.net/wow/es/

[3] Nardi, B., & Harris, J. (2006). Strangers and friends: collaborative play in world of warcraft. Proceedings of the 2006 20th anniversary conference on Computer Supported Cooperative Work (CSCW). New York: ACM .

[4] http://thesims.ea.com/

[5] Mas, A. (2004). Agentes Software y Sistemas Multiagente. Conceptos, arquitecturas y aplicaciones. Pearson.

[6] Pavón, J., & Gómez-Sanz, J. (2003). Agent oriented software engineering with INGENIAS. *Multi-Agent Systems and applications III* (págs. 394-403). Springer-Verlag.

[7] Garzotto, D. S. (1993). HDM - A Model Based Approach to Hypermedia Application Design. ACM Transactions on information Systems, (págs. 1-26).

[8] Schwabe, D., & Rossi, G. (1998). Developing Hypermedia Applications using OOHDM. *Workshop on Hypermedia Development Process. Methods and Models Hypertext 98.* Pittsburg, USA.

[9] Sauer, S., & Gregor, E. (1999). Extending UML for Modeling of Multimedia Applications: OMMMA-L. In Proceedings of the IEEE Symposium on Visual Languages – VL´99 (págs. 80-87). IEEE Computer Society.

[10] De Troyer, O., Kleinermann, F., Pellens, B., & Bille, W. (2008). Conceptual Modeling for Virtual Reality. ACM International Conference Proceeding Series (págs. 3-18). Australian Computer Society, Inc.

[11] Pavón, J., Corchado, J., Gómez-Sanz, J., & Ossa, L. (2004). Mobile Tourist Guide Services with Software Agents. Mobility Aware Technologies and Applications vol. 3284 de Lecture Notes in Computer Science (págs. 322-330). Springer.

[12] Soto, J., Vizcaíno, A., Portillo, J., & Piattini, M. (2006). Modelling a knowledge management system architecture with INGENIAS methodology. Proceedings of the 15th International Conference on Computing (págs. 167-173). IEEE Computer Society.

[13] Pavón, J., Gómez-Sanz, J., Fernández-Caballero, A., & Valencia-Jiménez, A. J. (2007). Development of intelligent multisensor surveillance systems with agents. Robotics and Autonomous Systems, (págs. 892-903).

[14] Pavón, J., Arrollo, M., Hassan, S., & Sansores, C. (2008). Agent-based modelling and simulation for the analysis of social patterns. Pattern Recognition Letters vol. 29(8), (págs. 1039-1048).

[15] Moreno, A., & Pavón, J. (2008). *Issues in Multi-Agent Systems.* Basilea, Suiza: Birkhäuser Verlag.

[16] Edgar Bolaño Rodríguez, Juan Carlos González Moreno, David Ramos Valcárcel, Luis Vázquez López. *Using multi-agent Systems to visualize text descriptions*. PAAMS 2011

[17] Conway, M. J. (1997). *Alice: Easy-to-Learn 3D Scripting for Novices.* Charlottesville: School of Engineering and Applied Science.

[18] http://www.alice.org/

[19] Ghassan, B., Low, G. C., Henderson-Sellers, B., Mouratidis, H., Gómez-Sanz, J. J., Pavón, J., y otros. (2009). FAML: A Generic Metamodel for MAS Development. IEEE Trans. Software Eng. 35(6), 841-863.

A programming tool to ease modular programming with C++

J. Baltasar García Perez-Schofield
Dpt. of Computer Science, University of Vigo
Edif. Fundición, s/n. Campus As Lagoas-Marcosende
Vigo, España
jbgarcia@uvigo.es

Francisco Ortín
Dpt. of Computer Science, University of Oviedo
Calvo Sotelo s/n. 33007.
Oviedo, España
ortin@uniovi.es

Abstract— **Module management support is very rough in the C and C++ programming languages. Modules must be separated in interface and implementation files, which will store declarations and definitions, respectively. Ultimately, only text substitution tools are available, by means of the C/C++ preprocessor, which is able to insert an interface file in a given point of a translation unit. This way of managing modules does not take into account aspects like duplicated inclusions, or proper separation of declarations and definitions, just to name a few. While the seasoned programmer will find this characteristic of the language annoying and error-prone, students will find it not less than challenging. In this document, a tool specially designed for improving the support of modules in C++ is presented. Its main advantage is that it makes it easier to manage large, module-based projects, while still allowing to use classic translation units. This tool is designed for students who have to learn modular programming; not only those in the computer science discipline, but also those in other engineerings in which programming is part of the curriculum.**

Keywords: Learning, module management, preprocessor, compiler, C++.

I. INTRODUCTION

The C++ programming language has its origin in C, which itself has its origin between 1969 and 1973 [16]. From that date of birth, the C programming language has undergone various changes, firstly by its author, Dennis Ritchie, later by an ISO standardization committee (ISO JTC1/SC22/WG14). Similarly, C++ was born at the beginning of 1990 decade, created by Bjarne Stroustrup [17], and taking the existing C programming language at that time as basis. It has evolved heavily, firstly due to its author, and lately by an ISO standardization committee (ISO JTC1/SC22/WG21) [19].

Since other, more recent programming languages have not had such a long history (Java [15], or C# [9]), they have successfully solved many problems found in C and C++, avoiding them due to a fresh design start (a fresh start has the advantage of peventing backwards compatability problems). In fact, the author of C++ has himself made various proposals regarding the simplification of his programming language [20], empowering new characteristics such as the use of STL library or the explicit support of modular programming itself and making programming simpler or homogeneous, meaning that ambiguities are kept to a minimum.

A. Motivation

As in many other computer science faculties (for instance, [4]), we have selected C++ to be the language of choice for the first courses. While in the first course it is preferred over C because of some higher abstractions (for instance, argument passing by reference), it does also share the same basic syntax with many other programming languages. Although C-like syntax is often criticized, its use is broadly considered an advantage, as learning the syntax part of the programming language is time saved for other future programming languages, such as Java and C#.

C++ was actually not designed for education: it was designed for providing to C a higher programming paradigm such as object-oriented programming, while maintaining its performance. C syntax was also designed to be minimal, not simple or easy to understand. Thus, it is not surprising that its characteristics have a large room for improvement from an educational point of view, while still being a highly successful programming language.

One of the main challenges we have detected students must face with is module management, in which C++ provides no better abstraction than C. While in other programming languages, such as C#, or Java, modules are specified with high detail, and even automatically managed by programming environments [5], in C or C++ modules are simply source code scattered in various files (called translation units in C terminology). The rules regarding how programs should be factorized in translation units are clearly specified; however, the relationship among the modules of the application and the translation units which compose that application are not stated [4].

An example illustrating the common problems when facing modular programming in C++ follows. The objective of such a simple example would be to create a very simple module in which the *PI* constant and the *sqr()* function are defined. The programmer will have to firstly understand that, in C and C++, there is a separation of modules between the so called header file (declarations, a *.h* file), and the implementation file (definitions, a *.cpp* file). It is a good practice to divide declaration and definition parts of modules, clearly stating the interface of each module with the rest. However, the mandatory division in two files is not even common currently. This is just done in C++ that

This work has been partially funded by the Department of Science and Technology (Spain) under the National Program for Research, Development and Innovation; project TIN2008-00276 entitled "Improving Performance and Robustness of Dynamic Languages to develop Efficient, Scalable and Reliable Software".

way because of the primitive mechanisms available at the time when it was designed. These mechanisms for module programming support are just simple text substitution. After all, many other modern programming languages support modular programming. They emphasize module interfaces, without the necessity of creating two different files (their linkers are able to extract that information automatically).

Next, students will have to understand that the implementation file needs to include its own interface as well, for just in case the constant *PI* is used inside it.

```
// math.h
#ifndef MATH_H
#define MATH_H
const double PI = 3.1415927;
double sqr(double x);
#endif
```

```
// math.cpp
#include "math.h"
double sqr(double x)
        { return x * x; }
```

Finally, students will have to create and use the so called header guards (MATH_H in the code above), for the case in which the header is included more than once in a single translation unit (that would duplicate the existence of any class declared or constant defined in the header file, the very case of PI above). There are workarounds for avoiding this problem in this very simple example, (though it involves learning the meaning of the *extern* modifier), but header guards are required more often than not, so the beginner will have to understand the (very low-level) basics of the preprocessor, and get used to creating them for any header file.

In this document, the *Cp*^{3}-- tool is presented, allowing to program in a simplified C/C++ subset, specifically in regard to module management. The remaining parts of the document are presented after this section: firstly, the state of the art is discussed, and then the main characteristics of the preprocessor are detailed. Some cases of study are then explained so it is possible to study the main advantages of the tool. Finally, results and initial performance measurements are shown, following the conclusions.

II. THE HELP GIVEN BY THE MODULE MANAGER PROTOTYPE

Although this module manager was designed for the standard ISO C++ programming language, the authors took two main design decisions, for the sake of simplicity. The first one was to simplify data declarations, avoiding unneeded and undesirable ambiguity (inherited from C). Along with this decision, it was also stated that the C++ subset chosen for this dialect should be left unchanged, i.e. apart from the obvious differences due to the utility of this tool itself, there shouldn't be any difference in the programming language. The learning curve would thus be as smooth as possible. The objective is for novel programmers to find it more homogeneous and more coherent than standard C++, which would again be translated in a smooth learning curve. Seasoned C++ programmers should be able to get full advantage of the system in a matter of minutes, while novel ones could avoid C++ complexities.

The complexities of the programming language have been exposed repeatedly in time. Frequently, it has been said that a subset of C++ is trying to get out from a language [20] that is so firmly rooted in C, thus exporting a very complex syntax. For instance, it is possible to use signed and unsigned characters; it is possible to mark as constant a pointer, the content it is pointing to, or even both... these and similar other characteristics are interesting in some specialized contexts, but from the educational point of view, they are confusing and definitely not simple nor homogenous (from an educational point of view, characters should just be able to represent all characters the program can support; and also, marking a value as constant should have one and only one meaning).

The main difference between standard C++ and this dialect is the mandatory use of *namespaces.* While these are optional in C++, design issues suggest the benefits of using them (avoiding name clashing by means of making it possible to arrange code in independent scopes, [18][19], introducing the need of a more comprehensive support for modules, in order to complement them). A modular version of C++, aimed at students must obligatorily empower its higher-level characteristics. When low-level C++ features are really needed, a modular approach is probably not the best one. In those cases, programmers will be facing with device driver programming or similar projects; that is why the tool was designed to share its existence with standard C++ programming, instead of trying to substitute it all.

More emphasis has been put in two major uses of the programming language for module creation: utility (function-based) modules and classes (classed-based modules). First ones are basically the best use of procedural programming, regardless of whether object-oriented programming is used or not. Second ones are the expected in object-oriented programming in C++, except for the fact that it is not possible to create objects along with the class declaration.

A more detailed discussion on this topic is given elsewhere [7]. Besides, this tool can be found in the authors' website[1].

A. Basic cases of study

C++ is a hybrid programming language, supporting both procedural and object-oriented programming. The support of procedural programming is done through the wrap of a version of the C programming language, meaning that many programs written in C can be compiled without modifications in C++. The main difference between the C programming language and the C version of the programming language included in C++ is that the latter provides better compile-time verification mechanisms, mainly by adding type-safety to the original C. This means that C++ is more suitable, even for procedural programming only, for students than plain C [4][20], as C++ provides them with better error checking, and true (or, at least, at a higher level of abstraction) parameter passing by reference for functions (this is actually very important, since it allows to avoid pointers in introductory courses).

1) Procedural programming

[1] *http://webs.uvigo.es/jbgarcia/prjs/cp3/*

Probably the simplest example of module is the one that is composed by functions, such as the algorithm standard module [11]. In C++ there are two ways for encapsulating simple functions: the object-oriented way of creating them as static function members inside a class, and the procedural one (since 1998) of putting them inside a *namespace.*

A really simple example could be the *maths* module, briefly presented in the introduction, in which the *PI* constant and some functions (such as *sqr()*) are going to be provided.

There are some variations around this example. The first one would consist of abusing the separation of declarations and definitions, putting the definition of *PI* in the header only. The preprocessor guard constant (MATH_H) is explicitly used to avoid duplicated definitions, in the case of multiple inclusions, so it would compile correctly in any case. The programmer could also declare some functions as *inline.* This module is so simple and the difficulties about its construction are so few, that the weak module support mechanisms of C++ are clearly shown as one of the main obstacles novice programmers must face to.

The Cp^3-- version, quite simpler, is shown below. A module is a single *.mpp* file. Students do only need to concentrate in creating the module, marking the public interfaces and hiding the implementation details, without having to worry about the module management restrictions of C++. It is worth noting that the programming language is nearly left untouched: the *inline* keyword marks whether this function should be marked as an inline function, or in the case of member functions, shoule be stored in the header file (with the same resulting consideration). Also, the constant *PI* is declared in the header file with an extern automatically, while the actual definition will lie in the implementation file.

```
// math.mpp
namespace Math {
        const double PI = 3.1415927;
        inline double sqr(double x)
                { return x * x; }
        inline
        double addPercentage(double val, double x)
                { return ( val * ( 1 + x ) ); }
        inline
        double removePercentage(double val, double x)
                { return ( val - ( val * x ) ); }
}
```

The presented source code is a single Cp^3-- file that will be translated to the previous files, automatically.

2) Object-oriented programming

The Person module uses the previous module Math shown above, and presents two simple attributes, and various methods returning attributes in the *Person* instance. Follows the source code for ISO 1998 standard C++.

```
// person.h
#ifndef PERSON_H
#define PERSON_H
#include <string>
#include "math.h"
namespace Person {
class Person {
public:
        Person(const std::string &n, double s)
                : name( n ), salary( s ) {}
        double getSalary() const
                { return salary; }
        double getNetSalary() const
                { return Math ::
                  removePercentage(salary, 0.20); }
        const std::string &getName() const
                { return name; }
        virtual std::string toString() const;
private:
        std::string name;
        double salary;
};
}
#endif
```

The previous source code fragment is the interface of this translation unit (.h file), which was logically designed as a module. Though again some variations are possible (such as declaring *toString()* as inline, and defining them in the interface file), this is probably the most classical translation of this module.

```
// person.cpp
#include "person.h"
#include <iostream>
#include <sstream>
#include <cstdlib>
std::string Person::Person::toString() const
{
        std::ostringstream out;
        out << getName() << ", " << getSalary();
        return out.str();
}
```

```
// main.cpp
#include "person.h"
#include <iostream>
int main()
{
        Person::Person p( "Baltasar", 1800 );
        std::cout << p.toString() << std::endl;
        return EXIT_SUCESS;
}
```

The implementation file just gives a body to the *toString()* member function. However, the complexity and number of lines of code devoted to workaround the lack of explicit support for modules in C++, as well as the knowledge required to know how to divide the code, is also the primary concern here. Although the seasoned C++ programmer has gotten used to this schema, that doesn't mean it could not be done using a higher abstraction.

There is also a lack of support for changes, profiling and maintainability: in case the programmer decided to make setter methods *inline,* it would involve porting valuable amounts of code from one file to the other one. It must be taken into account that in ISO C++ a method defined in the declaration of the class is automatically inline, even when this is not explicitly marked, which can led to confusion. This is solved in Cp^3-- in which there is not any difference between defining a member inside the declaration. Thus, those members which are *inline* must be always explicitly declared as *inline*. While these decisions might be trivial for the seasoned programmer, beginners will probably follow the approach of trial and error.

By means of the *Cp*^{3}-- tool, it is possible to translate the following source code of the *Person* module to the source already presented above (the *main.cpp* file would be left untouched). Note that the generated code is not thought to be human-readable, nor also to be the main source code for the project. The only, human-readable, source code for any project would be the set of *.mpp* files (any change to the *cpp* or *h* files will be lost the next time the module is compiled).

```
// person.mpp
#include <string>
#include <iostream>
#include <sstream>
#include <cstdlib>
#include "math.h"
namespace Person {
class Person {
public:
        Person(const std::string &n, double s)
                : name( n ), salary( s )
                {}
        inline double getSalary() const
                { return salary; }
        inline double getNetSalary() const
                { return Math::removePercentage
                                ( salary, 0.20 ); }
        inline const std::string &getName() const
                { return name; }
        virtual std::string toString() const
                {
                  std::ostringstream out;
                  out << getName()
                      << ", " << getSalary();
                  return out.str();
                }
private:
        std::string name;
        double salary;
}
}
```

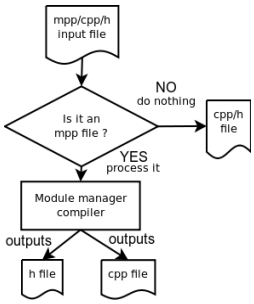


Figure 1: Processing scheme for *Cp*^{3}--.

It is possible to put the *getters* member functions and the *toString()* member function, as shown, to be *inline*: it would just be a matter of preceding them with the *inline* keyword. In fact, it is possible to essay the best approaches, by trial and error, effortlessly. The presented source code is a single *Cp*^{3}-- file that will be translated to both previous files, automatically. Again, it must be remarked that the involved process is highly tedious and error-prone, as it is a very low-level mechanism.

B. *Implementation*

This tool makes it possible to combine C++ translation units with modules in the same project, as shown in Figure 1. The tool simply ignores files that are not a module.

Cp^3-- is therefore employed as a preprocessor, but it is technically implemented as a compiler/translator. The input file is parsed completely, apart from methods implementation, which is left to the actual C++ compiler. The tool inserts appropriate #line compiling directives so it is assured that possible error messages will be correctly tracked to the actual input file, instead of the generated files.

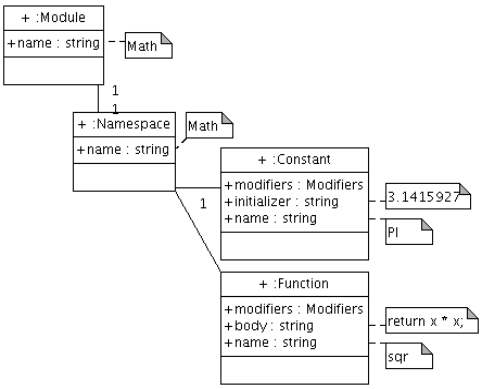


Figure 2: An example abstract tree built by *Cp*^{3}--.

Figure 2 represents the abstract syntax tree for the *maths* example shown before. *Cp*^{3}-- does only read the input file once, building all data structures alongside the parsing. Once the tree has been built, it has been ensured that basic error checking has been performed as well. In the next phase, the tree is checked out following the *Visitor* pattern, and thus performing additional checks, matching the strictness level chosen by command line switches. If no error is found, the last phase is triggered, in which the entities in the tree are visited again in order to generate the source code for both interface and implementation files [2].

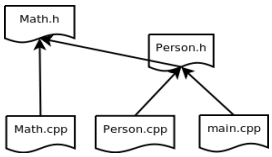


Figure 3: Dependencies among files in ISO C++.

Thus, error detection can be done before generating code, and is indeed carried out automatically by the tool, even allowing for the different levels of strictness discussed above. For example, all methods must have an implementation (unless they are pure virtual); modifiers, such as *const* or *static*, must be correctly typed; their combinations must also be legal. This way, a constant variable member is forced to be declared static, as

well as it must be static in order to be allowed to be initialized. In procedural mode, only constants and functions are allowed, and therefore a global variable will be marked as erroneous.

The purpose of the tool presented here is centered at simplifying module management for C++. Even for the simple example presented here, Figure 3 presents a set of fairly complex relationships among interface and implementation files, something that a seasoned C++ programmer is aware of, but overwhelming for a student. Figure 4 shows the equivalent relationships using Cp^3--.

Figure 4: Dependencies among files using the tool.

III. STATE OF THE ART

There are many other developments in research of learning, such as IOPL [8], which is able to cover C++, or BlueJ [12][13][14], covering Java. However, none of them cover the specific issue of making modular programming simpler.

There are also new programming languages, such as D [1][3][6], which try to ease C++ programming, including modular programming. Unfortunately, these new programming languages still have to prove themselves and gain popularity to be broadly considered for education.

The C++ standardization committee has produced at least five documents about supporting modules in C++, of which we would like to refer to revisions 2 and 5 [21]. In the first one, a mechanism more or less similar to the one studied here is drafted. However, the standardization committee proposal evolved to a more ambitious mechanism in revision 5. One of the clearly stood objectives are to decrease compilation times. In this state, the standardization committee has chosen to approach from a totally different point of view (more similar to *Modula-2*). This contrasts to the simpler, namespace-centric approach taken here, in which one of the preconditions of the work was to keep syntax changes to a minimum. In that sense, the work of the committee seems to have gotten apart from our interests. Even worse, there is still no agreement about modular programming in the C++ standard committee, and apparently will not make it in the next standards release, codenamed ISO C++ 200x.

Preprocess [10], is an unpublished tool that more or less uses the same approach taken here. However, the author is not concerned about macros, does not support namespaces and certainly his objective is not to obtain a clean, simple standard-compliant schema. In general, it does not even completely cover the ISO C++ 1998 [11][19].

LZZ [22] is another tool like Preprocess. However, it is at the other side of the spectrum, trying to completely compile the language. It therefore needs a careful installation process. For example, in order to generate the #line directives, just for the case there is a compiling error, special command line arguments must be written. The includes directory for C and C++ must also be provided so it is able to check the existence of the headers included. On the other hand, the use of namespaces is not mandatory, so identifiers in a module pollute the main namespace. Finally, it also includes extensions for the C++ programming language, something completely out of the scope of this project.

IV. RESULTS

A seminar was organised for undergraduate students, in an advanced subject, for all of them wishing to test this tool. The subject is called "Object Technology", in the Computer Science degree at the University of Vigo. This Test was performed on course 2008-2009.

Before and after the seminar, a pretest and a posttest was delivered to students in order to check, basically, whether they a) had found the system helpful for the understanding of modular programming, b) had found the system useful for learning, c) which characteristics would they improve. More than twenty students answered these tests for year 2009. A copy of the tests, as well as a comparison between the results obtained in pretest and posttest is found elsewhere [7].

The results of the questionnaires are quite encouraging, as a wide majority of the answers suppose a high degree of satisfaction. These tests were done to a set of undergraduate students, which had a seminar of two hours in which they were taught on using the system for twenty minutes, and finally had to complete some exercises.

Some of the questions were repeated in both tests, in order to study the change in opinion after working with the system. Their opinion about their own knowledge was important, so their were asked about how deep they thought their knowledge was about modular programming. In the pretest, more of the 90% answered they had some or advanced knowledge. This percentage decreases in around a 10% in the posttest, giving interesting details: there is an increasement in the number of students saying they have some knowledge, while the number of students with deep knowledge decreases in about a 38%, This can be explained because of the weak training in modular programming students receive, specially when they study C++. Other languages, such as Java, make the use of modularity mandatory, but many times this is transparently managed by an integrated environment, and somehow this probably makes them unaware of code factorization taking place, or at least, having any benefit.

About the question of whether they thought this programming technology was useful for teaching, students answered with more than a 90% that it was useful, with no significant changes.

A control question was also put in both tests in order to check whether they have understood the concepts around the tool. More than a 80% answered the correct question in both tests, and more than a 90% answered this one and another possible correct option (out of five possible answers). The percentage of students answering "I don't know", decreased from 10% to 0% in the posttest.

Another question was related to the usefulness of modular programming. Again, students answering "I don't know" decreased from 5% to 0% in the *posttest*, while the thought of modular programming being useful in theory and practice increased from around a 75% to an 85%, as well as there was an

increase of students thinking of modular programming being useful for teaching.

The remaining questions were put there in order to know what they thought about the prototype. The first one was related to whether they thought the use of a prototype would be an important tool for their improvement in their studies. More of an 80% answered positively to this question, which is a good result, given that more answering options were given in the *posttest.* The only valuable percentage of opinion of these other options were the answer "I don't know", with, however, less than 10 points.

More than a 60% thought that the use of the tool was simple, while the remaining students though its complexity was average (neither simple nor complex). No one thought the prototype was difficult to use.

About whether their perception of modular programming had changed after the use of the prototype, more than a 71% recognized it was changed to some extent or even a lot.

The last two questions were presented in order to get their opinion about modular support in C++. The first one shows how they think (>85%) that C++ should have a better modular programming support, while the last one shows with more than a 90% that it would be better to avoid including new syntax or constructions.

V. CONCLUSIONS

Module management support for C++ is very rough. Though seasoned programmers are already used to this matter, students find this need of separation of interface and implementation in two parts (as well as the involved procedures, such a macro header guards) strange and unnecessary complex.

Actually this process, once mastered, becomes a mechanical (though tedious) habit, thus making it possible to automatize it. In this document, a prototype of a tool for accomplishing that task, the Cp^3-- module manager, has been presented.

In order to try to prove that modular programming could be more appealing for beginners, a seminar was given for undergraduate students. The feedback obtained from the questionnaires used then, was used in order to improve the tool.

The modifications made to the language are really minimal: the same keywords have the same meaning in the same context. The only difference is that now, everything is unified in a single translation unit which will be automatically translated in the interface and implementation files required. Beginners will understand the programming language better, while seasoned programmers can adapt without trouble in a matter of minutes. It is also worth noting that traditional code can be mixed in the very same project.

A tool based in the idea brought by this prototype could be easily and transparently added to the C++ compiler tool chain. It does not suppose any overhead nor quality decrease for the generated code, as its use would only have a slight impact in compile time. This would be the ideal situation, since such a decision would mean that the benefits of a tool such as this one would be available without the need of installing more software or worrying about using standard C++ r not. However, it is still possible to employ it as a prototyping preprocessor, aiming at providing the first approach to the source code that is actually needed. In that case, a code formatter will be needed, obtaining that way working code without syntactic errors.

REFERENCES

[1] Alexandescu, A. The D Programming language. Addison-Wesley Professional; 1 edition (to be published in May, 2010). ISBN 978-0321635365.

[2] Appel, A. W. Modern Compiler Implementation in Java: Basic Techniques. Cambridge University Press (January 13, 1997). ISBN 978-0521586542

[3] Bell, K., Ivar Igesund, L., Kelly, S. Parker, M. Learn to Tango with D. Apress 2008. ISBN 1590599608

[4] Biddle, R. L., Tempero, E. D. "Teaching C++. Experience at Victoria University of Wellington". IEEE Transactions on education 1995. ISSN 0 8186 5870 3/95.

[5] Böck, H. The Definitive Guide to the NetBeans Platform 6.5. Apress 2009. ISBN: 978-1-4302-2417-4

[6] Digital Mars. The D Programming language. http://www.digitalmars.com/d/. Access time: 2005 to 2009.

[7] García Perez-Schofield, Baltasar. "Cp3--, a C++ programming language preprocessor for Module Management". Technical Report IT1/2009 in the Department of Computer Science, University of Vigo, 2009.

[8] Harrison, C.J., Sallabi, O.M., Eldridge, S.E.. An initial object-oriented programming language (IOPL) and its implementation. IEEE Transactions in education, VOL. 48, NO. 1, February 2005

[9] Heljsberg A., Wiltamuth S., Golde, P.. The C# Programming Language. Addison-Wesley Professional (October 30, 2003). ISBN 0321154916.

[10] Hohmuth, M. http://os.inf.tu-dresden.de/~hohmuth/prj/preprocess/. Access time: January 2010

[11] Josuttis, M. The C++ Standard Library: A Tutorial and Reference. Addison-Wesley Professional; 1 edition (August 22, 1999). ISBN 0201379260.

[12] Kölling, M.; Rosenberg J. "Blue–A language for teaching object-oriented programming," in Proc. 27th Special Interest Group on Computer Science Education (SIGCSE) Tech. Symp. Computer Science Education, 1996, pp. 190–194.

[13] Kölling, M.; Rosenberg, J. "An object-oriented program development language and a software development environment suitable for environment for the first programming course," in Proc. 27th SIGCSE Tech. Symp. Computer Science Education, 1996, pp. 83–87.

[14] Kölling, M.; Quig, B.; Patterson, A.; Rosenberg, J. The BlueJ System and its Pedagogy. Computer Science Education, 1744-5175, Volume 13, Issue 4, 2003, Pages 249 – 268

[15] Naughton, P.; Schildt, H. Java 2: The Complete Reference. Osborne/Mcgraw Hill Media Group 1999; 3rd edition. ISBN-10: 0072119764

[16] Ritchie, D.. The Development of the C Language. Proceedings of the Second History of Programming Languages conference, Cambridge, Mass., April, 1993. Later collected in the History of Programming Languages-II ed. Thomas J. Bergin, Jr. and Richard G. Gibson, Jr. ACM Press (New York) and Addison-Wesley (Reading, Mass), 1996; ISBN 0-201-89502-1

[17] Stroustrup, B. The C++ Programming Language. Addison-Wesley, 1986.

[18] Stroustrup, B. The design and evolution of C++. Addison-Wesley, 1994.

[19] Stroustrup, B. An overview of the standard C++ programming language. Handbook of Object technology. CRC press LLC Boca Ratón, 1998.

[20] Stroustrup, B. Learning Standard C++ as a New Language. Technical report in AT&T Labs, 2000.

[21] Vandevoorde, D. Modules in C++ (revisions 2 and 5). Std. committee documents N1778=05-0138, 2005 and N2316=06-0176, 2007.

[22] LZZ. http://www.lazycplusplus.com/, accessed in July 2010.

Designing architectural images for small screen devices in function of user experience

David Fonseca
Grup de Recerca en Tecnologies Mèdia.
GTAM – La Salle, Universitat Ramon LLull
Barcelona, Spain
fonsi@salleurl.edu

Isidro Navarro, Ernest Redondo
Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica 1
Universidad Politécnica de Catalunya – Barcelona Tech.
Barcelona, Spain
{isidro.navarro; ernesto.redondo}@upc.edu

***Abstract*— The development of technology has always influenced the visualization experience. Both static and mobile devices are a general tendency to maximize the size and screen resolution in line with the intrinsic ability of technology to generate high-resolution images and create an immersive scene. Problems arises when the size or screen resolution is reduced or the amount of information to show increases. The architecture framework is a clear example where the visualization and evaluation of the information is more critical. In this paper we performed a user study' focused on evaluating the features of the digital images related with architectural framework viewed on mobile screen in order to improve the adaptation of different type of images to different type of users.**

Keywords: Smartphone; user experiece; architectural images; quality evaluation; emotions; compression.

I. INTRODUCION

En los últimos años y después de diversas experiencias docentes y profesionales en el campo de la arquitectura y la multimedia, nos hemos encontrado con un habitual y consentido mal uso de los recursos infográficos en la generación y manejo de contenidos digitales. Existe un "todo vale" basado en la generación de contenidos con resoluciones muy elevadas. Esta máxima puede tener su lógica tanto para soluciones impresas como digitales pero perjudican la usabilidad de los entornos tecnológicos reduciendo la velocidad de gestión, transmisión, visualización o impresión debido al aumento de tamaño de los contenidos.

El este artículo presentamos los resultados obtenidos en la evaluación de diversos tipos de imágenes relacionadas con el mundo de la arquitectura sometidas a diferentes tasas de compresión y modos de color. Hemos trabajado con diversos tipos de usuarios, tanto expertos en el ámbito de la arquitectura como ajenos a la misma, de ambos sexos y de diversas edades. Remarcar que los datos reflejados en este estudio están centrados en la evaluación del último dispositivo previsto (teléfono móvil) en el proyecto de investigación llevado a cabo los últimos seis años y que estos datos en momentos puntuales se compararán con los otros dispositivos evaluados en fases anteriormente publicadas y referenciadas.

El objetivo es definir unas características básicas de la imagen arquitectónica para conseguir una mejor adaptación tanto a los usuarios como a los dispositivos maximizando la capacidad emocional y comunicativa de las mismas.

II. LA IMAGEN DIGITAL ARQUITECTÓNICA

La arquitectura ha estado siempre ligada a la visualización del proyecto y sus características. Si partimos del modelo real una vez construido y retrocedemos hacia el momento inicial de la idea, existen una serie de fases donde desde el arquitecto pasando por el resto de profesionales involucrados en el proyecto y llegando al usuario, necesitan estar informados y actualizados del estado del mismo.

Gracias a la evolución tecnológica hemos pasado de fases sencillas como el plano realizado a mano y la maqueta convencional a complicadas y detalladas fases donde podemos observar desde bocetos, planos 2D, 3D, infografías con texturas, iluminaciones, animaciones y todo tipo de composiciones que permiten una mejor y más rápida toma de decisiones.

Los principales tipos de imágenes nos muestran desde detalles constructivos, pasando por tomas interiores, exteriores, generales, composiciones infográficas y acabando con los retoques fotográficos. Sin duda, la fotografía está ligada íntimamente con la arquitectura siendo necesario un estudio conjunto de ambos ámbitos para llegar a afirmaciones concluyentes.

Hacia finales del siglo XIX, la fotografía arquitectónica se convirtió en una especialidad capaz de documentar una obra para todo tipo de necesidades, siendo el fotógrafo profesional de arquitectura un especialista consolidado, capaz de generar instantáneas complicadas [1] y capaces de transmitir la idea original del arquitecto [2, 3].

Lógicamente la evolución digital asociada a la fotografía ha permitido el aumento en la capacidad de generar nuevas imágenes que muestren el proyecto de una forma más personal, artística y adaptada por un lado a las características tecnológicas y también al usuario final [4].

Con el objetivo de adaptarse mejor a las necesidades de los distintos perfiles de usuario encontramos estudios en los que se ha investigado la mejor forma de mostrar el proyecto y conseguir el mayor impacto adaptado al perfil o necesidad del cliente [5, 6]: desde variar el encuadre, simplificar los elementos de la toma, modificar la colorimetría o la exposición con técnicas tan populares como el blanco y negro (técnica ni mucho menos en desuso, y en especial para el campo del arte,

diseño o la arquitectura [7,8]), o las imágenes HDR (*High Dynamic Range*) [9].

III. Visualización en Pantallas Pequeñas

Comparadas con otras pantallas, los dispositivos móviles y sus pantallas de pequeño tamaño tienen asociadas restricciones que condicionan el desarrollo y la visualización de aplicaciones [10]:

- Las pantallas no solo son pequeñas sino que tienen resoluciones bajas y pocos colores.
- La relación anchura/altura habitualmente difiere del usual 4:3.
- El hardware incluido en el dispositivo no tiene la potencia de equipos fijos.
- La conectividad es más baja y lenta, afectando al acceso de la información almacenada de manera remota.

Sin duda alguna, la restricción más importante desde un punto de vista fisiológico es el tamaño de la pantalla. Esta restricción condiciona la cantidad de información que el ojo humano puede percibir y por consiguiente es necesario diseñar de manera adecuada la cantidad de información que se pretende mostrar. Para investigar en esta línea a lo largo de los últimos años existe un corriente creciente dentro de la comunidad científica que estudia cómo se visualiza la información (del inglés *Information Visualization* ó *IV*). Esta disciplina trata de explorar las mejores aproximaciones a la representación gráfica de la información para una mejor interacción con el usuario, en especial para pantallas de pequeñas dimensiones [11, 12].

La otra gran restricción radica en la combinación de una pantalla con resolución baja y unos contenidos que pueden tener muchos detalles o tamaños elevados de manera que a causa del hardware y la conexión generen una visualización lenta y por consiguiente una experiencia de uso no satisfactoria [13, 14].

IV. Enfoque Metodológico

Como se extrae de los puntos previos, las capacidades de los dispositivos, el ancho de banda de la conexión o las preferencias de cada usuario son características muy heterogéneas y cambiantes que están generando investigaciones en el área de la transcodificación de la información (del inglés *Information Transcoding*) con el objetivo de adaptar los contenidos tanto al sistema que los gestiona como al usuario que los utiliza [15, 16]. Cinco son las técnicas que mayoritariamente se están imponiendo de cara a conseguir dicha adaptación: abstracción de la información, modalidad de la transformación, transcodificación de los datos, priorización de los datos y efectos de la clasificación.

Nuestro trabajo lo clasificaríamos dentro de la transcodificación de los datos, es decir, el proceso de conversión de los datos en otros formatos o en una reducción de colores de acuerdos a una evaluación de las capacidades del dispositivo.

A. Diseño metodológico. Fases previas

Para llevar a cabo nuestro estudio seleccionamos inicialmente un sistema de imágenes internacionalmente aceptado y utilizado como estándar de medición de las respuestas de usuario en la visualización de imágenes. Este sistema se denomina IAPS (*International Affective Picture System*). Se trata de un conjunto de unas 1000 imágenes de diversas categorías semánticas agrupadas en conjuntos de imágenes de unas 60 fotografías color utilizadas para medir las respuestas emocionales del usuario en el campo de la psicología y la neuropsicología [17].

En una primera fase replicamos los test con todo tipo de usuarios y comparamos los resultados tanto con el estudio original del IAPS [17], como con el estudio general realizado en España [18], obteniendo unos datos consistentes que nos permitieron afirmar que el diseño del test replicado era adecuado[19].

En la documentación técnica suministrada para su replicación se dan los parámetros básicos en los que se debe realizar el test, consistente en presentar unos 60 estímulos visuales durante un tiempo de 20" para que los usuarios puntúen en una escala de 1 a 9 tres niveles (valencia, activación y dominancia), mediante el test SAM (Self Assessment Manikin "Fig. 1"):

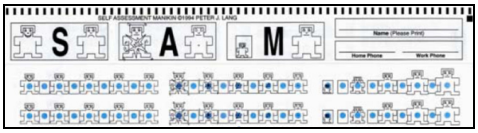


Figure 1. Test SAM original en papel (P. Lang ©)

En una segunda fase y para orientar nuestra investigación al campo deseado, generamos un sistema de test y búsqueda por niveles on-line, "Fig. 2", integrando el modelo SAM y adaptando los niveles de medida a nuestras necesidades, en definitiva sustituyendo el valor de dominancia (el menos consistente de los tres), por el de "calidad percibida" [20].

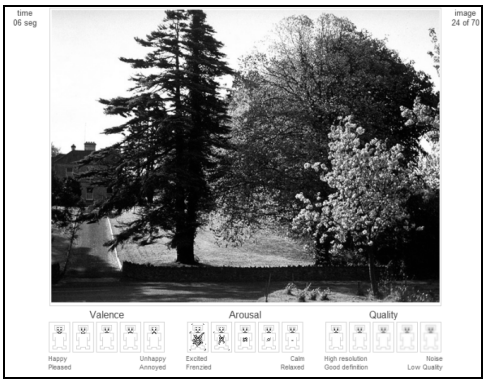


Figure 2. Test SAM on-line desarrollado en la segunda fase.

Adicionalmente y todavía utilizando exclusivamente las imágenes del modelo IAPS, pasamos a modificarlas en

colorimetría (transformando las imágenes color en escala de grises) y en su tasa de compresión (codificando las imágenes originales en formato JPG en unas nuevas con formato JPEG2000 y con tasas entre el 80% y el 95% respecto las originales)[21].

Los interesantes datos obtenidos de estas fases previas en las que se observaron una reducción de la calidad percibida en la visualización de las imágenes en blanco y negro, así como, una reducción de la valencia y un incremento de la activación cuando la calidad percibida disminuye (ya sea por el color o por la compresión) especialmente para los usuarios de menor edad o de género femenino, nos llevó a plantear la evaluación de imágenes arquitectónicas. Para ello, ampliamos el rango de usuarios y de dispositivos de visualización, de cara a evaluar la influencia del entorno de visualizado [22], la importancia del modelo en escala de grises [23, 24, 25] y la experiencia de usuario.

La tercera fase del proyecto de investigación se centró en la evaluación de imágenes arquitectónicas modificadas en color y compresión según el sistema diseñado en la fase anterior, en diversos entornos más o menos clásicos de visualización: pantalla de proyector, de ordenador personal y de casco inmersivo [26]. El objetivo básico era la evaluación del nivel de satisfacción del usuario desde un punto de vista de la usabilidad y accesibilidad del entorno de trabajo [27].

B. Diseño metodológico. Estudio final

Para el estudio final, en el cual se centra este trabajo, hemos incorporado el entorno de visualizado correspondiente a una pantalla de teléfono móvil de la gama Smartphone (Nokia n97 mini).

Para fundamentar la selección del modelo nos hemos basado en dos datos básicos: el primero de ellos fija en un 20% el total de cuota de mercado de los Smartphone vendidos sobre el total de móviles en el 2010, con un incremento de ventas respecto el 2009 de este tipo de dispositivos del 50%, siendo Nokia la marca con mayor número de ventas acaparando una cuota del 34.2% del mercado [28]. El segundo dato que nos ha llevado a seleccionar dicho terminal se basa en el tipo de pantalla y resolución más extendidas, siendo las pantallas de 3.2" con una resolución de 640x320 pixeles las de mayores prestaciones con un número de ventas superior [29] (existen pantallas con mayor tamaño y resolución siendo no obstante, la visualización muy similar al modelo seleccionado, como se puede ver en la "Fig. 3" en la que se testeo un iPhone 4):

Figure 3. Test SAM on-line de la fase 4 con iPhone

En un primer momento se planteó la posibilidad de realizar el test en este tipo de dispositivos utilizando la version on-line programada en fases anteriores pero rápidamente se comprobaron la aparición de problemas típicos de usabilidad asociados a los mismos: por un lado la necesidad de continuos encuadres (del inglés *panning*) [13], y por otro la lentitud de carga de las imágenes con resoluciones o tamaños elevados (información que nos revela, en línea con nuestras hipótesis, que hace falta un reescalado de la imagen o compresión de la misma para la visualzación en este tipo de dispositivos ya que una resolución elevada no es sinónimo de experiencia de uso o visualización satisfactoria). En vista de dichos problemas se optó por utilizar el test SAM en papel para la evaluación de las imágenes en una presentación bajo los parámetros descritos en los test IAPS originales [17], según se puede ver en la "Fig 4".

Figure 4. Test SAM en papel de la fase 4 con terminal Nokia n97 mini

C. Modelado del conjunto de usuarios

Hemos contado con una muestra total de 20 usuarios. La muestra de usuarios ha sido seleccionada de manera que las características básicas de los mismos (género y experiencia previa con las imágenes relacionadas con el proyecto arquitectónico) quedaran igualadas: 10 mujeres (5 con experiencia previa en arquitectura con una edad media: 23.6 años y una desviación típica (DT) de 3.85; y 5 sin experiencia con una media de 33.8 y DT: 5.63) y 10 hombres (5 con experiencia y con Med: 25.2y DT: 3.77; y 5 sin experiencia Med: 27.8 y DT: 9.18).

Tal y como ya habíamos indicado previamente el modelo de dispositivo móvil utilizado ha sido el Nokia n97 mini, el cual dispone de una pantalla de 3.2" con una resolución de 640x320 píxeles. La distancia de visualización del test se ha situado en el entorno de los 0.3 a 0.4 metros bajo idénticas condiciones de iluminación exterior y entorno. Todos los test se han realizado en un despacho de trabajo de la universidad con iluminación tanto artificial como natural. La transformación de formatos (compresión de los originales), se ha realizado en JPEG2000 mediante Adobe Photoshop (formato compatible y aconsejable para dispositivos de bajas prestaciones [30]).

Según el esquema de visualización modelizado, ya realizado y explicado en fases anteriores del proyecto (ver [21, 26]), obtendríamos un índice de visualización óptimo (IVO) que puede oscilar entre 0.2 y 0.26 por debajo del 0.31 definido como óptimo, lo que define una ubicación del usuario "lejana" respecto a la pantalla y por consiguiente una reducción a priori del nivel de detalle percibido en la imagen, lo que puede conllevar una reducción de la visualización de errores y supuestamente un incremento en la calidad percibida de la imagen (hipótesis de trabajo a contrastar con el resto de estudios, especialmente con pantalla de ordenador y casco).

V. RESULTADOS

Para la evaluación de la visualización del proyecto arquitectónico, hemos seleccionado cuatro tipos principales de imágenes según la técnica de creación: imágenes infográficas (generadas totalmente por ordenador), imágenes fotográficas reales y fotocomposiciones (elementos reales e infográficos).

De cada grupo de imágenes hemos evaluado la calidad percibida y su relación con el tipo de imagen (modo de color y compresión), el medio y el usuario así como su relación con la valencia y la activación emocional. Los valores obtenidos por las imágenes infográficas en la visualización en la pantalla del móvil los podemos ver en la "Tabla I.":

TABLE I. VALORES DE LAS IMÁGENES INFOGRÁFICAS POR GÉNERO Y EXPERIENCIA PREVIA

	Mujeres				**Hombres**			
	Arq. Expert		***Sin experie.***		***Arq. Expert***		***Sin experie.***	
Valencia	***Med***	***D.T.***	***Med***	***D.T.***	***Med***	***D.T.***	***Med***	***D.T.***
Color sin compre.	5,12	1,74	5,72	1,70	5,48	1,12	5,96	1,55
Color 80%	5,00	1,54	6,10	1,64	4,80	0,89	5,60	1,70
Color 95%	4,60	1,67	4,20	2,28	3,80	1,10	3,80	2,28
B/n sin compresión	4,73	2,43	5,40	1,92	4,60	0,92	5,27	1,88
Activación								
Color sin compre.	4,16	1,81	4,24	1,99	4,08	2,20	4,36	1,71
Color 80%	4,20	1,46	3,80	1,53	3,60	1,73	4,70	1,81
Color 95%	4,60	1,67	6,60	1,67	4,60	0,89	5,00	2,00
B/n sin compresión	4,33	2,24	3,40	1,75	3,80	1,68	4,60	1,56
Calidad								
Color sin compre.	6,44	1,36	6,24	2,66	6,40	1,87	6,08	1,81
Color 80%	6,80	2,11	6,30	2,25	7,10	1,53	6,90	1,74
Color 95%	3,00	2,00	1,80	1,10	3,40	1,67	2,20	1,79
B/n sin compresión	6,33	1,83	5,93	2,55	6,07	1,79	6,07	1,88

Partiendo de unos resultados similares, debemos analizar si las diferencias observadas son o no significativas estadísticamente. Para ello hemos llevado a cabo un análisis ANOVA de las varianzas, determinando que el valor de significación lo fijaremos a un 80% ($\alpha = 0.2$), de manera que el margen de error sea razonable para una muestra de 20 usuarios. Esta determinación significa que los valores obtenidos del cálculo de la probabilidad de la "t de Student" que sean inferiores al valor de significación nos indicaran un comportamiento diferenciado y estadísticamente significativo.

Si analizamos el comportamiento global de los usuarios en función de su experiencia previa obtenemos que, para la valencia existe una diferencia estadística al situarse el nivel de significación por debajo del límite marcado ($\alpha = 0.1831$). En el caso de la activación también encontramos una diferencia estadística remarcable al situarse el nivel de significación por debajo del valor de significación ($\alpha = 0.1971$), pero no así para la calidad percibida donde $\alpha = 0.3626$.

Realizando el mismo procedimiento por géneros los valores de significación son elevados indicando que no se encuentran diferencias significativas en la visualización de este tipo de imágenes (0.3501 para la valencia, 0.4355 para la activación, y 0.4520 para la calidad). Finalmente comprobemos el nivel de significación de las diferencias en función del modelo de color y nivel de compresión según se puede ver en la "Tabla II.":

TABLE II. VALOR DE SIGNIFICACIÓN ESTADÍSTICA DE LAS DIFERENCIAS POR TIPOLOGIA DE LA INFOGRAFIA

Variable 1	*Color sin comprimir*	*Color sin comprimir*	*Color al 80%*	*Color sin comprimir*
Variable 2	*Color al 80%*	*Color al 95%*	*Color al 95%*	*Escala de grises*
Valencia	0,5968	0,0013	0,0151	0,0378
Activación	0,6267	0,1310	0,1030	0,2833
Calidad	0,2166	0,0022	0,0004	0,1569

Si pasamos a evaluar las imágenes fotográficas, los resultados globales generados por los usuarios han sido los siguientes (como se puede ver en la "Tabla III.", hemos ocultado el dato de la desviación típica, reestructurando la información obtenida):

TABLE III. VALORES DE LAS IMÁGENES FOTOGRÁFICAS

	Valencia				**Activación**				**Calidad**			
	M	*H*	*Arq*	*No A.*	*M*	*H*	*Arq*	*No A.*	*M*	*H*	*Arq*	*No A.*
Color sin compresión	5.4	5.8	5.9	4.3	4.2	4.2	4.4	4.0	6.4	6.6	6.5	6.4
Color al 80	5.8	6.6	6.8	5.6	4.2	3.9	4.2	3.9	6.5	7.1	7.0	6.6
Color al 95	5.9	6.7	6.6	6.0	4.4	3.8	4.6	3.6	6.8	7.8	7.4	7.2
B/n sin compresión	5.4	5.2	5.8	4.8	3.5	3.6	4.0	3.1	6.2	5.7	5.7	6.2
Blanco y negro al 80	4.8	4.8	5.8	3.8	3.4	3.6	3.6	3.4	6.4	6.2	6.4	6.2
Blanco y negro al 95	5.4	4.6	5.4	4.6	4.2	3.6	4.0	3.8	6.4	6.0	5.8	6.6

Los resultados en base a la experiencia nos muestran valores de significación inferiores a nuestro límite propuesto de $\alpha = 0.2$ para el caso de la valencia y la activación (0.009 y 0.101 respectivamente), no así para la calidad con un valor de 0.389 (siguiendo el mismo comportamiento que para las imágenes infográficas). Si evaluamos el comportamiento por géneros, obtenemos unos resultados diferenciados entre las imágenes color y las transformadas en escala de grises:

- En el primer caso las diferencias obtenidas en los tres niveles son estadísticamente significativas (0.106 para la valencia, 0.105 para la activación y 0.114 para la calidad), datos que se pueden interpretar conforme los hombres visualizan con mayor calidad y por tanto con mejor valencia las imágenes color, y al tener un estímulo más negativo las mujeres su nivel de activación es por tanto más elevado.
- En cambio para las imágenes en escala de grises, no se detectan diferencias significativas dado que todos los valores se sitúan por encima de nuestro umbral (0.279 para la valencia, 0.368 para la activación y 0.210 para la calidad).

Finalmente (como podemos ver en la "Tabla IV.") evaluando los resultados por las características de las imágenes obtenemos los siguientes grados de significación:

TABLE IV. VALOR DE SIGNIFICACIÓN ESTADÍSTICA DE LAS DIFERENCIAS POR TIPOLOGIA DE LA FOTOGRAFÍA

Variable 1	*Color sin comprimir*	*Color sin comprimir*	*Color al 80%*	*Color sin comprimir*	*Escala de grises*
Variable 2	*Color al 80%*	*Color al 95%*	*Color al 95%*	*Escala de grises*	*Escala de grises comp*
Valencia	0,289	0,262	0,392	0,462	0,254
Activación	0,360	0,419	0,407	0,106	0,342
Calidad	0,446	0,258	0,296	0,335	0,256

A continuación pasaremos a evaluar los resultados de los paneles compositivos (ver Fig. 5), que en cierta forma, guardan relación con las imágenes infográficas ya que ambos modelos han sido generados mediante modelos informáticos y no son el reflejo de un modelo real sino de una creación virtual. Una de las hipótesis de trabajo es que este tipo de imagen debiera tener condicionada la respuesta del usuario en función del diseño y contenidos de la misma, así como la claridad de la idea y contenidos a visualizar.

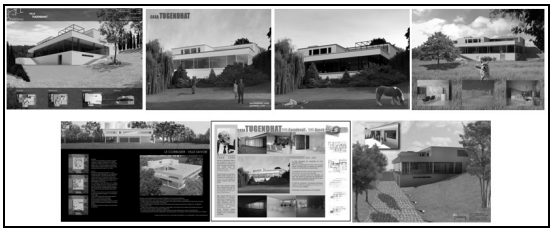


Figure 5. Paneles compositivos evaluados (originales en color)

El conjunto de paneles presentados no ha sido sometido a ningún cambio de modo de color ni de compresión y se ha evaluado la imagen (ver Tabla V.) preparada para una impresión estándar en cartón-pluma con tamaño Din-A3.

TABLE V. VALORES DE LOS PANELES COMPOSITIVOS

	Valencia				**Activación**				**Calidad**			
	M	*H*	*Arq*	*No A.*	*M*	*H*	*Arq*	*No A.*	*M*	*H*	*Arq*	*No A.*
C1	6,4	5,6	5,5	5,8	3,4	3,4	3,8	2,8	6,2	6,2	6,3	6,4
C2	5,6	5,5	5,2	5,4	3,8	4,2	4,4	3,4	5,7	5,6	5,2	5,6
C3	6,1	5,2	5,2	6,4	3,5	3,8	3,6	3,2	6,1	5,6	5,2	6,4
C4	6,2	6,2	6,2	6,2	4,9	4,8	5,4	4,4	6,8	6,8	6,4	7,2
C5	5,2	4,2	4,3	5,3	4,9	4,8	4,9	5,2	5,2	5,2	4,8	5,6
C6	3,9	5,2	3,8	5,4	4,8	4,7	4,8	4,4	4,8	5,4	4,8	6,2
C7	5,4	5,6	5,2	5,4	3,6	3,2	3,4	3,4	6,4	6,4	6,4	6,8

Un primer dato interesante nos muestra que la calidad de las imágenes en color y sin compresión (equivalentes a las de este último grupo) correspondientes a infografías y fotografías arquitectónicas se sitúa en valores globales del 6.60 (DT: 1.85) para las infografías, y del 6.34 (DT: 1.91) para las fotografías, mientras que el valor global de la calidad percibida para el grupo de paneles compositivos en móvil se sitúa en un valor de 5.90 (DT: 2,16). Es decir, este tipo de imágenes salen penalizadas en cuanto a calidad percibida respecto el resto de imágenes que no se componen de otros elementos individuales como textos, fotografías relacionadas, elementos decorativos, etc. Esta ostensible reducción puede venir dada por la dificultada de visualización de elementos supuestamente importantes en la composición como los textos o imágenes secundarias de pequeño tamaño.

Como podemos ver en la "Tabla V.", las composiciones 5 y 6 que son las que más información textual incorporan, son las que obtienen valores de calidad por debajo de la media general y generan de manera significativa una valencia inferior y una mayor activación (de acuerdo con el comportamiento demostrado en fases previas de los usuarios delante de estímulos negativos). Para este grupo de imágenes al no haber trabajado con compresiones o modelos de color diferente, hemos analizado si los resultados varían significativamente en función de la tipología del usuario como podemos ver en la "Tabla VI.":

TABLE VI. VALOR DE SIGNIFICACIÓN ESTADÍSTICA DE LAS DIFERENCIAS POR TIPOLOGÍA DE LA COMPOSICIÓN INFOGRÁFICA

Variable 1	*Mujer*	*Con experiencia en Arq.*
Variable 2	*Hombre*	*Sin Experiencia*
Valencia	0,310	0,190
Activación	0,440	0,068
Calidad	0,400	0,315

VI. CONCLUSIONES

Para la visualización de imágenes infográficas en la pantalla de móvil observamos el reflejo inicial de un componente emocional asociado al grado de conocimiento de dicho tipo de imágenes: los usuarios expertos valoran significativamente con una menor valencia la visualización de este tipo de imágenes respecto los usuarios no expertos, ya sea por la falta de detalles o al ser un entorno que permite poca definición de la imagen. No obstante los niveles de activación y calidad percibida no difieren estadísticamente.

Si buscamos el grado de diferenciación en función del tipo de imagen podemos afirmar que no existe un comportamiento diferenciado entre las imágenes color sin compresión y aquellas comprimidas en JPEG2000 al 80%, mientras que tasas de compresión superiores son percibidas por los usuarios generando respuestas negativas. Así mismo, las imágenes infográficas en escala de grises generan respuestas negativas en cuanto a valencia y calidad percibida desaconsejando su uso para visualizar proyectos arquitectónicos.

De los resultados obtenidos por las imágenes fotográficas podemos afirmar que se vuelve a comprobar la relación emocional en la visualización, pero en este caso invirtiendo el comportamiento de las imágenes infográficas, es decir, se comprueba una mayor afinidad del usuario experto con la fotografía arquitectónica real que no del usuario no experto. Esta afinidad y la relación entre los parámetros se ajusta al comportamiento de los usuarios en la visualización de imágenes reales obtenido en las fases previas del proyecto.

En cuanto al comportamiento en base a la calidad y modelo de color de la imagen se obtienen resultados que nos permiten afirmar que la imagen real es menos vulnerable a una elevada

compresión o a un cambio de color cuando se visualiza en un entorno "lejano" o equivalente a pequeño tamaño.

Confirmando las hipótesis de trabajo, los paneles compositivos no generan resultados diferenciados en el comportamiento por géneros, pero sí cuando buscamos evaluar la experiencia de usuario, donde como era de esperar, los valores emocionales son estadísticamente significativos, dejando de lado la calidad percibida como variable más objetiva: En promedio, los usuarios expertos generan una valencia más baja con una mayor activación, asumible a la falta de capacidad de interpretar toda la información maquetada en la imagen.

En resumen, las imágenes generadas por ordenador (infografías y fotocomposiciones) no se adaptan para su visualización en pantallas de pequeño tamaño o bajas prestaciones cuando el usuario final es experto, mientras que las fotografías convencionales se posicionan como un método de mejor aceptación para dicho sector.

Así mismo podemos afirmar que la resolución y tipo de archivo preparado para impresión o visualización en pantalla de ordenador no es adecuada para una pantalla como el dispositivo testeado. Podemos llegar a convertir y comprimir la imagen hasta un 80% utilizando el formato JPEG2000 de manera que el tamaño del fichero se reduzca en más de 70% sin afectar a la calidad percibida ni a los estímulos emocionales asociados. Por encima de un 80% de compresión la imagen se degradaría en exceso provocado una respuesta negativa.

Finalmente indicar que el uso de imágenes en blanco y negro o escala de grises no se adecua para la visualización de imágenes arquitectónicas ya que incluso los usuarios perciben una menor calidad aparente de la imagen lo que provoca de manera directa la bajada de la valencia y aumento de la activación.

REFERENCES

[1] E. Parra, "Fotografía arquitectónica: una disciplina (casi) aburrida", Quesabesde.com, 2003, consultado enero 2011.

[2] S. Martínez, "Fotografía arquitectónica", Arquitectura y ciudad, 2008, consultado enero 2011.

[3] M. Afana, "La arquitectura", Arqhys-Arqchtects, consultado enero 2011

[4] Fotografía 10, "Buenos ejemplos de fotografía urbana, arquitectura e interiorismo", consultado enero 2011.

[5] I. Arribas, M. Bigas, L. Bravo, G. Contepomi, "Dibujo, Imagen, Tiempo, Arquitectura", in Proceedings of Congreso Internacional EGA, Valencia, Spain, pp. 53-58, 2010.

[6] O. Learco, "Imagen y lenguaje arquitectónico: un análisis transdisciplinar del caso F´roum Barcelona 2004", Tesis doctoral UPC de Barcelona 2007

[7] Fotografía 10, "Fotografía en blanco y negro", consultado enero 2011.

[8] A. Genov, S. Schnall, J. Laird, "In search of the intrinsic emotional meaning of color – implications for design", from www.Emotion-Research.net, consultado junio 2008.

[9] BBL, "30 Stunning Examples of HDR Architectural Photography", 2010, consultado enero 2011.

[10] L. Chittaro, "Visualizing information on Mobile Devices", Journal of Computer, 39, 3, pp. 40-45, 2006

[11] M. Carmo, A. Alfonso, P. Matos, "Visualization of geographic query results for small screen devices" in Proceedings of the 4th ACM Workshop on Geographical Information retrieval, pp. 63-64, ACM, Lisboa, 2007.

[12] S. Burigat, Chittaro, L., S. Gabrielli, "Visualizing Locations of Off-Screen objects on Mobile Devices: A comparative evaluation of three approaches", in Proceedings of the 8th Conference on Human-Computer Interaction with mobile devices and services, 159, pp.239-246, ACM, Helsinki, 2006

[13] L. Chen, S. Xie, X. Fan, "A visual attention model for adapting images on small devices", in Jorunal of Multimedia Systems, 9, 4, pp.353-364, 2003.

[14] X. Fan, X. Xie, W. Ma, H. Zhang, "Visual Attention Based Image Browsing on Mobile Devices", J. Computer, 39, 3, pp. 40-45, 2006.

[15] R. Han, P. Bhagwat, R. Lamiare, T. Mummert, V. Perret, J. Rubas, "Dynamic Adaptation in an image transcoding proxy for mobile web browsing", in Journal IEEE Pers Commun, 5, 6, pp. 8-17, 1998.

[16] W. Ma, I. Bedner, G. Chang, A. Kuchinsky, H. Zhang, "Framework for adaptive content delivery in heterogeneous network environments", In Proceedings of SPIE (Multimedia Comput Network), pp. 86-100. The Smithsoniana/NASA Astrophysics Data System, 2000.

[17] P. Lang, M. Bradley, B. Cuthbert, "International Affective Picture System (IAPS): Technical Manual and Affective Ratings", Technical Report, NIMH Center, Florida University, Gainesville, USA, 1997.

[18] J. Moltó et al, "Un nuevo método para el estudio experimental de las emociones: el international affective picture system (IAPS). Adaptación española", Revista de Psicología General y Aplicada – Journal of Psychophysiology, 55/22, pp.55-87/312-313, 1999.

[19] D. Fonseca, A. Fernández, O. García, "Plausible beahavior of virtual agents: inclusion of emotional usability parameters form photographic images", in Iberoamerical Journal of Sistemas, Cibernética e Informática, 3, 2, pp.64-69, 2006.

[20] D. Fonseca, O. García, J. Duran, M. Pifarre, E. Villegas, "An Image-Centred search and indexation system based in user's data and perceived emotion", in Proceedings of 3rd International Workshop on Human-Centered Computing (HCC), ACM Vancouver, pp. 27-34, 2008.

[21] D. Fonseca, M. Pifarré, E. Villegas, "Emotional search and classification of Internet images. System at the user's disposal", in Proceedings of 3rd Conferencia Iberica de sistemas de tecnologías de la información (CISTI), 1, pp.15-26, 2008.

[22] K. Cleempoel, Q. Van, "The influence of lighting in the build environment: a study to analyse human behaviour and perception as measured by mood and observation", in Proceedings of Measuring Behavior pp. 385-388, 2008.

[23] W. Winn, R. Everett, R., "Affective rating of color and black-and-white pictures", in Journal of Educational Technology Research and Development, 27 2, pp. 148-156, 1979.

[24] H. Levkowitz, R. Holub, G. Meyer, P. Robertson, P, "Color vs. black-and-white in visualization", in IEEE Visualization - Proceedings of the 2nd conference on Visualization '91, pp. 336-339, ACM. 1991

[25] M. Canoa, Q. Classa, J. Polich, "Affective valence, stimulus attributes, and P300: Color vs. black/white and normal vs. scrambled images", in International Journal of Psychophysiology, 71, 1, pp. 17-24, 2009.

[26] D. Fonseca, S. Villagrasa, O. García, I. Navarro, J. Puig, F. Paniagua, "Statiscal approach of user's experience in the visualization of architectural images in differente environments", in International Journal of Systemics, Cybernetics and Informatics, 6, 8, pp. 79-84, 2010.

[27] E. Villegas, M. Pifarré, D. Fonseca, "Methodological design of the experience of user experience applied to the field of accessibility", in Proceedings of 5th Conference Ibérica de Sistemas de Tecnologias de la Información, 1, pp.59-64, 2010.

[28] Goasdfull, Pettey, "Gartner Says Worldwide Mobile Device Sales Grew 13.8 Percent in Second Quarter of 2010, But Competition Drove Prices Down" in Gartner Newsroom, 2010

[29] M. Hjerde, "Mobiel screen size trends", 2008, consultado en octubre 2010.

[30] V. Hughitt, J. Ireland, "Helioviewer.org: Browsing Very Large Image Archives OnLine Using JPEG2000". The Smithsonian/NASA Astrophysics Data, 2009.

A avaliação da usabilidade de interfaces Web

A Investigação do sítio Web da secretaria de uma escola do Ensino Superior

Ana Paula Afonso
Informática
ISCAP
Porto, Portugal
apafonso@iscap.ipp.pt

Jorge Reis Lima
Informática
Universidade do Porto
Porto, Portugal
jorgereislima@gmail.com

Manuel Perez Cota
Informática
Universidade de Vigo
Vigo, Espanha
mpcota@uvigo.es

Abstract — **A usabilidade é um conceito central na Interacção Homem-Computador (IHC) usado para descrever a qualidade da interacção dos utilizadores com uma determinada interface [1] medindo a eficácia, eficiência e satisfação com que estes atingem os seus objectivos.**

A avaliação da usabilidade procura identificar problemas específicos na interface e é em si mesma um processo que pode ser aplicado usando várias metodologias e que requer várias actividades.

Este artigo descreve a metodologia desenvolvida no PAI, um projecto de avaliação da usabilidade da interface do sítio Web da secretaria de uma escola do ensino superior público, através da análise dos últimos desenvolvimentos em IHC, obtidos com apoio à pesquisa digital avançada, em particular no que diz respeito a técnicas de avaliação de usabilidade de sítios Web.

Keywords-component — Interfaces; Interacção Homem-Computador; Usabilidade; Métodos de avaliação da usabilidade; Teste ao utilizador; Questionários

I. INTRODUÇÃO

A necessidade de avaliação da acessibilidade e consequentemente da usabilidade do sítio Web da secretaria de uma das escolas do Instituto Superior Politécnico do Porto (IPP), foi o *leitmotiv* para o estabelecimento de uma parceria entre o departamento de Sistemas de Informação da escola e uma docente da escola, no âmbito de um projecto de doutoramento designado por PAI — Projecto de Avaliação de Interfaces.

O PAI corresponde a uma investigação de como avaliar a usabilidade de interfaces de sítios Web. Esta avaliação é objectivada num estudo de caso, dirigido ao sítio Web acima referido, que entretanto adquiriu maior visibilidade e importância ao ser adoptado como modelo nas restantes escolas do IPP.

Na sequência de um estudo exaustivo [2], [3] do grau de acessibilidade do sítio Web — baseado num plano desenvolvido pela *Web Accessibility Initiative, WAI,* e onde se verificou não existir total conformidade com as directrizes, *Web Content Accessibility Guidelines* 2.0, *WCAG*, disponibilizadas pelo *World Wide Web Consortium*,W3C — foram detectados alguns problemas de usabilidade, mormente no acesso aos conteúdos, verificando-se que nem sempre os utilizadores acediam com a facilidade desejada à informação procurada. Esta questão foi um dos motivos primordiais que desencadeou o processo de medição do grau de usabilidade da secretaria on-line e que se tornou numa questão prioritária dando origem ao PAI.

Assim a questão de partida desta investigação é a avaliação da acessibilidade e consequentemente da usabilidade do sítio Web

O PAI, que é um "*work in progress*", tem como objectivo primário apresentar soluções eficazes relativamente às questões de usabilidade detectadas. Visa aumentar o desempenho e garantir que a interface do sítio Web da secretaria vai ao encontro das expectativas do utilizador, particularmente em termos de facilidade de navegação e de rapidez no acesso aos conteúdos.

II. A INTERACÇÃO HOMEM-COMPUTADOR

A interface de um sistema computacional deve prioritariamente facilitar a interacção com o utilizador, tornando-a natural, fácil de usar e intuitiva.

A área da ciência dos computadores que estuda a interacção entre pessoas e sistemas computacionais denomina-se Interacção Homem-Computador (IHC), sendo uma área multidisciplinar que envolve, entre outras, as áreas da Ciência da Computação, Psicologia, Factores Humanos, Linguística. A IHC impulsiona a aplicação do conhecimento destas áreas no desenvolvimento e implementação de interfaces "amigáveis", *user-friendly*, permitindo que o utilizador possa realizar as suas tarefas com segurança, eficácia, eficiência e satisfação, ou seja, originando interfaces com elevado grau de usabilidade.

A norma internacional ISO 9241-11 define usabilidade como sendo um conceito que descreve até que ponto um sistema computacional pode ser usado pelos utilizadores de forma a atingir objectivos específicos com eficácia, eficiência e satisfação num dado contexto [4].

A **eficácia** permite que o utilizador atinja os objectivos iniciais, que são a razão da interacção, e é avaliada não só em termos do cumprimento de uma tarefa mas também em termos da qualidade do resultado obtido.
Eficiência refere-se à quantidade de esforço e recursos necessários para se chegar a um determinado objectivo. Os desvios que o utilizador faz durante a interacção e a quantidade de erros cometidos podem servir para avaliar o nível de eficiência do sistema.

A terceira medida de usabilidade, a **satisfação**, é a mais difícil de medir e quantificar pois está relacionada com factores subjectivos. De um modo geral, a satisfação refere-se ao nível de conforto que o utilizador sente ao utilizar a interface.

III. TÉCNICAS DE AVALIAÇÃO DA USABILIDADE

A. A Funcionalidade e a Usabilidade

Um dos grandes desafios no desenvolvimento de sistemas computacionais usáveis por pessoas é saber como fazer a transição entre o que pode ser feito — **funcionalidade** — e como deve ser feito — **usabilidade** — com o objectivo de satisfazer as necessidades do utilizador.

A necessidade de avaliação da qualidade da interacção homem-computador, ou mais concretamente da usabilidade do sistema, surge para verificar se a concepção do sistema dá resposta às necessidades reais dos utilizadores.

A avaliação da usabilidade (AU) permite identificar problemas específicos na interface de um sistema [5].

De acordo com Dix et al. [6] e Rocha & Baranauskas [7] a avaliação tem como objectivos principais:

- **Avaliar a funcionalidade do sistema**, ou seja, medir a eficiência na execução das tarefas pelo utilizador.
- **Avaliar a satisfação do utilizador relativamente ao uso da interface**, ou seja, verificar o grau de facilidade de aprendizagem, flexibilidade e robustez.
- **Avaliar problemas do funcionamento geral do sistema**, ou seja, com base na verificação de aspectos de *design* da interface que contribuam para uma percepção incorrecta na execução das tarefas, identifica problemas específicos do funcionamento geral do sistema.

B. A Escolha de um Método de Avaliação

Existe uma grande diversidade de métodos para avaliação de sistemas interactivos. Para vários autores [8], [9], [10] e [11] os métodos de AU existentes podem ser agrupados genericamente em cinco classes, designadamente:

- **Teste** (*testing*) ou **Observação Directa** — um avaliador observa os utilizadores a interagir com a interface (isto é, a completar tarefas) para determinar eventuais problemas de usabilidade.
- **Inspecção** (*inspection*) — um avaliador usa um conjunto de critérios, heurísticas, para identificar potenciais problemas de usabilidade numa interface.
- **Inquérito** (*inquiry*) — os utilizadores fornecem retorno informativo de uma interface através de entrevistas, questionários e outros métodos.
- **Modelação analítica** (*analytical modeling*) — um avaliador emprega modelos de utilizador e de interfaces para obter previsões de usabilidade quantitativas.
- **Simulação** (*simulation)* — Um avaliador emprega modelos quer do utilizador quer da interface para emular a interacção do utilizador com a interface e obtém um relatório dessa interacção (por exemplo, actividades simuladas, erros e outras medidas quantitativas).

Os métodos das classes **teste** e **inspecção** são **formativos** e identificam problemas de usabilidade específicos, ao contrário dos métodos do tipo inquérito que são **sumativos**, ou seja, originam critérios de usabilidade. Os métodos das classes modelação analítica e simulação são aproximações da engenharia à AU, permitindo aos avaliadores obter uma previsão da usabilidade a partir dos modelos do utilizador e da interface. São similares às técnicas de avaliação de desempenho usadas na análise de sistemas de computação interactivos [12].

Os métodos de AU diferem em vários aspectos tais como custo, resultados e aplicabilidade (isto é em que etapa do processo de desenvolvimento da interface se usam). Alguns métodos podem ser aplicados em todas as fases o que de facto dificulta a escolha do método apropriado. Há uma aplicação em linha disponibilizada pela *Human Factors Engineering* [8] designada por *Ask Usability Advisor*, que recomenda os métodos a aplicar a cada situação específica. Não deixa de ser uma ferramenta interessante e útil, sobretudo para os avaliadores menos experientes, embora as suas recomendações não sejam seguidas cegamente pelos avaliadores experientes que normalmente criam as suas próprias combinações dos diferentes métodos de avaliação de sítios Web.

A maioria das vezes a AU é feita através da combinação de dois ou mais métodos, na perspectiva de detectar diferentes problemas. Por exemplo, *os métodos de inspecção da usabilidade* [6] técnicas baseadas em processos cognitivos e nos princípios de usabilidade, como não requerem a intervenção directa do utilizador não prevêem a utilização real do sistema, limitando-se a preservar os aspectos relacionados com a usabilidade da interface [6]. Estes são de facto úteis na detecção das áreas da interface a serem refinadas, mas não substituem os métodos que recorrem aos utilizadores da própria aplicação, ou seja, os *testes de usabilidade* [6]. Estas avaliações, centradas no utilizador, têm como premissa que a satisfação das necessidades do utilizador é um factor determinante para a aceitação e consequente sucesso do sistema. Estas abordagens baseiam-se na utilização de medidas quantitativas de desempenho.
Os testes de usabilidade são considerados. em geral, como os métodos mais eficazes na detecção de problemas. Estes testes recorrem à execução de um conjunto de tarefas (Teste) e à utilização de questionários ou entrevistas (Inquérito), isto é, técnicas que envolvem directamente o utilizador questionando-o sobre o funcionamento do sistema.

Os dados obtidos através de entrevistas tendem a ser qualitativos enquanto os dados obtidos a partir de questionários tendem a ser quantitativos. Estes últimos têm a vantagem de poder ser distribuídos por um grande número de pessoas, geralmente por email, conseguindo-se assim resultados estatísticos relevantes [13].

IV. Metodologia de Investigação

A. *A Metodologia*

A metodologia de investigação utilizada no PAI para avaliar a usabilidade seguiu o preconizado por Shneiderman [14] através do uso de sessões de testes ao utilizador e do uso de questionários. Para tal procedeu-se à selecção de um grupo representativo de cada tipo de utilizador — estudantes, funcionários e professores — para participarem no estudo. Os participantes foram contactados pessoalmente, pedindo-lhes que participassem em sessões de testes de usabilidade e que preenchessem um questionário do tipo SUS — *System Usability Scale* [15]. Foram utilizados métodos mistos na recolha dos dados relativos á usabilidade do sítio Web. Os dados foram obtidos através de dois instrumentos:

- **Teste de usabilidade** — Execução de um conjunto de tarefas (com medição de tempos de execução), taxa de erros e taxa de sucesso (avaliação quantitativa); resposta a questões abertas sobre as tarefas executadas (avaliação qualitativa).
- **Questionário** — Medição do grau de satisfação do utilizador ao usar o sítio Web através do preenchimento de um questionário no fim do teste de usabilidade (avaliação quantitativa); resposta a questões abertas sobre o sítio Web (avaliação qualitativa).

B. *Base Lógica da Metodologia*

A investigação do PAI utiliza métodos quantitativos e qualitativos para responder à questão inicial (avaliação da acessibilidade e consequentemente da usabilidade do sítio Web). Os métodos quantitativos são baseados na recolha de dados através de questionários quantificáveis. Os métodos de investigação qualitativa inerentes ao teste de usabilidade foram utilizados neste estudo porque os objectivos desta investigação incluem:

1. compreender o processo pelo qual os utilizadores completam as suas tarefas no sítio Web;
2. conhecer as dificuldades encontradas na realização dessas tarefas e no acesso à informação;
3. obter o grau de satisfação na utilização do sítio Web.

Com base na compreensão da usabilidade do sítio Web através da percepção e experiências dos utilizadores, o resultado deste estudo vai sendo resumido numa proposta com orientações ou um conjunto de directrizes, que auxilie o gestor do sítio a melhorar significativamente a usabilidade do sítio Web da secretaria.

As orientações são baseadas numa investigação experimental — o que os utilizadores disseram e fizeram ao executar as tarefas seleccionadas — nos resultados do inquérito e ainda nas conclusões geradas pela avaliação prévia da acessibilidade [2], [3].

C. *Contexto Institucional*

Esta investigação foi conduzida no Instituto Superior de Contabilidade e Administração do Porto, ISCAP, na região do grande Porto. É uma escola superior com 125 anos de existência, dotada de personalidade jurídica e autonomia administrativa e pedagógica, habilitada a conferir os graus de licenciatura e mestrado.

A comunidade Iscapiana é constituída actualmente por um corpo discente de cerca de 3600 indivíduos, mais 300 docentes e uma centena de funcionários. A dimensão da Escola requer um funcionamento eficiente da secretaria, quer no âmbito administrativo quer no âmbito lectivo, o que conduziu a um forte investimento em recursos humanos e financeiros dirigidos ao desenvolvimento do sítio Web da secretaria.

Grande parte das funções burocráticas e administrativas necessárias são executadas a distância. A aposta no desenvolvimento do sítio Web, baseada numa previsão de forte adesão pela comunidade iscapiana — alunos, professores, funcionários (e convidados) — revelou-se bem sucedida (ver **Tabela 1**), de tal modo que o modelo foi adoptado por todas as escolas do Instituto Politécnico do Porto.

Mês	Visitantes únicos	Numero de visitas	Páginas	Hits	Bytes
Jan 2010	31102	60225	1125586	4263599	61.89 GB
Fev 2010	35387	79763	1398496	5514725	76.24 GB
Mar 2010	26713	59518	1209946	4412563	67.35 GB
Abr 2010	16304	31512	527431	2264171	31.32 GB
Mai 2010	19884	39323	523445	2505946	30.82 GB
Jun 2010	28409	63458	1143540	4959053	68.63 GB
Jul 2010	39100	98932	1665342	9081478	104.57 GB
Ago 2010	15148	27013	524818	2430017	32.44 GB
Set 2010	33200	78394	2594855	8877492	134.17 GB
Out 2010	27638	59765	1819799	6118625	86.98 GB
Nov 2010	19889	41071	931192	4017937	47.64 GB
Dez 2010	16958	33592	713442	3146830	36.18 GB
Total	309732	672566	14177892	57592436	778.23 GB

Tabela 1. Número de acessos mensais ao sítio Web da secretaria durante o ano de 2010.
Fonte: http://stats.iscap.ipp.pt/awstats acedido em Janeiro de 2011.

O gráfico da tabela 1, ilustrado pela **Figura 1** mostra o número de acessos durante o ano de 2010 e a sua variação sazonal.

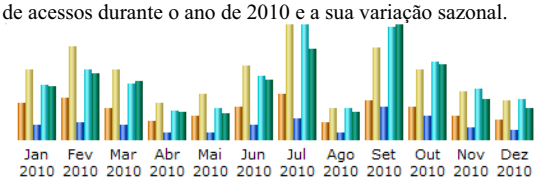


Figura 1. Número de acessos mensais ao sítio Web da secretaria on-line durante o ano de 2010. As cinco barras verticais em cada

MÊS CORRESPONDEM ÀS CINCO COLUNAS DA TABELA 1 (VISITANTES ÚNICOS, NÚMERO DE VISITAS, PÁGINAS, HITS, BYTES).
Fonte: http://stats.iscap.ipp.pt/awstats acedido em Janeiro de 2011.

D. Procedimentos de recolha de dados

Esta secção, procedimentos de recolha de dados, apresenta um resumo dos procedimentos utilizados no decorrer desta investigação.

1) Selecção de Participantes no Teste de Usabilidade

O número de utilizadores que Nielsen [16] encontrou como satisfatório para identificar 85% dos problemas de usabilidade foi de cinco, mas quando existirem perfis de utilizador altamente diferenciados o número deverá situar-se entre três a quatro por perfil. No caso em estudo existem três perfis relevantes — aluno, professor e funcionário. Foi assim ponderada a hipótese de recrutar doze utilizadores. Porém, como também é feita uma avaliação quantitativa, o número estendeu-se a vinte e um no total, com sete por perfil (sendo vinte o número aconselhado por Nielsen [16]). Assim o sistema foi testado com vinte e um utilizadores. sendo sete docentes de diferentes áreas, sete alunos inscritos em anos distintos e sete funcionários.

2) Recolha de Dados Quantitativa

Os dois instrumentos utilizados na recolha de dados quantitativa foram:

- O teste ao utilizador, incluindo medição dos tempos de execução de cada tarefa, contagem do número de erros e contagem do sucesso na realização das tarefas.
- O questionário SUS [15].

O teste ao utilizador foi feito individualmente a cada utilizador e o questionário SUS foi administrado logo após a conclusão do teste ao utilizador.

3) Recolha de Dados Qualitativa

Os dados qualitativos obtidos nos testes de usabilidade derivaram essencialmente dos comentários dos utilizadores durante a execução de cada tarefa, das respostas às questões abertas após a execução da lista de tarefas e da análise da segunda parte do questionário SUS que contempla duas questões de resposta aberta.

E. Teste de usabilidade

O teste de usabilidade foi conduzido individualmente, numa sala privada equipada com um computador, e durou em média trinta minutos por utilizador.
Foi pedido a cada participante que completasse um conjunto de tarefas pré-definidas e fosse dizendo o que pensava à medida que prosseguia na sua execução. Este método utiliza o protocolo "Pensar em Voz Alta". O avaliador registou os "pensamentos" de cada utilizador, cronometrou o tempo de execução das tarefas, contabilizou os erros cometidos e registou o sucesso (ou não) na realização da tarefa.
O conjunto de tarefas incluiu três tarefas comuns a todos os perfis, visando poder concluir acerca dos tempos médios de execução das mesmas independentemente do perfil, e sete tarefas específicas.

No final do teste foi pedido a cada participante que respondesse a um questionário, SUS, para avaliação da usabilidade do sítio Web. Este questionário permitiu quantificar o grau de usabilidade entre valores que variam entre zero e cem, possibilitando comparar o valor obtido com valores de referência de uma tabela obtida com base na análise de centenas de sítios Web [17]. Além de questões quantificáveis este questionário contém duas questões de resposta aberta com a intenção de obter os aspectos mais positivos e mais negativos no sítio Web. Os resultados destas questões em conjunto com a informação obtida através do protocolo "Pensar em Voz Alta" foram incluídas na avaliação qualitativa do sítio Web.

V. RESULTADOS

De acordo com Nielsen [15], em geral não são necessários muitos participantes para empreender uma avaliação. Na prática, os participantes iniciais conseguem fornecer as informações requeridas pelos avaliadores. Neste caso, e como já referido na secção IV, D, 1,, o sistema foi testado com vinte e um utilizadores.

As respostas obtidas foram compiladas numa folha de cálculo para se poder obter resultados objectivos quantitativos, clarificando assim as questões mais prementes em termos de usabilidade. Analisadas as respostas — levando em linha de conta, entre outras, a experiência informática do utilizador, as dúvidas levantadas, a interpretação das mensagens de erro, as taxas de erro nas diferentes funcionalidades, as demoras de acesso à informação pretendida, as durações gastas nas diferentes áreas da interface, o número de pedidos de ajuda, etc. — podemos resumir o resultado da avaliação do seguinte modo:

- **Experiência com o sistema —** A maioria dos utilizadores usavam o sítio Web há mais de um ano, ou seja, estavam razoavelmente familiarizados com a interface. Os alunos do primeiro ano, que utilizavam o sítio apenas há quatro meses, apresentaram alguma dificuldades, que se prevê que irão ser rapidamente ultrapassadas com uma utilização mais frequente; pelo menos foi o que se verificou com os alunos de anos mais adiantados.
  Os docentes da área de Informática, como seria de esperar, mostraram uma desenvoltura bastante superior aos docentes de outras áreas na utilização do sítio Web.

- **Funcionalidades —** De uma forma geral os utilizadores estão satisfeitos com as funcionalidades disponibilizadas, embora sintam necessidade da inclusão de um tutorial que apresente uma lista de todas as funcionalidades

disponibilizadas; também sugerem a simplificação da execução de algumas tarefas, nomeadamente:

- escrita de sumários;
- consulta de planos curriculares;
- consulta de horários das unidades curriculares;
- envio de mensagens;
- alteração de dados pessoais.

- **Navegação (Acessibilidade à informação) —** Em média, 70% dos utilizadores consideraram que o acesso à informação é simples após um certo período de aprendizagem e sugerem um menu principal simplificado, com menos opções no primeiro nível e mais sub-níveis o que facilitaria a leitura concentrada nas opções principais. Portanto preferiam menus menos verticais e mais horizontais.

- **Interface —** É considerada por 90% dos utilizadores como simples e agradável mas com demasiada informação. Não são facilmente distinguíveis as opções expansíveis das não expansíveis, o que às vezes se torna confuso ao navegar no sítio Web. Preferiam menus minimalistas.

- **Tutoriais em linha —** Em média, 90% dos utilizadores consideraram que a inexistência de um tutorial limita a utilização do sítio Web não só devido ao desconhecimento da existência de várias das funcionalidades disponibilizadas mas também devido ao facto de não terem experiência suficiente para executar algumas tarefas menos intuitivas. Preferiam maior ajuda ao utilizador.

- **Utilização do sítio Web —** A utilização revelou-se altamente positiva, já que 100% dos utilizadores mostraram intenções de continuar a usá-lo no futuro. Portanto total satisfação subjectiva.

- **Grau de satisfação do utilizador —** A reacção geral à interface é positiva. De acordo com os resultados obtidos no questionário SUS, a pontuação média foi de 75,6 com um desvio padrão de 12,3.
  De acordo com Sauro [17], uma pontuação acima de 66 sugere que o sítio Web se encontra acima da média em termos de usabilidade. Portanto alta usabilidade.

VI. Conclusões

O estudo apresentado nas secções anteriores corresponde à investigação em curso do PAI. Como se disse na secção IV, B, o resultado final deste estudo está a ser consubstanciado numa proposta com orientações pormenorizadas destinadas a auxiliar o gestor a aumentar significativamente o grau de usabilidade do sítio Web da secretaria nos vários aspectos referidos.

As orientações serão baseadas não só nos resultados obtidos no teste ao utilizador, e nos resultados dos inquéritos, mas também nas conclusões obtidas através de um estudo prévio e exaustivo de avaliação da acessibilidade do sítio [2], [3]. Isto irá facilitar o acesso não só a utilizadores, por exemplo, com algum tipo de incapacidade física mas também à generalidade dos utilizadores.

Também está a ser analisada no PAI uma avaliação heurística do sítio Web que provavelmente teria eleminado alguns dos problemas posteriormente detectados e aqui relatados, permitindo assim que esta metodologia se concentre nos problemas restantes não detectados heuristicamente e aqui relatados.

De uma forma geral pode concluir-se que a utilização de técnicas de interacção Homem-Computador na avaliação da funcionalidade e usabilidade do sítio Web da secretaria foi essencial no sentido de apresentar sugestões que levaram a maior usabilidade, eficiência e a aumentar o grau de satisfação quer para os utilizadores professor quer para funcionários e alunos (e convidados). Foi este estudo que nos permitiu avaliar, desde já, a dependência da satisfação de utilizadores da sua experiência em informática, identificar tarefas a corrigir (e.g. escrita de sumários), a minimizar menús, a diminuir a quantidade de informação disponível por ecrã, a melhorar a ajuda, em particular com a disponibilização de tutoriais em linha, a reduzir a quantidade de informação por página.

O desempenho do sítio pôde assim ser avaliado por critérios claros, apoiado numa base sólida que permite ter noção da percepção humana relativamente à interface, disponibilizando os meios necessários ao desenvolvimento de sistemas que apoiam efectivamente os utilizadores na realização de tarefas.

Vários desenvolvimentos possíveis e a clarificação dos limites e expansões do método estão a ser considerados no PAI, em particular como considerar a avaliação da usabilidade, AU, em sítios Web dinâmicos e complexos. Porém a divulgação do PAI, envolvendo um estudo de usabilidade de um sítio Web de bastante complexidade, aqui descrito e analisado, nomeadamente expondo factores que contribuíram para uma maior ou menor satisfação permitirá, desde já, explorar situações similares ou facilmente extrapoláveis.d

Referências

[1] Bevan, N. (1995). Usability is quality of use. In: Anzai & Ogawa (eds) Proc. 6th International Conference on Human Computer Interaction, July. Elsevier. http://www.usability.serco.com/papers/usabis95.pdf.

[2] Afonso, A.; Cota, M. Estudo preliminar para a avaliação da acessibilidade de um sítio Web. In CISTI 2010.Santiago de Compostela.Espanha.Junho de 2010.

[3] Afonso, A.; Lima, J. Estudo de um projecto (PAI) para avaliação de Interfaces Web. In IADIS 2010. Carvoeiro. Portugal.Dezembro de 2010.

[4] ISO 9241-11. Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs) — Part 11: Guidance on usability (1998).

[5] Preece, J.; Rogers, Y.; Sharp, H. *Interaction Design: Beyond Human-computer Interaction*. 2nd ed. 2007. John Wiley & Sons Inc.

[6] Dix, A.; Finlay, J.; Abowd, G.D.; Beale, R. H*uman-Computer Interaction.* 3 ed. Prentice Hall,Essex, 2004.

[7] Rocha, H.V.M.; Baranauskas, C.C. *Design e Avaliação de Interfaces Humano-Computador*. NIED/UNICAMP, Campinas, SP, Brasil, 2003.

[8] HFE, 2010 — Human Factors Engineering. Ask Usability Advisor. Disponível em http://www.usabilityhome.com/Advisor.html e consultado em 25 de Julho de 2010.

[9] Nielsen, J.; Loranger, H.. *Prioritizing Web Usability.* 1.º ed., New Riders Press.2006.

[10] Ivory& Hearst, 1999 — Ivory, M. Y.; Hearst, M. A. 1999. Comparing performance and usability evaluation: New methods for automated usability assessment Web. Disponível em http://www.cs.berkley.edu/~ivory/research/web/papers/pe_ue.pdf. e consultado em 10 de Julho de 2010.

[11] Jain, R.. *The Art of Computer Systems Performance Analysis: Techniques for Experimental Design, Measurement, Simulation, and Modeling*. New York, USA: Wiley-Interscience. 1991.

[12] Ivory. M.. *An empirical foundation for Automated Web Interface Evaluation*. University of California at Berkeley. 2001.

[13] Preece, J.; Rogers, Y.; Sharp, H. Human-*Computer Interaction*. Addison-Wesley, Wokingham. 1994.

[14] Shneiderman, B. et al.. *Designing the User Interface: Strategies for Effective Human-Computer Interaction*. 5.º ed., Addison Wesley. 2009.

[15] Brooke, J. (1986). **SUS** - A quick and dirty usability scale**.** Disponível em http://hell.meiert.org/core/pdf/sus.pdf e consultado em 20 de Novembro de 2010.

[16] Nielsen, 2006. Quantitative Studies: How Many Users to Test? Disponível em http://www.useit.com/alertbox/quantitative_testing.html e consultado em 18 de Outubro de 2010.

[17] Sauro, J. 2009. How to conduct a quantitative usability test. A measuring Usability LLC Premium Report. Disponível em http://www.measuringusability.com/products/quantitativeReporte consultado a 15 de Janeiro de 2011.

3D technologies applied to architectural teaching.

Study case: The Host Course in the School of Architecture of Barcelona.

Ernest Redondo[1], Lluís Gimenez[1], Galdric Santana[1]
[1]Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica I.
Universidad Politécnica de Cataluña - Barcelona Tech.
Barcelona, Spain.
e-mail:
ernesto.redondo/lluis.gimenez/galdric.santana@upc.edu

David Fonseca[2], Isidro Navarro [1]
[2]GTAM, Grup de Recerca en Tecnologies Mèdia,
Enginyeria La Salle, Universitat Ramon Llull.
Barcelona, Spain
e-mail: fonsi@salle. url.edu/isidro.navarro@upc.edu

Abstract-**We present this paper as the result of an educational research project at the School of Architecture of Barcelona, in which we demonstrate, by means of a study case focused on the Host Course, HC, that using a reverse strategy, opposed to the traditional pedagogical strategy, in which future architecture students start to use first ICT tools and 3D technologies instead of the traditional drawing, their graphic training, visual education, understanding of the space, academic performance and satisfaction as users of computer applications, are superior, with shorter periods for learning.**

Keywords: educational research, 3D technologies, architectural representation

I. INTRODUCTION

A. Objectives

The fundamental objective of this communication is to show the first results of an innovation teaching project which pretends to investigate the development and improvement of both graphic and spatial skills, and academic performance of the future architects during their academic studies using the ICT, Information and Communication Technologies. Particularly, it is focused on the intensive introductory course, previous to the architectural degree: Host Course, HC. It is clear that the skills before mentioned are essential for the architect students and can be acquired with the help of the traditional techniques, or using computer assisted tools. The hand drawing is one of these basic skills, but this aptitude, which used to be obligatory for all students of architecture today it is not compulsory anymore. As described [1], our new coming students from the Scientific and Technological Secondary School, where they are not taught to draw by hand, and they are just taught Technical Drawing, TD, for a couple of semesters, with traditional drawing tools (compass, square, etc.) On the contrary, as digital natives, they are regular users of the ICT and dispose of subsidized laptops supported by the *Plan Escuela 2.0* of the Government of Spain. In this sense, rigorous studies over the improvement of the spatial and graphic capacities in the field of the Engineering Graphic Representation, EGR in general [2], have demonstrated that the introduction of these technologies helps to increase the spatial understanding capacity and the graphic expression of the students. Considering all this, our pedagogical methodological proposal is called Reversed Teaching, RT, because it starts the teaching process with ICT instead of hand drawing, due to the interest and aptitudes now innate of our students, and the generalisation of the three-dimensional modelling thanks to the 3-D software tools as Google SketchUp, that are intuitive, easy to use and cheap. All this together with the generalisation of the digital image and its capture devices, causes a break in the traditional representation systems, where the three-dimensional visualisation or the study of shadows was the goal, and not the means of the object's control in the space and architectural shapes. The other essential education, the freehand drawing, should be acquired before finishing the studies and probably the performance would improve during the last courses, when, behind every line, gesture or proposal, the student could invoke an idea or an architectural concept. Demanding freehand skills at a maximum level, as done today, with the graphical lacks that we described, can be frustrating for the teachers and worthless for the students. By the time, it has been demonstrated [3] that digital drawing, freehand but using digital boards, pc tablets, or Ipads®, is more than an acceptable substitute of the traditional drawing, and using it together with ICT, improves the graphical preparation of the students attending the last courses and their academic performance too.

To reach this general goal, it will be evaluated through study cases all the educational process of the spatial vision and graphic training of the future architects, from the pre-universitary teaching, going through the University Access Exams, the degree, post-degree and master studies. The first study case is the HC, well-coming optional introductory course, that was attended by 220 students out of 380 students aspiring to study architecture in 2010 and who had previously passed the University Access Exams, UAE with a mark higher to 9'6 out of 14. The advantages of the integrated graphic preparation were intended to be proved and evaluated in this experimental course, specially the digital photography, its manipulation with image processing software, in coordination

with 3D modelling, Non Photorealistic Render, NPR, applied to the training of the future architects' graphic education, spatial comprehension, and geometry and architectural understanding. It has been demonstrated how generating this educational process in an easy to use ICT environment, has given great satisfaction to the users, students and teachers, and has represented an important improvement of their capacities, and their academic performance, which justifies for itself, the future of this educational research project on the field of architecture.

B. Background

The background of this research should be found in first place in the previous work of the authors regarding the graphic training of future architects and the new ICT strategies to optimise and improve the academic performance published in specialised educational research magazines [4]. Besides, we have published application examples of these integrated 3d-image modelling and digital drawing strategies [5]. The results obtained since now, in barely two years of work, after being presented and discussed on several international forums, encourages us to keep forward. There is no doubt, in this new phase of the research, as a long range educational research, their goals will be completely accepted as endorsing our starting hypothesis in the Architectural Graphic Representation AGR environment. In parallel the studies in the EGR field and the use of the ICT [6], [7], endorse even more the hypothesis of this project.

II. CURRENT STATE OF THE PROBLEM AND ITS STUDY

In the School of Architecture of Barcelona, ETSAB, since 1994, CAD, three-dimensional modelling and imaging processing is an obligatory subject for all students, which provides us with an accumulated experience in the integration of the ICT to the training of the future architects for many years, in combination with the traditional drawing techniques. Nevertheless, the situation is not the same in the rest of the country and the educational research in the architectural graphic representation environment, AGR, is poor, if measured with the same parameters used in Pedagogical environment or even engineering education. To mention only the closest studies in the equivalent area, EGR, we find important works about the same research topic [8]. The results pointed out that using multimedia system in classroom contributed on one hand to the improvement of the knowledge and on the other hand to the students' motivation and their participation on the learning process [9]. At the same time, essays for teaching through web [10] have been developed. On the contrary on the AGR area not many educational research projects have been realised, checking the papers it is possible to see that unbiased reflections have been published [11] [12] always from the point of view of the digital immigrant. The importance of the videogames for the spatial aptitudes of our students [12] has been detected, although they are based always on personal opinions. They use to have a lack of quantitative and qualitative parameterisation, and also a lack of systematic evaluation of the results. The studies are more rigorous when CAD training, or ICT using experiences are being described, among them we emphasize [14] [15] [16] [17].

The problem. The challenge that we face year after year when we start to initiate our students in the acquiring of the spatial abilities and graphic capacities is that they share time and interests with the subjects of Architectural Projects, from the very first day, but on the contrary they lack the preparation to use the Graphical Tools. The problem is how to solve this lack of training and graphic resources in order that they are able to deal from the beginning of their training with the analysis and comprehension of the architectural composition elements, the creation of the Project, the graphic representation of the technical documents and the presentation of their ideas. As we described, unlike other countries, in Spain there is no other requirement than passing the UAC and is balanced, elevating the mark up to 20% if the TD has been accomplished with traditional instruments, although is not an essential condition. Is inside the university where the students are taught the basics of the hand drawing and other graphic subjects.

III. METHODOLOGY. THE STUDY CASE

A. METHODOLOGY

The general methodology used is the study case, commonly used in the educational evaluation [18]. In our study, the case will be several groups of students from the HC in the ETSAB, formed by a course of basic training for the use of Moodle environment and two specialised courses in graphic education, one consisting in digital imaging and the other consisting in 3D modelling. Along 16 classroom hours a new integrating teaching proposal has been tested. During all of its academic development, ICT have been incorporated in several ways, using graphic applications for solving problems, as well as using multimedia platforms. Those have been used for the presentation and edition of the contents, for the management of the information using specialised forums, or for the on-line corrections in order to create an educative environment where strategies and theoretical concepts were integrated, as well as a synthesis of the graphic architectural specific means and whose results have been considered in a qualitative and quantitative way.

B. Qualitative investigation

As a previous step for the definition of the teaching contents of the course, a rank of knowledge to be acquired has been established according to the Bloom's Revised Taxonomy [19] adapted to the previous level of studies of the students attending the course and to the issue to treat. It is about having a structure which allows teachers to evaluate the improvement of the capacities of the students after the course. In our case such structure is brought by the official list of topics from the UAE on TD, which defines the graphic-spatial skills of our students before accessing the university. Over this basis, the HC has been structured over the following parameters:

objectives, teaching materials, contents and concepts to be explained, timing, hardware and software, going further with the training of the future architects without interfere the specific degree courses. The intention was to create a sample book that would indicate general directions for the explanation of specific topics.

C. Quantitative investigation

Is the part of the work dedicated to the data collecting, the definition of the reference teaching leading group and the experimental one, the comparative evaluation of the academic performance results, opinion polls to measure users' and teachers' satisfaction, together with a basic study of the usability of the software and the hardware, as well as the definition of the control groups, students who use traditional techniques in this case, and a similar list of topics which are useful to adjust the improvement of the students from the experimental course.

1) Satisfaction opinion polls coming from students

We will briefly stop in the description of this section. Through a specific questionnaire it was asked each student about the level of their computer knowledge before the course, and then it was asked and evaluate from 1 to 5 more an Not Know / No Answer option, how they evaluate the benefit of the course, how many daily hours have been dedicated to the realisation of it, the opinion about the term of the exercises, the opinion about the relevance of the teaching materials, and so about the complexity of the contents, ending with an empty part to express their recommendations. The base of this evaluation is taken from the SEEQ, Students' Evaluation of Educational Quality [20].

2) Experimental and control Group

The students of this experimental course will configure the study groups of the next level of the project, when they will attend the first graphic compulsory subject in the architecture degree, *Dibujo II- Introducción a la geometría descriptiva*, DII, where they will use the 3D modelling application to solve control and construction problems and architectural geometrical shapes. The control group of this first study case, has been formed by students who did not take the HC and have studied *Geometria Descriptiva I*, extension of TD, using traditional methodology and with the same teachers as HC.

D. The Host Course in the School of Architecture of Barcelona.

1) The purpose and objectives of the course. This introductory course emerges from the will of the Centre to express that the future architects should dispose, from the very beginning, of a solid graphic formation, which unfortunately they have not always received previously. This is the reason why we want to provide the new students with basic representation tools, expression and architectural conception in order that, from the very first day of their studies, they dispose of versatile, intuitive, reasonable and motivational instruments and work methodology, which allow them to achieve the new challenges of these studies. These tools and strategies will be extended subsequently with more rigorous ones, but given that these need a longer learning period, the intention is to give a minimum instrumental knowledge which allows the student a fast start in his training.

II). Methodological teaching innovation proposal

Aware of the compulsory graphic training previously received by the new ETSAB students, that by age and affinity are ICT users; knowing at the same time the difficulties to reach in a short time basic abilities of the use of the traditional drawing, it is wanted to completely turn the methodological direction of the traditional graphic formation, because from the first day, they will have to face the realisation of projects. So, the whole culture and visual education the hand drawing would bring, and so it will, later, easily introduces the digital drawing, avoiding the slow manual training that hand drawing needs. At the same time, many composition and architectural construction strategies can be reproduced with modern programs. In this experiment, students begin manipulating and displaying a 3D model of a real building next to them, the new ETSAB library, sectioning dynamically, making virtual tour as if it were a videogame, selecting interesting views according to their perception. Later they incorporate lights and shadows as a visual attribute, then apply materials and textures taken from photographs of real building collected and handled in the digital image course to provide more expressiveness to the model, concluding with the construction of a distinctive feature of it, the skylight. They have previously taken a measurement and, after geo-positioning the model, they evaluate whether these comply with its mission to prevent the incidence of direct sunlight inside. To do this they generate synthetic images of the terrace where such elements are placed, set them into the form of photomontages, in which they incorporate materials produced in the digital image course to conclude with a summary sheet where they combine and present all this work in a unique composition.

III)Timing: Each of the two courses consisted of three sessions of two hours each. In the first half hour, the concepts to develop and each computer program bases are described. In the remaining hour and a half they proceeded to conduct supervised practice where newly acquired concepts are applied, in ascending order of complexity and progressed to what was learned in the previous session. Outside classroom hours, the student completed the two key themes of each day, dedicating a couple of hours. The final summary exercise was the recapitulation of all supervised practices and carried out during the weekend following the course.

Objectives. The aim of this course and the other aims that make up this project, take as starting point the fact that students entering university and wishing to pursue the degree in architecture are more or less familiar with new technologies and the use of computers for the work during the course, share information and some of them even with basic image manipulation. We want to check in this case how, when

teachers use ICT tools and educational contents are optimized in this scope, students pay more attention, obtain better academic performance, are more interested when performing the exercises, they use multimedia and web resources to deliver the work and in this case use image processing and 3D modeling to visualize their proposals. On the contrary, they show poor motivation and lower academic performance using traditional methodologies.

IV)Teaching materials. The first thing we have considered when addressing the teaching materials of the course was that all our students are digital natives, as proposed by Premsky [21] [22]. The generational impact of this factor on the education of students is the subject of several studies on high school students, [23] but not in university. According to this argument our students are used with applications which always provides a clear view of the target, incorporating demonstrations of how to play, allowing the gradual advance and save progress, where you can stop and restart when you want, with interactive instant aids, fun active environment, that encourage exploration and strategies. For all this we generated a series of educational materials that pretends to recover that philosophy. Therefore a user manual of the application has been elaborated; a specific tutorial was generated for every one of the practices to be done, as well as interactive presentation for each lecture. They were created in the Centre's Moodle environment a number of resources such as an opinion blog and online support for teachers, together with a repository of materials to use in performing the exercises. Finally, we have designed a final year summary of the two sub-courses in which students have had online corrections and a final evaluation on the Web.

V). Contents: The contents to be developed in the Digital Image Course were: training in basic techniques for making and manipulating digital images and its application in the field of architecture for the shooting and framing, visual sequence generation and photographic report of a building; visual projects of intervention in a built environment; intuitive photomontage; selection and manipulation of images to create textures and integrate them into 3D virtual models. In the 3D Models' Generation Course were addressed: training in basic techniques of handling, construction and design of virtual architectural models with field data collection of a building, 3D models' generation out of simple graphic documentation of the building and its environment; incorporation of elements from its basic geometry, view selection of the virtual model, texture photo mapping and study of sunlight.

VI).Equipment: To perform this experiment diverse teaching computer equipment has been used. For example for the lectures, the Computer Centre equipped with conventional PCs was used. The work outside the classroom was carried out by the students with their personal computers, generally notebooks Toshiba NB 200 or similar. As regarding software, the virtual models were generated with the free licence of Google SketchUp and processing of digital images with Gimp, GNU Image Manipulation program. The photographs were carried out by students with their digital cameras, which were mostly of compact type. For submissions and combined corrections each teacher's PD was used and corrections online were realized with pc Toshiba and Hewlett Packard tablet and Wacon Intuos drawing tablets.

E. Quantitative research

It refers to the part of the work dedicated to data collection, the teaching and experimental group definition, benchmarking academic performance results, surveys to measure users' and teachers' satisfaction, usability study of the software and hardware. The issues to consider are following:

I).Participants: We have worked with 7 groups of 25 and 2 of 30 students, but actually there were 230 students attending the course. The difference between this group and the total of the new students, 380, is that the HC was held outside the school calendar before starting the studies and according to data from the Head of the studies 33% ETSAB students live outside the metropolitan area of Barcelona and residence halls began their activity the following week.

II).Analysis of the results and measurement-evaluation of the academic performance: It was worked with a large group of students that we call experimental and we compared it with a control group that received traditional teaching. This has served to measure the state of training in the use of ICT and spatial and graphic skills before the experiment and compare it with the result at the end. As for the measurement and evaluation of academic performance two ways have been considered, by comparing the academic performance of students in each year and by end of the course in relation to their level of access for the control group, and by a specific questionnaire over the benefit that has been provided to teachers. Regarding this questionnaire, the 9 teachers, being the same teachers for the degree course, in addition being sub-coordinators of the UAE in TD, unanimously expressed the opinion that students have greatly improved the training graphic skills.

III). Satisfaction surveys by students: Through a specific questionnaire that students included in the final work, we have gathered information on the degree of interest of the course, satisfaction and prior training in the ITC management and user-friendliness of used programs.

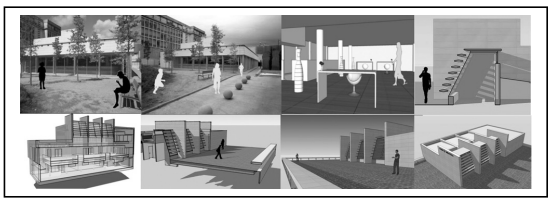


Figure 1.Working course examples.

IV. SPECIAL ASSESSMENT AND CONCLUSIONS

A. Measurement and evaluation of academic performance

-With regard to academic performance, "Fig 1", the course has been passed by 134 out of 220 students, which means that

65.0% achieved acceptable results, 30% had results with mistakes and 5% log out the course because they didn't attend the tasks in the required format and content. We compare this value with the one obtained by the same students in the subject *Geometria Descriptiva I*, which is taught by the same teachers as the HC, and is the first subject using the TD as the natural continuation of the subject learned in school. *Geometria Descriptiva I* has a pass rate of 53%. and students have required 75 hours of classroom teaching and 30 hours out of classroom, compared to 15/20 that were required during HC.

- From the standpoint of visual control of the digital model they were provided, considering the type of representation chosen by the students in the summary panel, we see that conic perspective view predominates. 79% opt for this type of view compared with 21% opting for the isometric, no doubt because by default the 3D modeller NPR uses this by default. Surprisingly however, a large number of students, 28.7% have opted to use the 3D section view, no doubt for economy of means because such a view displays both interior and exterior, and relations between the parties and the spaces of a building. Sequence perspective view of the interior spaces have remained virtually 1% and roof's space, obligatory, 40.1% accomplished it, of which only 15% were being vertical frame, being very specific view of architectural representation.

- We also see the greatest difficulty to achieve the objectives of the course in the case of image processing. Only 45% have successfully completed all specific work which we believe indicates the difficulty of managing the program Gimp. Regarding the intuitive photomontages on the building's exterior or on its roof, 52% of students succeeded, 6% were poor and the rest didn't do any photomontage, which indicates the lack of their visual culture and the difficulty of handling image program. In this sense only 48% applied photographic textures that were previously processed with the NPR modeller program.

- It has been very difficult for the students to define the precise point of view to do real perspectives, even if they have been explained how to control it, they hardly represent it without vertical vanishing. The same can be seen in the intuitive photomontages course where they have no clear idea where the horizon line is. This indicates an overall visual experience, but less canonical which is not a priori a problem.

B. *Satisfaction surveys by students*

Starting to analyze "Fig 2" the answers to question 1 *What is the satisfaction you get from these courses in the sense of whether you like them or not?* show that the course is perceived as very interesting and students express a high degree of motivation about their participation. But as reflected in question 2 *What has been, in your view, the benefit you have earned?* it appears that students may not know that geometric and graphic concepts learned will be directly used in the first degree graphic subjects, regardless of computer programs that they will use. We ensure that students have displayed many aspects during the graphic course and probably the real benefit is higher than the survey shows. Students see a direct connection between what they learn and then used in the studies, reflected in the responses to question 3. *With your current knowledge about the architectural studies, do you think these courses will be useful?* even if those assumptions surprise, because they largely unknown the contents of the subjects that they will study further on, as they were not yet established by the time they attended the HC. The adverse responses also concern, because reflect a real ignorance of architectural studies and more on the graphical representation that further studies rely on. In general the students have answered yes to question 4. *Have you had to work outside the classroom to conduct regular exercises of the course?,* and in some cases they emphasize with a supplementary "a lot" the mark 5. At first they don't think as a disadvantage to work outside of classroom because they don't attend classes at the time, but certainly it surprises that 43% of respondents did not work outside the classroom at all. A priori we can see two reasons of that, either because they possess a high degree of knowledge of the given tools, (looks unlikely), or because the poor level of the work submitted. To find out for sure, we have the response to Question 5. *What training in computer graphics and digital image did you have before starting these courses?*, Most of them answer that their preparation is zero or poor(63%), and in many cases self-taught. It is therefore considered that the final delivery has a satisfactory result to the required demands. And on question 6 *What training in traditional drawing did you have before starting these courses?* Surprises that much of the new students (34%) never seems to have done a course in graphic subjects, especially considering that the architectural fundamentals are based on representation, expression and geometry. Positive answers (28%) do not exceed the previous negative and are assigned to students that must have completed TD in high school. Another notable change regarding similar questions asked in previous courses and similar to question 7. *Do you have computer equipment at home?* and 8. *Do you have a laptop?,* is the full implementation of personal computers at home, either by the involvement of the student or their family environment, or by the governmental subventions in the acquisition of netbooks. 95% of students has personal computer, either fixed or portable. The last question, more particularly about the ETSAB, is no. 9 *What do you think about the classroom where you have completed the courses?,* They mention the continuing problems to update hardware. In general the students complain about the slow response of the software they use because of the multiple connections on a server during a short period of time.

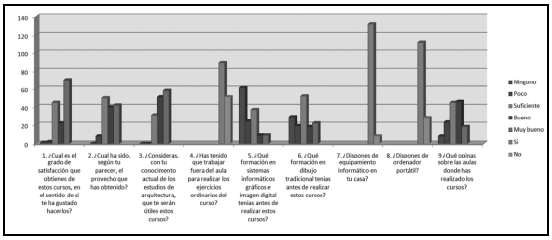


Figure 2. Answer's evaluation.

V. GENERAL CONCLUSIONS AND FUTURE WORK

As we have shown, using ICT with students with very little previous specific training in AGR scope, but motivated

towards these Technologies and employing a comprehensive educational strategy which combines visualisation and 3D modelling, with digital imaging in a multiuser environment, multimedia and online participation, substantial improvements are obtained in a short time in student academic performance, spatial awareness capabilities, and management of digital graphics tools if they are agile and high-level usability. Future work is well defined, first assess whether students of HC, converted into experimental group, evolve adequately throughout their architectural studies. In parallel, groups of undergraduate, postgraduate and master students will be studied so that we get an overall picture of the whole process and we draw conclusions. The problem is to balance very well in each case the background and the knowledge acquired by the end, without breaking the overall scheme of the subject, studying the relative gain in the development and improvement of spatial and graphic capacities as well as the academic performance. The analysis of consistency and deviation in the responses will be completed after the course of DII.

REFERENCIAS

[1] Giménez, LL. Nocito, G. Redondo, E. and Regot, J. Proacción frente a reacción. Datos, notas y algunas ideas sobre el futuro de nuestras disciplinas y la incidencia en ellas del nuevo bachillerato. *Actas XIII Congreso Internacional EGA,* Valencia. 2010. Ed. U PV; 339-340

[2] Martín- Gutiérrez, J., Saorín, J. L., Martín-Dorta, N.and Contero, M. Do "Video Games Improve Spatial Abilities of Engineering Students?". International Journal of Engineering Education, 25(6), 2009, 1194-1204.

[3] Redondo, E, Santana, G. "Metodologías docentes basadas en interfases táctiles para la docencia del dibujo y los proyectos arquitectónicos". Revista Arquitectursrevista nº6 2010, 90-105

[4] Redondo, E. Dibujo digital. "Hacia una nueva metodología docente para el dibujo arquitectónico. Un estudio de caso". Pixel-Bit, núm. 39, 2010, 91-104

[5] Redondo E. "Un caso de estudio de investigación aplicada : la recuperación de la trama viaria del barrio judío de Girona mediante realidad aumentada". Revitsta EGA. núm. 16-2010. V , 2010 .70-81

[6] Saorín, J. Estudio del efecto de la aplicación de tecnologías multimedia y del modelado basado en bocetos en el desarrollo de las habilidades espaciales. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de 2006, Valencia, España.

[7] Saorín, Martín Gutierrea, Martín Dorta, N and Contero, M "La capacidad espacial y su relación con la ingeniería". *DYNA.* Ingeniería e Industria, 84(9), 721-732

[8] Garmendia, M., Albisua, J., and Galarraga, R.. Influencia de la integración de un sistema multimedia en la mejora de la docencia en expresión gráfica. *XIII Congreso Internacional de Ingeniería Gráfica*. Badajoz 2001.

[9] García, Martín, Suárez, Pérez, and Suárez. Sistema de Apoyo al Dibujo para impartir docencia. (2002). *http://departamentos.unican.es/digteg/ingegraf/cd/ponencias/271.pdf*

[10] Álvarez Peñín, P., Pando, P., García, R., & Pérez, M. Entorno multimedia para uso docente en materias de Expresión Gráfica. XVIII *Congreso Internacional de Ingeniería Gráfica*. Sitges, Barcelona 2006..

[11] Otxotorena, J.M. "Dibujo y proyecto en el panorama de la arquitectura contemporánea: impacto e influjo de los nuevos procedimientos gráficos". Revista EGA, n. 12 .2007, 60 -73.

[12] Franco Taboada, J.A.. Jano Bifronte. Impregnación y mestizaje en el área de la expresión gráfica arquitectónica. *Actas XII Congreso Internacional de Expresión Gráfica Arquitectónica,* Madrid . 2008, 317,-324.

[13] Solana, E. La utilidad frente al operador en la Expresión Gráfica Arquitectónica. Revista EGA, n 12 2007, 74-81

[9] [14] Santana, G; Soler, M; Cadenato, A. [en linea]: *Dia d'ATENEA '09. ATENEA nos puede ayudar a adaptar una asignatura al EEES. (mesa redonda)*. [Barcelona]: ICE, Universitat Politècnica de Catalunya, 2009. "Ejemplo de aplicación de docencia semipresencial, en una asignatura troncal (GD II), de la ETSAB"< http://www.upc.edu/atenea/difusio/dia-atenea-09/programa-atenea-09 > [Consulta: 4 febrero 2011].

[15] Gavin, Lesley Online Learning in Multi-User Environments , Stellingwerff, Martijn and Verbeke, Johan (Eds.), ACCOLADE - Architecture, Collaboration, Design. Delft University Press (DUP Science) ,The Netherlands, 2001 .59-64

[16] Bartchougova, E. and Rochegova, N. About Virtual Spatial Modeling in Architectural Education, Spatial Simulation and Evaluation - New Tools in Architectural and Urban Design, *Proceedings of the 6th European Architectural Endoscopy Association Conference* 2004, 138-142

[17] QaQish, Ra'Ed K. Exploiting Tools of Evaluation to Improve CAAD Teaching Methods. A Case Study of Inter & Intra ECTM Model, *Proceedings of the Ninth International Conference on Computer Aided Architectural Design Futures* Eindhoven, 8-11 July 2001, 215-230.

[18] Stake, R.E. Case study Metodology: An Epistemological Advocacy. A W.W. Welsh (ed.) Case study Methodology in Educational Evaluation. *Proceedings of the 1981 Minnesota Evaluation Conference*. Minneapolis.

[19] Anderson, L., & Krathwohl, D. (Edits.). A Taxonomy for Learning, Teaching and Assessing: a Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives. Longman, New York.2001.

[20] Marsh y Lawrence, SEEQ Students' Evaluation of Educational Quality , Multiple dimensions of university teacher self-concept. Instructional Science,vol 8 n5. 1970, 439-469

[21] Premsky, M. Digital Natives, Digital Immigrants (FMCB University Press, 2001.

[22] Premsky, M- Digital Game-Based Learning. McGraw-Hill, 2001.

[23] Etxeberria F. Videojuegos, consumo y educación, Revista Teoría de la Educación, Vol 9, n3 , 2008, 11-28.

El uso de los perfiles de las redes sociales en la prensa de Galicia y del Norte de Portugal

Campos Freire, Francisco
Universidad de Santiago de Compostela
USC
Santiago de Compostela, España
Francisco.campos.freire@usc.es

Goyanes Martínez, Manuel
Universidad de Santiago de Compostela
USC
Santiago de Compostela, España
Manuel.goyanes@gmail.com

Abstract—**Esta investigación tiene como objetivo conocer la situación y presencia en Facebook de una muestra de prensa escrita gallega y del norte de Portugal. Para ello se ha realizado un análisis de contenido, extrayendo resultados significativos.**

Palabras claves: Facebook, redes sociales, privacidad, autoría.

I. INTRODUCCIÓN

Las tendencias cambian, y en Internet de manera más acelerada. Los medios tradicionales –prensa, radio y televisión- han tenido que adaptarse a la nueva situación mediática, en la que la WWW ha cambiado el ritmo de la información [1], ha roto la periodicidad, y, lo que es más importante, ha alterado el modo de acceso de los ciudadanos a las noticias [2].

El paradigma comunicativo establecido durante décadas ha experimentado un cambio sustancial. El modelo pasado, de la sociedad de masas, se caracterizaba por estructuras jerarquizadas y unidireccionales, con un poder que concentraba la representación de la opinión pública. La comunicación era del medio a la audiencia, con comportamientos muy pasivos [3].

El nuevo contexto tecnológico y social desembocó en nuevos servicios y herramientas que fomentan la participación y colaboración ciudadana: la Web 2.0 acuñada por Tim O`Reilly [4].

Su característica fundamental es la capacidad del usuario de convertirse en sujeto activo, de publicar o editar contenidos, personalizar o definir el modo en que quiere consumir los contenidos de Internet y poder para crear comunidades dentro de la propia red [5].

La filosofía colaborativa que preside el mundo de la web social y las redes sociales, ha contribuido de manera decisiva a la introducción en los cibermedios de una nueva política de enlace y flujo con las herramientas de producción de contenido ciudadano.

Los blogs y redes sociales se han convertido en medios de comunicación de la gente [6] y han propiciado la predisposición de los cibermedios a abandonar los viejos modelos unidireccionales y establecer, un régimen comunitario donde la participación es la base para lograr fidelidad y un índice superior de visitas.

La producción, distribución y comercialización de información ya no están únicamente en manos de los medios de comunicación tradicionales. El nuevo entorno tecnológico ha contribuido a la autocomunicación de la ciudadanía y a la adquisición de un papel dinamizador capaz de comprender y hacer comprender la realidad diaria.

Es en este proceso de autocomunicación ciudadana, donde la cadena de valor de los medios de comunicación se encuentra a la deriva, sin coordenadas claras ni rumbo fijo.

Con la emergencia de un vasto espacio en el que millones de ciudadanos se convierten en activos comunicadores [7] los cibermedios han desarrollado estrategias con las que adquirir una mayor proximidad con sus lectores.

La creación de comunidades participativas a través de redes sociales tipo Facebook o cuadernos de bitácoras de periodistas vinculados al medio matriz, se han convertido en las herramientas esenciales con las que crear un flujo constante, que vincula por igual a medios, lectores e información.

Son cada vez más los cibermedios que ven en las redes sociales virtuales una puerta de entrada a lectores. Su utilización va en aumento mientras la prensa online va creando vínculos a través de herramientas para compartir o enlazar noticias [8] o mediante la creación de páginas corporativas específicas en ellas.

El desarrollo de estas últimas, ha multiplicado la participación ciudadana. Pueden ser muchas las causas, pero todo parece indicar que la cercanía de los usuarios con las redes sociales, la facilidad de participación sin pasar por un registro previo y la instauración de una comunidad de amigos en torno al medio al que libremente decidieron agregarse, parece estar detrás de tal envergadura de participaciónes.

Las redes sociales virtuales poseen características propias que les hacen ser una plataforma diferente a los medios de comunicación tradicionales y a otros medios sociales. Sin embargo, poseen rasgos comunes que permiten que su integración en los cibermedios se realice de forma natural [9].

El gran ejemplo es Facebook, aunque la presencia de los medios de comunicación en ella plantea numerosas cuestiones. La primera de ellas consiste en la elección de la cuenta

apropiada, diferenciando fundamentalmente dos posibilidades: perfil de usuario y página de Facebook.

Los perfiles de usuario contienen la información de configuración de un sujeto. Esta información incluye todo el contenido de carácter personal introducido por el usuario, y que es mostrado una vez que dos individuos deciden aceptarse como "amigos".

El término "amigos" hace referencia al vínculo de unión establecido entre dos usuarios de Facebook. Para ello, es necesario que el sujeto 1 envíe una petición de amistad al sujeto 2, y que este último lo acepte. Una vez agregado, los dos usuarios, tienen acceso a la información personal de ambos.

Por tanto, el medio que despliegue esta estrategia en Facebook tendrá acceso al contenido personal de su audiencia, con la que podrá realizar un análisis detallado de la misma, aunque a priori, esta cuenta está configurada para la utilización personal y no empresarial.

En las páginas de Facebook no es necesario el envío de una petición de amistad, es libremente el usuario el que se agrega a la página mediante la opción "me gusta". A través de esta alternativa la página crea una comunidad de seguidores vinculados a ella, pero el gestor de la página solo tiene acceso a la información de aquellas cuentas que la tengan libremente abierta: se trata de cuentas configuradas expresamente para la interactividad con empresas.

De este modo, aunque el análisis de la audiencia es menor con las páginas que con los perfiles, el usuario puede observar "menos riesgos" para su intimidad en las páginas, sobre todo cuando se traten de perfiles de medios poco actualizados y con escasos elementos interactivos. El motivo: que si se dan suplantaciones en páginas la intimidad del usuario no queda al descubierto, en cambio en los perfiles sí.

La cuestión de las suplantaciones de identidad es muy preocupante en los nuevos entornos virtuales debido al incremento exponencial que han experimentado, afectando incluso al sector periodístico. Los medios a la hora de crear cuentas en redes sociales virtuales deben reflejar su autoría, fundamentalmente a través del desarrollo de elementos interactivos y multimedia de los que el usuario se pueda valer –para relacionarse, informase, participar o colaborar- y con los que, en gran medida, dependerá su reconocimiento autoral ante posibles suplantaciones.

Muchos medios han comprendido el alcance de las nuevas herramientas de social media, e inician la creación de espacios dedicados a la interactividad y multimedialidad, fomentando la colaboración y participación ciudadana para abrir nuevas vías a la cobertura informativa del que usuario forma parte activa a través del comentario y la conversación.

Sin embargo, muchos otros se rezagan, no controlan, no utilizan o utilizan mal las herramientas dispuestas en la web social. Los resultados son inmediatos: disminución del régimen colaborativo y participativo y, en otros casos, al tratarse de presencias poco actualizadas y testimoniales, escasa o nula utilidad o incluso suplantaciones ante la falta de un control empresarial.

Los medios deben desplegar estrategias de estímulo e impulso del uso de las redes sociales como vehículos de interacción social, pero además han examinar exhaustivamente las estrategias desplegadas, la conveniente gestión y las posibles suplantaciones a las que pueden estar abocados.

II. Las Redes Sociales Virtuales: Sistemas de Comunicación del Mundo

El fenómeno de la red social se ha convertido en uno de los medios de masas más solicitados y consumidos por los usuarios en red. Su alcance es tal, que la estructura de los medios de comunicación tradicionales está empezando a amoldarse a sus características.

Un primer avance es el despliegue de estrategias con las que aprovechar el flujo participativo y aproximar ambas plataformas. El fin, conseguir aumentar las visitas web, su nivel de influencia y la cercanía al lector sin que la calidad informativa y el valor de marca del medio se vea afectado.

A. Facebook: la madre de las redes sociales.

Uno de los motivos por lo que las redes sociales se consideran uno de los mayores fenómenos comunicativos de los últimos años, es gran parte gracias al desarrollo, expansión y consolidación de Facebook por todo el mundo.

Desde su nacimiento en 2004 en el seno de la Universidad de Harvard, Facebook no ha cesado en su crecimiento. Según Alexa [15] se ha convertido en 2010 en la segunda web con más visitas siguiendo la estela marcada por Google.

En el mundo existen un total de 940.000.000 de usuarios de redes sociales, del que el 51% pertenece a Facebook el 20% a MySpace y el 17% a Twiter [17]. La comparativa entre las dos primeras redes sociales en cuento a cifras –en millones de dólares- por ingresos publicitarios es el siguiente:

Los ingresos publicitarios de Facebook crecieron un 34% en Estados Unidos y un 65% por todo el mundo entre el 2009 y 2010. De $335 pasó a $450 en Estados Unidos y de $100 a $155 más allá de sus fronteras.

MySpace vio reducido sus ingresos publicitarios un 21% entre 2009 y 2010, descendiendo desde los $465 en 2009 a los $360 en 2010 en Estados Unidos. Mientras fuera de Estados Unidos sus ingresos se mantuvieron con un total de $25 [18].

La telefonía móvil también se ha convertido en un aliado de las redes sociales. Un estudio realizado por ComScore en 2010 señala que el porcentaje de usuarios de redes sociales a través de teléfono móvil ha crecido por todo el mundo en 2009 [19].

Concretamente en el Reino Unido, España, Alemania, Francia e Italia, el uso de Facebook a través del teléfono móvil, representa entre un 10 y un 28% comparado con el uso de Facebook en PC. El país con más consumo de Facebook a través de móvil es el Reino Unido, con un 22%, mientras que el menor es Francia con un 11% y Alemania con un 10%. España es tercera con un 17% detrás de Italia con un 20% [19].

Este mismo estudio indica que la descarga de aplicaciones con las que acceder a las redes sociales se posiciona en sexto

lugar con 5 millones de usuarios únicos. Los videojuegos son las aplicaciones más solicitadas con casi 20 millones de usuarios únicos, seguida a cierta distancia por mapas y mensajes.

III. Objetivos, Marco Teórico, Metodología e Hipótesis

El objetivo fundamental de este trabajo es conocer la presencia en la red social Facebook de una muestra significativa de medios gallegos y del norte de Portugal. La hipótesis de la que se parte es que la mayoría de ellos poseen páginas y no perfiles de usuario en Facebook y que los elementos interactivos son escasos o nulos, dificultando el reconocimiento de la autoría de los perfiles o páginas.

Para la selección de los medios portugueses, el estudio tomó como fuente de información la investigación realizada en 2009 por la Entidade Reguladora para a Comunicaçao Social [10]. De todos ellos, únicamente se han seleccionado los diarios con mayor audiencia por distrito del norte de Portugal, quedando obviados, por razón de espacio, el resto.

TABLA I Muestra de Periódicos De Galicia y del Norte de Portugal Analizados

Diarios gallegos			
La Región	La Voz de Galicia	Correo Gallego	Faro de Vigo
Diario de Pontevedra			
Diarios por distrito del norte de Portugal			
Distrito	**Periódico**	**Distrito**	**Periódico**
Aveiro	Diário de Aveiro	Bragança	Mensageiro Noticias
	Jornal da Bairrada		A voz do nordeste
Viseu	Diário de Viseu	Braga	Diário do Minho
	Noticias de Viseu		Correio do Minho
Porto	Jornal de Vila do Conde	V. do Castelo	A aurora do Lima
	Gazeta de Paços de Ferreira		Alto Minho
Vila Real	A voz de trás-os-montes		
	Semanario Transmontano		

El marco teórico aplicado es el nuevo cambio de paradigma comunicativo [11, 8] en el que los medios tradicionales ya no son únicos proveedores de hechos noticiosos, sino que compiten con la propia autocomunicación de masas en el alcance de la máxima repercusión y audiencia.

La irrupción en la esfera mediática de las redes sociales, ha supuesto un nuevo canal en el que manifestar las opiniones ciudadanas [6], una nueva manera de construcción de la identidad personal [12] y una forma más o menos profesional de reconocimiento social a través de sus lectores así como por otros usuarios [13].

Los medios tradicionales reaccionan ante las llamadas de las nuevas redes sociales, pero con estrategias unimedia más propias de la Web 1.0 que de la Web 2.0 [14]. Es esta fase de transición donde se deben afianzar los flujos entre medios y redes, y donde los primeros deben adaptarse a las nuevas circunstancias mediáticas en las que el usuario concentra un poder de difusión y distribución informativa equiparable a la suya.

Las redes sociales se ratifican como vehículo a través del cual los cibermedios crean conexiones con el fin de alcanzar un mayor número de lectores. Esta meta no significa la pérdida de calidad informativa, sino que el medio debe de promover la gestión verificada de cada una de los comentarios, desplegando estrategias que vinculen cada vez más al medio con el usuario colaborador.

Es en la Web 2.0 –en la web social- donde el periodista se puede convertir en el centro del proceso comunicativo entre medio y consumidor. Su labor debe crear sinergias entre ambos, implicando al usuario y otorgándole capacidades con las que descubrir nuevos temas, hechos y primicias.

El periodismo actual debe crear un duplo periodista-comunidad, con el que ampliar los horizontes y las colaboraciones entre los miembros con el fin de verificar datos, reunir nueva información y ampliar la ya obtenida.

La metodología adoptada en esta investigación es la observación del análisis de contenido de las cuentas de Facebook de una muestra significativa de medios de Galicia y del norte de Portugal. A través de esta muestra se comprobará el estado y presencia de los medios analizados en la red social.

IV. Facebook en España y Portugal

La red social Facebook ha experimentado un importante ascenso en la Península Ibérica. Sin embargo no fue hasta 2010 cuando se convierte en líder de las redes sociales en España, mientras que en Portugal todavía no lo ha logrado -2010-

ComScore [20] realiza en 2010 un estudio en el que elabora un ranking de las 15 webs más visitadas durante el mes de septiembre de 2008 y 2009 en Portugal. Google Sites y Microsoft Sites alcanzan los dos primeros puestos, Facebook no aparece.

Sin embargo, se sitúa en la tercera posición de redes sociales con más visitas en 2009, con un total de 639.000, un 463% más que en el mismo mes de 2008 con un total de 113.000.

Siendo Facebook la red social con más crecimiento en Portugal, el primer puesto lo alcanza Hi5. Esta red social, que además es el cuarto site más visitado de Portugal, cuenta con un total de 3.300.000 visitas en 2009, un 17% más que en septiembre de 2008. Windows Live sigue su estela a cierta distancia con 1.200.000 visitas en 2009. [20].

El caso español es muy similar al de Portugal: de inicio Facebook no es la red social con más visitas, aunque las redes sociales hayan incrementado un 41% en 2008 respecto a 2007 con un total de 13.000.000 de usuarios [21].

Tuenti era en 2008 la red social líder en España con más de 5.500.000 de vistas, un 770% más que en 2007. En estas mismas fechas, Facebook alcanzaba la cifra de 3.300.000, un 1.147% más que en 2007.

No es hasta 2009 cuando Facebook logra el liderazgo de las redes sociales en España, afianzándose en 2010 con un total de 14.000.000 de visitas un 49% más que en 2009. Estos datos la convierten además en la tercera web con más audiencia en 2010.

A pesar de su ascenso, Tuenti es desbancada por Facebook en el primer puesto del ranking de visitas en redes sociales en España. Experimentando un acenso del 21% en 2010 respecto a 2009 con un total de 8.825.000 visitas, es insuficiente para alcanzar a la red social norteamericana.

V. Resultados: Presencia en Facebook de los Medios Gallegos y del Norte de Potugal.

Como ha ocurrido con otras revoluciones tecnológicas, los medios de comunicación han asistido con escepticismo a la emergencia de la Web social, posteriormente han mostrado sus temores ante su desarrollo, y finalmente se han adaptado al nuevo modelo de comunicación una vez que han comprobado que es más que una tendencia pasajera [22].

En consecuencia, hay que preguntase qué están haciendo los medios tradicionales para modificar su estructura y convertirse en medios sociales, y lo que es más importante ¿quieren realmente dialogar con sus audiencias?

Son muy sutiles las metas alcanzadas, pero todo indica que las estrategias desplegadas consisten en la proyección de la identidad de los medios en los nuevos ámbitos en los que se desarrolla la vida en la Red : Facebook, Twitter, Hi5, etc.

Esta investigación, parte de este objetivo, un acercamiento a las redes sociales y concretamente a Facebook, con el fin de conocer la presencia de los medios gallegos y portugueses en ella.

Se analizan por un lado, las características de sus respectivas cuentas –páginas o perfiles-, atendiendo al número de seguidores en comparación con su difusión escrita, número de entradas y nivel de autoría. Para el reconocimiento de esta última, se analiza la presencia de elementos interactivos a través de los cuales los usuarios puedan acceder a información, otras redes sociales vinculadas al medio, fotografías, vídeos y foros.

De los cinco medios gallegos analizados el día 11 de Enero de 2011, se concluye lo siguiente: La Voz de Galicia y Correo Gallego son páginas de Facebook, Faro de Vigo y Diario de Pontevedra son perfiles de usuario y La Región forma un grupo .

Únicamente Faro de Vigo y Diario de Pontevedra tienen acceso al contenido personal de su audiencia a través de su perfil. Los tres medios restantes al establecerse como página o grupo tienen un conocimiento menor de su público, debido a que sólo tienen acceso a la información personal de aquellos usuario que la tengan libremente abierta.

Los dos medios con perfiles tienen un elemento coincidente: ambos poseen otra cuenta como página. Aunque por motivos de espacio, no se presentan en la tabla II, la cantidad de seguidores es menor y los elementos interactivos son casi inexistentes, aunque a priori, todo indica que la autoría es real.

TABLA II ANÁLISIS DE LAS CUENTAS DE FACEBOOK DE LOS MEDIOS GALLEGOS

Medios Gallegos	Cuenta	Nº Seg / Difusión	Entradas	Autoría
La Voz de Galicia	Página	12.689 / 98.829	3	x
Faro de Vigo	Perfil	4.001 / 38.664	1	x
Correo Gallego	Página	2.136 / 106.684	2	x
La Región	Grupo	109 / 11.241	1	x
D.de Pontevedra	Perfil	1.553 / 6.741	1	x

El número de entradas halladas por el buscador de Facebook sobre un determinado medio, representa un inconveniente para el mismo.

Introduciendo La Voz de Galicia, se dan un total de tres entradas con el mismo nombre y cuenta. Dos de ellas se tratan posiblemente de suplantaciones –al igual que ocurre en el caso de El Correo Gallego- puesto que no tienen información alguna ni elementos interactivos. Estas circunstancias desvirtúan el valor de la página principal, y pueden llegar a confundir al usuario en su búsqueda.

La comparativa entre número de seguidores en Facebook y la difusión del medio en prensa escrita [23], es favorable a esta última.

Aunque la diferencia es cuantiosa, día a día se va reduciendo y cada vez son más los seguidores en la red. Los casos más notables son el de La Voz de Galicia y Faro de Vigo, en el que el volumen de su comunidad ya es muy importante, con tendencia a ir en aumento en todos los casos.

Los diferentes elementos con los que interactúan los medios de comunicación –tabla III- con sus usuarios, están la mayoría por desarrollar.

Destaca la página de La Voz de Galicia, en el que se dan los cinco elementos analizados. La información que ofrece es actualizada, la vincula con el cibermedio a través de links y ofrece la posibilidad de acceder a su contenido a través de otras redes sociales como Twiter o Tuenti. Además, mantiene un foro abierto sobre temas que el medio establece, aunque la ciberpatipación es escasa.

El periódico La Región también interactúa con sus usuarios a través de un foro, pese a que solo ha creado una noticia en 2009. La sección fotográfica está escasamente actualiza con únicamente dos –como Faro de Vigo-.

No ofrece información sobre cuentas en otras redes sociales ni sobre noticias, con lo que no se vincula con el cibermedio a través de links, pero si presenta la URL. La Region se distingue por introducir una nueva figura: el administrador de la cuenta, con lo que el usuario conoce de quien se trata el creador y gestor del contenido.

TABLA III ANÁLISIS DE LOS ELEMENTOS INTERACTIVOS DE LOS MEDIOS GALLEGOS

Medios Gallegos	Informc.	Redes	Vídeo	Fotos	Foro
La Voz de Galicia	x	x	x	x	x
Faro de Vigo				x	
Correo Gallego	x	x		x	
La Región				x	x
D.de Pontevedra	x		x	x	

El Correo Gallego, al igual que La Voz de Galicia y Diario de Pontevedra, ofrece información diaria sobre hechos noticiosos, y con la que, mediante links, se accede al cibermedio. La página informa de la creación de cuentas en otras redes sociales como Twiter o Tuenti, creadas ex profeso para el consumo a través de dispositivos móviles.

El caso de Portugal es muy distinto al gallego: son muy pocos los medios que interactúan con sus audiencias a través de Facebook. De los 14 medios analizados 5 poseen un perfil en Facebook, 2 son páginas y los siete restantes no tienen cuentas.

El Diário de Aveiro ofrece información actualizada con la que, a través de links, se vincula al cibermedio. Es el único de toda la muestra –incluidas las gallegas- en el que se da el caso de que posee menor número de difusión de prensa escrita [24] que de seguidores en la red. Tiene además acceso a toda la información personal de su comunidad, debido a que es un perfil de usuario.

TABLA IV ANÁLISIS DE LAS CUENTAS DE FACEBOOK DE LOS MEDIOS DEL NORTE DE PORTUGAL

Diarios Norte Portugal		Cuenta	Nº Seg / Difusión	Entradas	Autoría
Aveiro	Diário de Aveiro	Perfil	4.406 / 3.834	1	x
	Jornal da Bairrada	Página	1617 / 8.334	1	x
Viseu	Diário de Viseu	Página	10 /	1	
	Noticias de Viseu				
Porto	Jornal de Vila do Conde				
	Gazeta de Paços de Ferreira	Perfil	118 /	1	x
Vila Real	A voz de trás-os-montes				
	Semanario Transmontano				
Bragança	Mensageiro Noticias				
	A voz do nordeste	Perfil	5001 /	1	x
Braga	Diário do Minho	Perfil	281 / 4.526	1	x
	Correio do Minho				
V. do Castelo	A aurora do Lima	Perfil		1	
	Alto Minho				

En el mismo distrito de Aveiro, Journal da Bairrada ofrece información actualizada vinculada al cibermedio –al igual que Diario do Minho de Braga-, además de una sección fotográfica y un foro abierto escasamente actualizado como se representa en la tabla IV.

Se observan cuentas que no ofrecen reseñas del medio ni información vinculada al cibermedio, fotos, redes, etc. Son los casos de Diario de Viseu y Aurora do Lima. Sus cuentas podrían estar suplantadas, o desatendidas por el propio medio.

Los perfiles de Gazeta de Paços de Ferreira y A Voz do Nordeste atesoran un número considerable de seguidores. No obstante, no ofrecen información actual, ni la vincula con le cibermedio. No presentan información sobre el propio medio creador de la cuenta ni elementos interactivos, –tabla V- con lo que pudiendo ser de autoría real, el usuario no es quien de reconocerla.

TABLA V ANÁLISIS DE LOS ELEMETOS INTERACTIVOS DE LOS MEDIOS DEL NORTE DE PORTUGAL

Diarios Norte Portugal		Informc.	Redes	Videos	Fotos	Foro
Aveiro	Diário de Aveiro	x				
	Jornal da Bairrada	x			x	x
Viseu	Diário de Viseu					
	Noticias de Viseu					
Porto	Jornal de Vila do Conde					
	Gazeta de Paços de Ferreira					
Vila Real	A voz de trás-os-montes					
	Semanario Transmontano					
Bragança	Mensageiro Noticias					
	A voz do nordeste					
Braga	Diário do Minho	x				
	Correio do Minho					
V. do Castelo	A aurora do Lima					
	Alto Minho					

CONCLUSIONES

Los medios de comunicación exploran nuevas fórmulas con las que interactuar con su audiencia. El despliegue de estrategias en las nuevas plataformas de autocomunicación social, son el vehículo apropiado con el que fidelizar y vincular a sus consumidores.

La creación de páginas y perfiles de usuario en redes sociales se convierten en uno de los procedimientos fundamentales con el que alcanzar dicho objetivo, en el que Facebook juega un papel fundamental.

La hipótesis inicial de la presente investigación parte de la presencia mayoritaria de medios de comunicación en Facebook a través de la creación de páginas y no de perfiles de usuario y que los elementos interactivos presentes son escasos o nulos, dificultando el reconocimiento de la autoría del medio en caso de suplantaciones.

El análisis de contenido de cada uno de ellos, demuestra que en parte los dos supuestos no se cumplen, ni en Galicia ni en el norte de Portugal, ya que de los 12 medios con presencia en Facebook, únicamente 4 poseen páginas y los elementos interactivos que cuentan algunas cabeceras son importantes.

El primer hecho evidencia que los periódicos digitales de Galicia y del Norte de Portugal escasamente aprovechan las potencialidades de los perfiles de usuarios de las redes sociales. El próximo objetivo de esta investigación será conocer las causas y motivaciones que conduce a los gestores de las redes sociales incluidas en la muestra, al rechazo de esta alternativa así como de las respectivas ausencias.

Los medios que proyectan su presencia en Facebook a través de perfiles de usuarios tienen mayor información que los medios que crean páginas. Mediante el perfil de usuario el medio establece un vínculo de amistad con toda su audiencia con lo que tiene acceso a todo su contenido personal y por lo tanto al análisis de la misma, aunque a priori esta cuenta está configurada para el disfrute personal y no empresarial.

Los usuarios deben reconocer en el perfil del medio su autoría, ya que una vez que el medio lo acepte como amigo, este tiene acceso a su configuración de perfil. En caso de no reconocerla, el usuario posiblemente no solicitará la petición de amistad puesto que sospechará que se trata de una suplantación de identidad.

El usuario puede considerar como verídicos aquellos casos en los que el perfil del medio presenten algunos de los siguientes aspectos: información actualizada, tratamiento periodístico de las noticias, vinculación con el cibermedio, fomento de la participación a través de foros, acceso a contenido videográfico o fotográfico, etc.

Tales son los casos de los medios gallegos Faro de Vigo y Diario de Pontevedra. En Portugal, de los 5 medios con presencia en Facebook a través de perfil, el usuario posiblemente solo reconocerá dos de ellos, Diario de Aveiro y Diario do Minho. El resto, al no contener elementos interactivos ni información actualizada, aunque la autoría sea real, el usuario no es quien de reconocerla.

Las páginas de Facebook crean comunidades en torno al medio, pero el análisis de la audiencia es mucho menor para el medio y menos agresiva para el usuario. El término agresivo hace referencia a la intimidad personal de los cibernautas, puesto que para acceder a la comunidad del medio, no precisan solicitar una petición de amistad, sino que son ellos mismos quienes se agrega libremente, con lo que no permiten el acceso a su información íntima: se tratan de cuentas configuradas expresamente para la interacción con empresas.

En Galicia optan por esta alternativa La Voz de Galicia, Correo Gallego y La Región –aunque es un grupo, las características son iguales-. En Portugal Jornal da Bairrada y Diário de Viseu, aunque este último posiblemente se trate de una suplantación al no presentar elementos interactivos.

Los medios deben vigilar su presencia en Facebook a través del control del número de entradas en el buscador de la red social. Los resultados deben ser acordes con su autoría, puesto que cada entrada que el usuario no reconozca, desvirtúa el valor de la página principal, pudiéndolo confundir en su búsqueda.

Son el caso de La Voz de Galicia con un total de tres entradas con la misma cuenta y Correo Gallego con un total de dos.

BIBLIOGRAFÍA

[1] Edo, C. (2009): "La noticia en Internet: cibermedios, blogs y entornos comunicativos emergentes". En *Estudios de periodística,* num. 15 [en línea] [citado el: 11 de Enero de 2010]

[2] Gomis, L. (1991): *Teoría del periodismo. Cómo se forma el presente.* Barcelona: Paidós.

[3] López García, X. (2010): La metamorfosis del periodismo. Historia de lo que permanece y de lo que cambia en el ciberperiodismo del tercer milenio. Zamora: Comunicación Social.

[4] O`Reilly, T. (2005): "What Is Web 2.0. Design Patterns and Business Models for de Next Generation of Software. En *O`Reilly.com* [En línea] [Citado el:14 de Enero de 2011]

[5] Cabrera, M., y otros. (2007): "El periodista como creador y diseñador independiente de contenidos informativos: blogs y nuevas formas de periodismo en la era digital." *IV Congreso Internacional Comunicación y Realidad.* Universidad Ramón Llull, Barcelona: s.n.

[6] Orihuela, J.L. (2006): La revolución de los blogs. Cuando las bitácoras se convirtieron en el medio de comunicación de la gente". Madrid: La Esfera de los Libros.

[7] Raine, L. (2005): "The State of Blogging". En *Pew Internet and American Life Project.* [en línea] [citado el: 2 de Enero de 2011]

[8] Sánchez, M. (2010): "Efecto de la tecnología sobre la participación de las audiencias". En Cabrera, M.A. *Evolución tecnológica y cibermedios.* Zamora: Comunicación Social.

[9] Bernal Triviño, A. (2010): "Influencia de las redes sociales en los medios de comunicación". En Cabrera, M.A. *Evolución tecnológica y cibermedios.* Zamora: Comunicación Social.

[10] Entidade Reguladora para a Comunicaçao Social (2009): Estudo sobre a Imprensa Local e Regional em Portugal. [en línea] [citado el: 23 de Enero de 2011]

[11] Madariaga J.M. (2006): "Del periodismo cívico al participativo: nuevos medios, viejas inquietudes". En *Zer,* num. 21, pp. 203-217

[12] Chandler, D. (1998): "Personal Home Pages and the Construction of Identities on the Web. [En línea] [Citado el: 16 de Enero de 2011]

[13] Estalella, A. (2005): "Anatomía de los blogs. La jerarquía de lo visible." En *Telos*, num. 65 [en línea] [citado el: 3 de Enero de 2011]

[14] Campos, F. (2008): "Las redes sociales trastocan los modelos de los medios de comunicación tradicionales". En *Revista Latina de Comunicación Social,* num. 63, pp. 287-293 [En línea] [Citado el: 13 de Enero de 2011]

[15] Alexa (2010): [En línea] [Citado el: 20 de Enero de 2011]

[16] Bernal, A. (2009): "Redes sociales y medios de comunicación". En *VI Congreso de cibersociedad 2009.* [en línea] [citado el: 20 de Enero de 2010]

[17] InSites Consulting (2010): "940 million social media users in the world" [en línea] [Citado el: 20 de Enero de 2011]

[18] IDATE (2010): "World online advertising market" [en línea] [citado el: 20 de Enero de 2011]

[19] ComScore MobiLens (2010): "The State of Mobile EU5 Mobile Media Landscape and Trend . [En línea] [Citado el: 21 de Enero de 2011]

[20] ComScore (2010b): "Portuguese Internet Audience Grows to Nearly 4 Million Users in September 2009". [En línea] [Citado el: 21 de Enero de 2011]

[21] ComScore (2009): "Tuenti Most Popular Social Networking Site in Spain" [En línea] [Citado el: 21 de Enero de 2011]

[22] Orihuela, J.L. (2007): "Web 2.0: Cuando los usuarios se convirtieron en medios y los medios no supieron en qué convertirse". En *La ética y el derecho de la información en los tiempos del postmodernismo*, Valencia, Fundación COSO, 2007, pp. 77-88.

[23] OJD Interactiva (2010): [en línea] [citado el: 22 de Enero de 2011]

[24] Associação Portuguesa para o Controlo de Tiragem e Circulação (APCT) (2010): [en línea] [citado el: 22 de Enero de 2010]

Orthogonal Persistence in Java supported by Aspect-Oriented Programming and Reflection

Rui Humbero R. Pereira
Instituto Superior Contabilidade e Administração do Porto
ISCAP/IPP
Porto, Portugal
rhp@iscap.ipp.pt

J.Baltasar García Perez-Schofield
Departamento de Informática
Universidad de Vigo
Vigo, España
jbgarcia@uvigo.es

Abstract — **The persistence concern implemented as an aspect has been studied since the appearance of the Aspect-Oriented paradigm. Frequently, persistence is given as an example that can be aspectized, but until today no real world solution has applied that paradigm. Such solution should be able to enhance the programmer productivity and make the application less prone to errors. To test the viability of that concept, in a previous study we developed a prototype that implements Orthogonal Persistence as an aspect. This first version of the prototype was already fully functional with all Java types including arrays.**

In this work the results of our new research to overcome some limitations that we have identified on the data type abstraction and transparency in the prototype are presented. One of our goals was to avoid the Java standard idiom for genericity, based on casts, type tests and subtyping. Moreover, we also find the need to introduce some dynamic data type abilities. We consider that the Reflection is the solution to those issues. To achieve that, we have extended our prototype with a new static weaver that preprocesses the application source code in order to introduce changes to the normal behavior of the Java compiler with a new generated reflective code.

Keywords-component; aspect-oriented programming; reflection; genericity, type inference; type erasure; framework;

I. INTRODUCTION

The initial version of the aof4oop [1][2] framework was already a fully functional system capable of providing Orthogonal Persistence [3] on any Java type, including arrays, to a software application. Using this framework prototype, the application can easily and transparently manage its data objects physically stored in a database. The current version only supports DB4Objects [4] as backend database and was not developed with performance goals.

This prototype, despite its limitations, demonstrated some of the advantages of Orthogonal Persistence in terms of productivity and final code quality. It implements the persistence concern as an Aspect, maintaining the application oblivious [5] of any technical details about the interaction with the database. It was designed to be totally reusable without the need of any kind of adaption on the code. The following code fragment shows the way an application can interact with data objects.

```
CPersistentRoot psRoot;
Student student;
Student student2;
Course course;

// get a persistent root (psRoot)
psRoot=new CPersistentRoot();

//Get one Student object from the psRoot (the database)
student=psRoot.getRootObject("rui");

//Get one Course object from the psRoot (the database)
course=psRoot.getRootObject("TO");

//Associate the persistent Student object with the persistent Course
course.addStudent(student);

// Instantiates a new Student object (still transient)
student2=new Student(1234,”Student Name”,”Student Address”);

// Turns the student2 persistent simply because it is associated to another persistent object
course.addStudent(student2);
```

This form of persistence treats orthogonally all objects, following the three principles formulated by Atkinson and Morrison [3]. Their state persistence is only dependent if they are associated with another persistent object, or not, that is, if they are reachable by another persistent object [3].

In the next section we will briefly describe the system architecture of the developed framework.

In the section III we will discuss the implementation of Genericity in the Java platform and the drawbacks of the type erasure approach adopted in the version 5.0 of this platform. We will also debate the implications of the type erasure for the parametric polymorphism and the persistence.

Sections IV and V will present the recently improvements supported on Generics to the transparency and data abstraction of the prototype. We will also describe a new extension to our prototype that allows going even further into its orthogonality.

In the section VI we will debate the drawbacks of that improvement and finish this study with some conclusions.

II. THE PROTOTYPE FRAMEWORK

The developed framework provides orthogonal persistence services to an application that can easily and transparently manage its data objects physically stored in a database. Those persistence services were implemented as an Aspect in terms of Aspect-Oriented Programming (AOP) [6].

The AOP consists on a programming technique that allows the transversal separation of concerns. In an object oriented context, a concern that is transversal to all objects can be segregated from those objects and put in a specialized object called Aspect, while the remaining concerns, which are specific to each object, maintain themselves implemented in the object class.

The persistence is a concern that is transversal to any component (objects, functions or procedures) in the majority of the software. Due to that, it is frequently considered as a good example of crosscutting concern that can be aspectized. The main goal of the prototype is to test that concept.

The following diagram presents the system architecture.

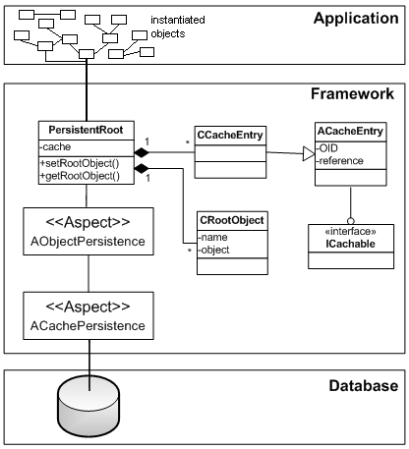


Figure 1- System architecture

III. GENERITICY

Since the objects obtained from persistent root `psRoot` can be from any type, the method `getRootObject(String rootName)` must return an object from the class `Object`. But when that return value is assigned to a Student, a Course or any other type of reference, the static type checking rules of the compiler requires a cast from `Object` to the actual type of the persistent object obtained from database.

Generics support came with the 5.0 version of the Java platform. This new feature was introduced to solve similar problems, such as type checking on data collections. Before support for generics appeared, the object references when put on a collection (an `ArrayList` for instance) were considered as `Object`, the top level class in the hierarchy of the Java classes. The types of those objects were not tested, so any type could be added to that collection. A cast is mandatory in the opposite phase, when any object is retrieved from that data structure. The compiler does not allow for the assigning of an object pertaining to a super class to a reference of a subclass.

This Java generic idiom [7], supported by the standard libraries based on casts, type tests and the `Object` class as a generic type, allows the programmer to deal with the data type generiticity, but the expressiveness and the type safety of the language is very compromised. Consequently, the presented framework in this work is also compromised.

A. Parametric Polimorphism and type erasure

With the Parametric Polymorphism [7] present in the Java 5.0, classes can be generic through types parameters. The instantiation code statement of a collection should use a parameter with a type but, as a result, those problems described above are solved. The compiler does consider that all objects on that collection pertain to a single type, the class specified in the type parameter. It will only accept that class of objects and when objects are retrieved it will not require any cast, because the compiler will insert it automatically. This new approach is based on a type erasure idiom [8] and frees the programmer of all those concerns. When the generic class is instantiated the compiler statically replaces (erases) that parametric data type by a raw data type, typically an `Object`. The compiler also introduces the necessary type checks at compile-time and uses bridge methods to ensure the type security of the retrieved objects.

The authors [7] of this approach justify their option, of using raw types, because serves two important purposes: the support of interfacing with legacy code, retrofitting all existing and used libraries in many production applications; and they support writing code in those few situations where it is necessary to downcast from an unparameterized type (like `Object`) to a parameterized type (like `ArrayList<A>`), and one cannot determine the value of the type parameter.

The adopted solution in the Java platform 5.0, as already described, allows a normal coexistence of non-generic and generic code. That it is achieved by the compatibility of

the binary class files that represents each class. That compatibility it a complex issue to solve that results of the multiple versions of structure that a polymorphic class may have, depending of the polymorphic parameters. That multiple representations of the same class are not suitable of being represented within a pure homogeneous translation [9][10], applied in the previous versions of the Java platform. Another considered alternative was the heterogeneous translation [9][10]. This one maps a parameterised class into a separate class for each instantiation. For example, the heterogeneous translation of the Pizza class `Hashtable<Key,Value>` replaces the instance `Hashtable<String,Class>` by the class `Hashtable$_String_$_Class_$` [9]. But, this other type of translation, besides of obvious disadvantages such as the extra needs of disk and memory space, is incompatible with class files structure used in the previous versions of the Java platform.

Despite of the advantages of the adopted solution, many authors are very critic about this implementation option arguing that compromises the type safety, the type orthogonality and others important characteristics of the Java language [11][12][13]. These criticisms are specially harsh in regard to implementation decisions (based in the type erasure idiom [8]) while the chosen syntax has been well received [11].

In the concern the persistence, the adopted approach compromises the implementation of Java orthogonal persistent systems [12][13][14][15]. The erasure process, which consists of eliminating the type parameters at the end of compile-time, affects Reflection on the parametric polymorphic classes since the type information is not available at run-time. As well known, the Reflection it is particular important to persistence mechanisms and database systems, moreover, the incorrect run-time type information also affects the Reachability of the objects [12]. If an object contain references to a `Collection<Person>` there is a risk of all that person objects to be stored as pertaining to class `Object`. And if a query is applied to those collection elements, looking for Person objects, it obtains an empty wrong result set, beside of require a casts.

B. *Generic Methods*

Parametric polymorphism is also applied on methods to provide them with Genericity. A given method is identified as generic if it declares one or more type variables (using the same syntax, as in parametric polymorphic classes with type parameters [8]). A type parameterized method has the ability of inference their return type value in same scenarios. Those characteristics have been explored in our prototype framework and it explained in detail in the next section.

IV. STEP FORWARD INTO TRANSPARENCY AND DATA ABSTRACTION

Recently, we have applied Genericity to the `CPersistentRoot` class of the developed prototyped. The `getRootObject(String rootName)` now it is a generic method that returns a generic type. That gives the opportunity to the compiler to decide, in each case, what kind of class the method effectively returns by doing type inference [16]. The underling process of calculating persistence closures continues to be the same one, based on subtyping. The added value is given by the support for generics. The following listing presents the signature of that method.

```
public <T extends Object> T
getRootObject(String rootName) {...}
```

This type of return value has a great importance, since it enhances the level of data type abstraction and transparency of the framework turning unnecessary any cast of data type.

That transparency is evident in the two lines of code below, where the same method of same object instance returns two distinct classes of objects.

```
...
student=psRoot.getRootObject("rui");
...
course=psRoot.getRootObject("TO");
...
```

This is achieved by the generic type being replaced by the correspondent type at compile-time. An implicit cast is actually taking place through type inference, by means of the generic return type to a specific type of object reference. This is happening in the example with the reference to a Student (student) and a reference to a Course (course). This process is similar to the one above with the generic classes. The return type of the method is erased and replaced by a raw type, commonly an `Object` class. In our prototype that type it is explicitly made by declaring `T` as a subtype of `Object`. At the end, the inference process does an automatic cast to the corresponding type of variable.

The prototype already provides a considerable level of transparency and orthogonal data type treatment, by freeing the programmer of doing casts and systematically data type tests, improving the data abstraction. With the obtained object reference the programmer can call all its methods or access all its properties. For instance:

```
student=psRoot.getRootObject("rui");

System.out.println("Street:"+student.getAddress().g
etStreet());
```

The object is pointed by a reference of the appropriate type (Student), thus all class structure is available to the compiler or the IDE allowing, for instance, auto-completion facilities.

A common procedure for any programmer is to avoid the splitting this code in two lines. Unfortunately, in this case everything changes, and type inference is not really possible.

```
System.out.println("Street:"+psRoot.getRootObject("
rui").getAddress().getStreet());
```

For a good understanding of what follows, this case will be identified as Case A.

As already explained above, the compiler infers the obtained reference through the program variable chosen by the programmer. But in this new situation, the compiler has no way to apply the inference algorithm and find what class the generic value pertains to. It is actually impossible at all to obtain that information at compile time. Only at run-time the system will be able to determine what is the class of the objects activated from the database. Since the generic method returns a generic type the compiler does subtyping and assumes that the result is an `Object` instance, where the `getAddress()` method does not exist. Because of that the result it is an illegal source Java code. The compiler gets an error while parses that source line.

We consider that the use of Reflection and a change on the normal behavior of the Java compiler, the best way to deal with this issue. An alternative reflective code must be generated at compile-time to serve as replacement code. This technique allows the access to the internal data class of the activated objects and the invocation of all it methods at run-time. That can be achieved by very different approaches, but all of them share the common goal of generate an alternative version of the code, this one already is legal from the point view of the compiler. For the given example, of this Case A, that alternative code could be similar to the following:

```
Object o1=psRoot.getRootObject("rui");

Object
o2=o1.getClass().getMethod("getStudent").invoke(o1,
(Object[])null);

Object
o3=o2.getClass().getMethod("getAddress").invoke(o2,
(Object[])null);

System.out.println("Street:"+o3);
```

Type inference also does not work in a second kind of situations that we identify as Case B. This case prevents the method overloading to work properly at compile-time. Supposing that we a have a method called `printPersonalData(Student student)` that prints to the screen the student personal data. When using this method as presented below the compiler consider the argument an `Object` class.

```
printPersonalData(psRoot.getRootObject("rui"));
```

In those cases the compiler does not accept an `Object` in the place of a `Student` class, neither the overloading works correctly if exists another method with the signature `printPersonalData(Teacher teacher)`. Cabana, Alagic and Faulkner, have identified a very similar problem result of the type erasure on parametric classes [13]. As happens with Case A, in this case the code is also illegal to the Java compiler.

We also consider that this second problem also can be solved with Reflection. The process it is very simple and somewhat similar to the previous one, because at compile-time all this code situations are also replaced for another version of code. This alternative code test the generic object returned, determining if there is any method with correct signature for the corresponding argument class. As already explained, only at run-time it is possible to know what is the class of the generic object, so the method overloading must occur at that moment.

Our proposal to meet a solution to those two cases is a preprocessor extension to the Java compiler and the prototype, applying code manipulations in order to turn possible the compilation, extending the Genericity of the language and the framework prototype in the direction to dynamic typing.

V. EXTENDING THE PROTOTYPE

Our most recent research was an extension to the Java compiler thorough a preprocessor that parses the source code identifying all statements where the data type of the retrieved object could not be inferred at compile-time. The applied techniques on the preprocessor are presented in this section.

A. Method Genericity (Case A)

For the case A described above, we consider that can be easily achieved by a searching in the source code for any direct method call from the `CPersistentRoot` instance object. For each point on the code we replace the nested method calls for a special method that accepts the generic object as an argument and invokes all each methods in a Reflective way. This replacement process already was explained above. That special method is rendered at compile-time and stays as a private method of class where the occurrence happens. The following fragment of code shows how the problem identified it is handled by our framework.

```
System.out.println("Street:"+_aof4oop$0$getAddress$
getStreet(psRoot.getRootObject("rui"));
```

The name of this method it is obtained by the result of the concatenation of all nested method names. If a same method sequence occurs again, with different arguments, another method with a different version number it is created.

B. Method overloading(Case B)

At present time this preprocessor already handle with the first described case (A) and we are working on new developments to resolve the second kind of situations (B). The algorithm that is being applied is similar and already was described with some detail above. For the given example the actual called method will be the following one:

```
private void _aof4oop$printPersonalData(Object arg1)
throws Exception
{
   if(arg1==null)
     throw new NullPointerException();
   else if(arg1 instanceof Student)
     printPersonalData((Student)arg1);
   else if(arg1 instanceof Teacher)
    printPersonalData((Teacher)arg1)
   else
     throw new ClassCastException("No such method");
}
```

Besides of the simple working principle, this case B raises some complex implementation requirements. The

algorithm of overloading method inference must be able to deal type all variety of method signatures requiring a very sophisticated parsing process. In this example the implementation it is quite simplistic, but in other studied examples it is not.

C. Static Weaver

Analyzing both implementations, A and B cases, we can conclude that they follow the same basic principles and techniques of the Aspect-Oriented Programming (AOP) turning this new extension of the prototype, as all the rest of the system, an aspect-oriented component. The rendered method it can be considered as an Advice [6] and the locals in the code where they are invoked are Pointcuts [6]. Due to that, the preprocessor works as a static weaver [6] that necessary applies the dynamic data type mechanisms at run-time. With this new static weaver (the preprocessor) we have bridged a gap that exists in all studied AOP frameworks. In any one of them we do not find any syntax of Pointcut Expression [6] capable of answer to all requirements of the presented problem. Because the advantages to dynamic weaving, this gap it is exacerbated by the actual tendency in all AOP frameworks of apply the aspects at load-time or run-time in the byte-code after the compilation. It must be noted that in our two cases, where the reflective code must be injected, the source code at beginning is not even legal for the compiler. As final result, the prototype now has two weavers: a static one that modifies the type checking rules of the Java compiler; and another one that provides the application with persistence services.

D. Side effects

Our approaches, to solve the case A and B, apparently have two drawbacks. The first is the disturbance on the error exception handling. If an exception occurs within the code that was replaced (the Advice) the stack information it not correct, because will give information of code that not exists from the programmer point of view. But, this problem it is already known in aspect-oriented environments, because happens every time that strange code (the aspect code in the Advice) is also injected in an application. The second drawback is the performance penalty introduced with the code generated by the framework. This second one it is inevitable and must be considered as necessary consequence of the needs of dynamic type behavior.

VI. Potential Risk of the Total Data Type Abstraction

Besides the two drawbacks already exposed, we consider the proposed level of data type abstraction and dynamic type achieved by the compiler extension reduces the type safety granted by the Java language by the absence of static type checking mechanisms. By requiring an explicit cast of returned value the programmer takes full consciences that object is of some specific type. And most important, the correct method invocation syntax can be statically checked at compile-time. That can anticipate numerous possible run-time errors to the compiler-time.

Considering the facts, it is questionable if that level abstraction, enabling the dynamic typing in Java, by changing the normal behavior of the compiler, is actually desirable. Naturally, we argue that should be the programmer to decide, as happens in some other program languages, if should apply the type inference and if it is decidable or undecidable.

VII. Related Research

In the early versions of the Java Language the lack of parametric polymorphism led to intensive research [7][9][14][15][17][18] to find solutions to that problem. But the adopted solution [7][8] was not consensual. Several researchers have studied the same problem and the pros and cons of the solution adopted based in type erasure.

Cabana *et al.* [13] have studied the limitations of the type erasure and have find several pitfalls: violations of Java Type System; violations on subtyping rules; problems on method overloading and on the Java Core Reflection (JCR). To address those problems they proposed a technique mainly based on the representation of the parametric class or interface in the standard class file format with some subtle changes on: Java class files – introducing optional fields without affecting the compatibility with older versions, since those are ignored on a legacy JVM; extending the JCR to be able of obtain information about the type parameters; Modifications on the class loading process.

The relevance of the above work and others [11][12][15] is about the concern of orthogonal persistence on parametric polymorphic classes that compromises our future work. This problem was already described above.

On specific concern of the persistence implemented as aspects, other research works also have applied AOP to provide applications with persistence. Soares et al [19] present their experience while refactoring a web application, a Health Watcher system, modularizing all code related with distribution and persistence concerns in AspectJ aspects. On our opinion, this work was limited to apply commons persistence design patterns with AOP.

Rashid *et al.* [20] has an interesting work that really present the persistence concern as an aspect, describing an aspect-oriented framework for persistence. This solution, by using the Reflection capabilities and a specialized aspect for translation Object-Relational, frees the programmer from doing any mapping from objects in memory to their related tables on the relational data base.

Kienzle and Guerraoui [21] made a detailed study about the aspectazition of transactions and failures, within persistence context, classifying that goal in three levels of different ambition of aspectization.

VIII. Future Work

Our prototype aims to treat the persistence in an orthogonal form. Currently, two of the three Atkinson principles are compromised, since the parametric classes are

not correctly stored in a database, breaking the Type Orthogonality and, consequently, the reachability.

This work presents the `CPersistentRoot` object that provides persistence services on the prototype. Those services, at current version, do not include any transaction capabilities. Future work will use important Kienzle and Guerraoui [21] work results.

As already referred above, our prototype use an object oriented data base. Considering the actual importance of the relational databases at the performance level and because they have a considerable market share, the prototype must be able to use them as information repository in order apply our framework on a real life production system.

IX. Conclusions

The prototype Aspect-Oriented Framework for Orthogonal Persistence (aof4oop) presents a high level of data type abstraction and access transparency, and reduces the database impedance mismatch with programming language.

Those characteristics were enhanced through the introduction of changes on the normal compiler behavior. To achieve that goal, a static weaver was developed based on a preprocessor, and is now part of the prototype.

The generics in Java 5.0, despite all the limitations universally acknowledged, have contributed to the enforcement of the type safety on our prototype, avoiding the use of the Java standard generic idiom. However, the Java parametric polymorphism does not provides a satisfactory solution to the issue of orthogonal persistence [12]. As a result, our prototype suffers from the consequences of the fact that type erasure does not allow a fully type orthogonality in the concern of persistence of parametric class instances.

References

[1] . http://www.iscap.ipp.pt/~rhp/aof4oop/.

[2] Pereira R & Perez-Schofield J. An aspect-oriented framework for orthogonal persistence. In *Information systems and technologies (cisti), 2010 5th iberian conference on*. 2010.

[3] Atkinson M & Morrison R. Orthogonally persistent object systems. *The VLDB Journal* (1995) **4**: pp. 319-402.

[4] Paterson J, Edlich S, Hörning H & Hörning R. The Definitive Guide to db4o. . Apress, 2006.

[5] Filman R & Friedman D. Aspect-Oriented Programming is Quantification and Obliviousness. (2000) : .

[6] Kiczales G, Lamping J, Mendhekar A, Maeda C, Lopes C, Loingtier J & Irwin J. Aspect-oriented programming. In *Ecoop*. 1997.

[7] Bracha G, Odersky M, Stoutamire D & Wadler P. Making the future safe for the past: adding genericity to the Java programming language. *SIGPLAN Not.* (1998) **33**: pp. 183-200.

[8] Gosling J, Joy B, Steele G & Bracha G. Java(TM) Language Specification, The (3rd Edition) (Java (Addison-Wesley)). . Addison-Wesley Professional, 2005.

[9] Odersky M, Runne E & Wadler P. Two Ways to Bake Your Pizza - Translating Parameterised Types into Java. In *Selected papers from the international seminar on generic programming*. 2000.

[10] Odersky M & Wadler P. Pizza into Java: translating theory into practice. In *Proceedings of the 24th acm sigplan-sigact symposium on principles of programming languages*. 1997.

[11] Radenski A, Furlong J & Zanev V. The Java 5 generics compromise orthogonality to keep compatibility. *J. Syst. Softw.* (2008) **81**: pp. 2069-2078.

[12] Alagić S & Royer M. Genericity in Java: persistent and database systems implications. *The VLDB Journal* (2008) **17**: pp. 847-878.

[13] Cabana B, Alagić S & Faulkner J. Parametric polymorphism for Java: is there any hope in sight?. *SIGPLAN Not.* (2004) **39**: pp. 22-31.

[14] Solorzano JH & Alagić S. Parametric polymorphism for Java: a reflective solution. *SIGPLAN Not.* (1998) **33**: pp. 216-225.

[15] Alagić S & Nguyen T. Parametric Polymorphism and Orthogonal Persistence. In *Proceedings of the international symposium on objects and databases*. 2001.

[16] Milner R. A theory of type polymorphism in programming.. *Journal of Computer and System Sciences* (1978) **17**: pp. 348-375.

[17] Agesen O, Freund SN & Mitchell JC. Adding type parameterization to the Java language. *SIGPLAN Not.* (1997) **32**: pp. 49-65.

[18] Bank JA, Myers AC & Liskov B. Parameterized types for Java. In *Proceedings of the 24th acm sigplan-sigact symposium on principles of programming languages*. 1997.

[19] Soares S, Borba P & Laureano E. Distribution and persistence as aspects. *Softw. Pract. Exper.* (2006) **36**: pp. 711-759.

[20] Rashid A & Chitchyan R. Persistence as an aspect. In *Proceedings of the 2nd international conference on aspect-oriented software development*. 2003.

[21] Kienzle J & Guerraoui R. **AOP: Does It Make Sense? The Case of Concurrency and Failures**. In Lecture Notes in Computer Science. Magnusson B (Ed.). Vol. 2374.2006.

Recolección de Datos sobre Contenidos Televisivos en el Sistema OntoTV

Modelo de captura de datos sobre contenidos televisivos desde distintas fuentes para mejorar la información de los programas emitidos en televisión digital

José Luis Redondo-García, Alvaro E. Prieto, Adolfo Lozano-Tello
Universidad de Extremadura. Quercus Software Engineering Group
Escuela Politécnica, Campus Universitario s/n, 10071
Cáceres, Spain
jluisred@unex.es, aeprieto@unex.es, alozano@unex.es

Abstract— **Hoy en día la Televisión Digital, especialmente la Terrestre, presenta una gran variedad de contenidos y de canales de televisión. Sin embargo la información disponible sobre ellos es muy escasa y no siempre se encuentra accesible de forma inmediata. Se hacen necesarios mecanismos que recuperen toda la información posible sobre contenidos televisivos, para que pueda ser utilizada en beneficio de la experiencia televisiva del usuario.**

Por ello, el principal objetivo de esta investigación es la definición de un módulo de entrada de datos para el sistema gestor de contenidos OntoTV, que (1) recolecte información de las diversas fuentes existentes, (2) integre en un solo documento aquella información que sea identificada como relevante, (3) la enriquezca con otras fuentes externas y (4) la almacene en la base de conocimiento del sistema. Esta información servirá para realizar operaciones avanzadas, como consultas más completas y precisas para el usuario.

Keywords-televisión digital; ontología; recolección; XMLTV;

I. INTRODUCCIÓN

A pesar de que hoy en día existe una gran variedad de plataformas digitales desde las que es posible ver televisión, en la mayoría de ocasiones la información sobre los contenidos que se ofrece es insuficiente. El usuario, para solucionar este inconveniente, se ve obligado a consultar en fuentes alternativas aquellos detalles que no se recogen en las guías originales.

Es común el caso del televidente que, tras revisar la oferta televisiva de un canal de TDT (Televisión Digital Terrestre), encuentra interesante una determinado contenido, por ejemplo "The Walking Dead". Pero a menudo sólo hay disponible sobre él una breve descripción. Si quiere conocer más datos tendrá que recurrir, por ejemplo, a búsquedas en Internet. Para evitar esta escasez en la información que proporcionan los proveedores, sería útil un sistema que recopile autónomamente la información e integre de manera transparente todos los datos sobre programas disponibles.

Por otro lado, ciertas funcionalidades como las búsquedas personalizadas o las recomendaciones, resultan cada día más familiares y cercanas para el usuario. Estas operaciones aparecen ya en algunos sitios Web, como el conocido YouTube. Pero sólo tiene sentido trasladarlas a escenarios como el de la TDT si la información disponible en ellos es rica y detallada, y esto todavía no ocurre.

La implementación real de estos mecanismos no supone actualmente un problema. Existen sistemas de televisión digital con amplias posibilidades en programación de aplicaciones e interactividad, como MHP [1] o Google TV[1]. Este último en particular tiene una gran proyección de futuro, incluyendo soporte para casi todo tipo de plataformas de televisión digital, ejecución de aplicaciones de terceros, o compatibilidad gran variedad de dispositivos y terminales de usuario. Estos sistemas pueden incorporar un gestor de información sobre contenidos televisivos con funcionalidades avanzadas que les otorgue valor añadido de cara a sus usuarios.

De esta forma surge un nuevo enfoque de gestión de información sobre contenidos televisivos, en el que los emisores de contenidos, los desarrolladores de sistemas de televisión digital y por supuesto los propios televidentes, resultan beneficiados.

II. ONTOLOGÍAS PARA LA GESTIÓN DE CONTENIDOS TELEVISIVOS

Una forma de representar la información relativa a contenidos televisivos y preferencias de televidentes es mediante el uso de ontologías [2]. El sistema descrito en [3] presenta una arquitectura que contempla el uso de las mismas para dar soporte a algoritmos de recomendación. Las

1 http://www.google.com/tv/

ontologías propuestas (usuario, contexto, contenido, y categorías) constituyen una buena aproximación para representar datos relativos al dominio televisivo y realizar inferencias sobre ellos. También el proyecto AVATAR [4] utiliza ontologías en formato OWL, centrándose especialmente en el almacenamiento de las preferencias de los usuarios. Recurre a técnicas de razonamiento semántico para realizar operaciones de recomendación más precisas. Pero en ambos casos no se hace referencia a la forma en que se consiguen los datos sobre contenidos televisivos que se almacenan en estas ontologías.

Existen otros trabajos que sí contemplan la integración de distintas fuentes de datos televisivos. NoTube [5] es un gestor de contenidos televisivos capaz de acceder a guías electrónicas de varias plataformas. Rescata preferencias y comportamientos de los usuarios analizando su actividad en portales como Twitter o Facebook. Por otro lado el sistema Sensee [6] propone la integración de diversas fuentes de datos televisivos, como la programación de la BBC[2], guías en XMLTV[3], o descripciones de películas del portal IMDB[4].

III. El Sistema OntoTV

A pesar de que existen proyectos que utilizan ontologías para la representación e integración de información sobre contenidos televisivos procedentes de distintas fuentes, no se ha encontrado ninguno que describa con detalle un mecanismo de recolección de datos que opere de forma consensuada para obtener información correcta y relevante.

El sistema OntoTV (ONTOlogy-based management system for digital TeleVision) es un sistema gestor de datos sobre contenidos televisivos que ofrece una nueva forma de recolectar y acceder a la información sobre los programas que han sido, están siendo, o serán emitidos en las distintas plataformas digitales. Debido a que incorpora mecanismos adecuados de adquisición de datos, el sistema puede ofrecer al usuario descripciones detalladas de contenidos y le permite realizar operaciones avanzadas de búsqueda y recomendación con alto grado de personalización.

A. Antecedentes

El sistema OntoTV fue presentado anteriormente en [7], donde se estableció el uso de un modelo basado en ontologías para representar la información relativa al dominio televisivo sobre contenidos y televidentes. Igualmente se describieron operaciones de búsqueda y recomendación y la mecánica de interacción del usuario con el sistema.

Además se mostró un mecanismo para la lectura de datos en el flujo de emisión de la TDT (Televisión Digital Terrestre) con el que es posible acceder a la información sobre contenidos que los proveedores incluyen en él. Pero esta información es muy escasa, por eso en el documento actual se amplía y mejora este proceso de captura de datos.

OntoTV contiene un nuevo módulo de entrada de datos más general, que engloba tanto el caso específico de la lectura de datos de la TDT como otros procesos similares de adquisición de información para el resto de plataformas de televisión digital. También se incluyen componentes que acceden a fuentes alternativas para complementar datos y algoritmos de selección de información relevante.

B. Características Generales

A continuación se muestran las características más destacadas del sistema OntoTV:

1. Incorpora un modelo ontológico para el almacenamiento y representación de la información. El objetivo es conseguir una correcta estructuración de los datos y mejorar el funcionamiento de los módulos de la recomendación y búsqueda de contenidos.
2. Presenta una arquitectura de tipo modular y centralizada. Existe un módulo principal que realiza tareas de almacenamiento de datos y ejecución de operaciones de búsqueda y recomendación que es utilizado por el resto de componentes de entrada, de salida, y de transformación de los datos.
3. Implementa una arquitectura de tipo cliente/servidor. Hoy en día la mayor parte de los servicios interactivos que se ofrecen en Internet siguen este mismo patrón, porque se libera a los terminales de realizar tareas costosas, y se minimiza la duplicación de datos entre los distintos terminales de usuario.
4. Busca cumplir las premisas de escalabilidad y flexibilidad ante futuros cambios. Pretende sentar las bases para la creación de un sistema gestor de información sobre contenidos de televisión digital de carácter abierto y superior en funcionalidades a los implementados en los decodificadores convencionales.
5. Está pensado para ser ejecutado en distintas plataformas, ofreciendo un servicio global de gestión de contenidos independiente del sistema de televisión en el que se ejecute. Podrán acceder a él clientes que posean decodificadores basados en MHP, dispositivos de Google TV, o cualquier Media Center.

C. Módulo de Recolección de Datos

La arquitectura del sistema OntoTV que se muestra en la Figura 1 contiene tres módulos distintos:

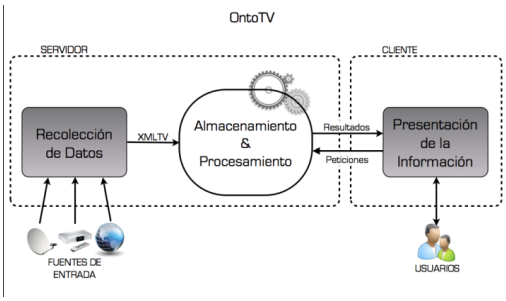


Figura 1. Esquema de los módulos principales de OntoTV

2 http://backstage.bbc.co.uk/
3 http://wiki.xmltv.org/index.php/XMLTVFormat
4 http://www.imdb.com/

- Un módulo de "Recolección de Datos". Este módulo, que se describirá con mayor detalle en las siguientes subsecciones, se encarga de recopilar toda la información posible sobre contenidos televisivos e incorpora mecanismos de acceso a las diversas fuentes existentes.
- Otro módulo de "Almacenamiento y Procesamiento", que toma todos estos datos, los representa utilizando ontologías, y permite ejecutar operaciones de búsqueda y recomendación sobre ellos.
- Finalmente el usuario interactúa con el sistema enviando peticiones para la ejecución de operaciones y recibiendo los resultados de las mismas, a través del módulo de "Presentación de la Información". Se ha empleado la experiencia previa adquirida en [8] sobre implementación de aplicaciones para televisión digital.

Tanto el módulo de "Recolección de Datos" como el de "Almacenamiento y Procesamiento" están implementados en el lado del servidor. Sólo el de "Presentación de la Información" se ejecutará en el terminal del usuario.

IV. El Mecanismo de Recolección de Datos

En este apartado se describe con mayor detalle el mecanismo que permite que la información procedente del exterior sea incorporada sistema.

A. Formato de los Datos de Entrada

El sistema de televisión digital que se propone necesita de un formato de datos que permita recoger de manera completa la información de las fuentes de datos externas, para posteriormente incorporarla al sistema.

Se han considerado tres alternativas. La primera de ellas ha sido el estándar TV-Anytime [9], por su alta capacidad para describir contenidos y preferencias de usuarios, y por estar claramente orientada al ámbito televisivo, como lo demuestra el hecho de haber sido desarrollado gracias al esfuerzo conjunto de los principales fabricantes del sector. Otra que opción que se ha tenido en cuenta ha sido el formato MPEG7 [10], un estándar basado en XML y desarrollado para describir los atributos, la semántica y la estructura de cualquier tipo de contenido multimedia. Su punto a favor reside en su versatilidad y su proyección de futuro. En contra tiene que resulta demasiado general y extenso e incluye atributos de muy bajo nivel no necesarios en el ámbito televisivo. Por último está el ya mencionado formato XMLTV, que al igual que TV-Anytime, está orientado específicamente al ámbito televisivo. Su mayor desventaja es que las descripciones que ofrece son poco detalladas; apenas se permite almacenar preferencias de usuarios y se tiende a duplicar información. Pero precisamente esta simplicidad provoca que su uso esté bastante extendido en diversas fuentes de información sobre contenidos.

A pesar de que en el futuro el sistema debe contemplar los tres formatos, se ha decidido que el mecanismo de recolección de datos descrito en este documento se centre en el estándar XMLTV, por ser el más utilizado en la actualidad y porque los elementos descriptivos recogidos en el formato, aunque lejos de ser los ideales, son suficientes para las descripciones sobre contenidos televisivos que se han manejado en las pruebas.

B. Componentes dentro del Módulo de Recolección de Datos

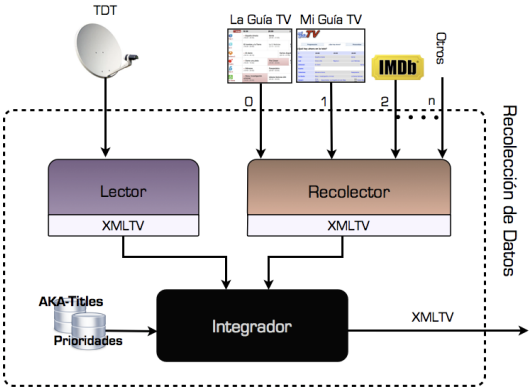


Figura 2. Esquema del módulo de recolección de datos

En la Figura 2 se pueden observar los distintos componentes que forman el módulo y las relaciones que se establecen entre ellos:

- En primer lugar, están los componentes de tipo "Lector" dedicados a la extracción de datos de las plataformas de televisión digital soportadas por el sistema. Suponemos que el sistema cuenta con hardware para la recepción de señal DVB-T. Por ello se implementa el mecanismo que ya fue descrito en [7], consistente en utilizar el estándar DVB-SI y DVB-EIT para acceder a la información contenida dentro del flujo de emisión de la TDT. Esta información se transforma a formato XMLTV.
- OntoTV, además de leer guías de programación directamente de las plataformas disponibles (TDT, televisión por cable...) puede acceder a fuentes alternativas, principalmente en Internet, para evitar la incompletitud en la información. El componente "Recolector" engloba a un conjunto de agentes que se conectan a servidores externos, normalmente utilizando el protocolo TCP/IP, para rescatar otras guías de programación e información complementaria.
- El último componente se denomina "Integrador", y es el encargado de incluir en un solo archivo de datos toda la información en XMLTV procedente de los dos componentes anteriores. Debido a que es posible que el sistema consiga rescatar descripciones de un mismo programa desde varias de las fuentes disponibles, pueden producirse solapamientos e incongruencias entre ellas que deben ser resueltos. En el apartado C.2 se describe cómo se solucionan estas ambigüedades.

C. Fases del Proceso de Recolección

El mecanismo de recolección de datos sobre contenidos televisivos está dividido en dos fases: recolección y fusión. Como el formato XMLTV ha sido el elegido para la entrada de

datos, también se utiliza para el intercambio de resultados parciales entre estas etapas.

1) Recolección

En esta fase se realiza la lectura directa de datos desde las fuentes contempladas en el sistema. El objetivo es interpretar el formato que utiliza una determinada entrada y transformar la información leída al tipo de datos soportado por el sistema, en este caso XMLTV. Para ilustrar el funcionamiento de esta fase se va a recurrir a una prueba que utiliza información real. En su desarrollo se ha configurado el acceso a las siguientes fuentes:

- Información incluida en la señal de la TDT, mediante el procedimiento descrito en [7].
- Acceso a "La Guía TV" [5].Se trata de un portal Web con información relativa a horarios de emisión de contenidos para los principales canales de televisión. También incluye descripciones más o menos detalladas de algunos de ellos. Para realizar la conversión del formato HTML de la página a XMLTV, se utilizará el paquete de código abierto xmltv-0.5.59[6].
- Acceso a "Mi Guía TV" [7]. Se trata de un portal Web de características parecidas al del caso anterior, por lo que se procederá de utilizando también xmltv-0.5.59 .

```
<!-- FUENTE: SEÑAL DE TDT -->
  <programme channel="8" start="20101214130000" stop="201012141
      <title>Los Simpsons</title>
      <sub-title>Maridos y cuchilladas y El día que murió la vi
      <desc>Los momentos más divertidos de la serie, anécdotas,
            juegos, sigue la serie en Internet y pásatelo en gr
            Piensa en amarillo. bros descubren que tiene una ma
            de nacimiento en su cuerpo, le convierten en el Ele
      </desc>
  </programme>

<!-- FUENTE: LA GUÍA TV -->
  <programme start="20101214140000 +0100" channel="CAntena-203.
      <title lang="es">Los Simpson</title>
      <category lang="es">serie</category>
  </programme>

<!-- FUENTE: MI GUÍA TV -->
  <programme start="20101214140000 +0100" stop="20101214143000
      <title lang="es">Los Simpson</title>
      <desc lang="es">Los Simpson son una familia políticamente
              de clase media, que habita en la ficticia localid
              nacieron en 1987 como una sección de 'El show de
              donde aparecían cinco minutos en cada emisión. La
      </desc>
      <date>20050908</date>
      <category lang="es">Animación</category>
      <category lang="es">Programas</category>
      <category lang="es">Series</category>
      <length units="minutes">30</length>
  </programme>
```

Figura 3. Fragmentos XMLTV recolectados de distintas fuentes de datos

En la Figura 3 se observan tres fragmentos de ficheros XMLTV procedentes de cada una de las fuentes, y relativos a un capítulo de la serie "Los Simpsons" emitido en España por el canal "Antena 3" el 14 de Diciembre de 2010. Se aprecian diferencias en el nivel de detalle ofrecido por cada uno: por ejemplo el de "La Guía TV" resulta realmente escaso, mientras que el de "Mi Guia TV" contiene abundante información acerca de las categorías asociadas al contenido. Con todos estos archivos de datos ya disponibles se aplica la siguiente fase.

2) Fusión

Ya se dispone de la información sobre contenidos televisivos que se buscaba, pero ésta se encuentra repartida en cada uno de los ficheros generados. Por ello en esta fase se realiza una selección de los datos más relevantes y se unifican en un solo archivo. De esta tarea se encarga el componente "Integrador" descrito anteriormente y mostrado en la Figura 2. Una vez que finaliza su ejecución proporciona un archivo único de datos con toda la información en XMLTV que antes estaba disgregada. Estos son los pasos que lleva a cabo:

a) Agrupar descripciones correspondientes a un mismo contenido. Aunque puede parecer una tarea trivial, en ocasiones no es inmediato determinar si descripciones procedentes de distintas fuentes hacen referencia a un mismo contenido. Puede ocurrir que su nombre no coincida exactamente, que la hora de inicio se haya retrasado, etc. Por ello a la hora de tomar una decisión al respecto se aplicará un algoritmo que tiene en cuenta distintos criterios:

- Similitud espacio-temporal del contenido (S_{E-T}). Si un programa pertenece al mismo canal, y comienza y finaliza a una hora similar, entonces la posibilidad de que se trate del mismo programa es alta.
- Similitud en los títulos (S_T). Se aplican en este campo funciones de comparación relativa de cadenas, que informan del grado de parecido entre los operandos. Para el caso de películas, los Aka-Titles proporcionados por IMDB permiten identificar una misma película a pesar de que su título se presente en alguno de los idiomas alternativos.
- Similitud global (S_{Global}). Dadas dos descripciones, se buscan palabras que aparezcan en ambas a la vez, sin importar el lugar exacto en que lo hagan. Si el número de ítems coincidentes es alto, la probabilidad de que sea el mismo contenido también lo será.

Para cada similitud S_X se obtiene un valor numérico. El algoritmo finaliza realizando la suma ponderada de estos resultados parciales, donde los pesos indican el grado de importancia otorgado a cada uno de ellos. Si el resultado supera un determinado umbral, se considera que las dos descripciones estudiadas pertenecen a un mismo contenido.

$$C_A \approx C_B \Leftrightarrow P_1 \cdot S_{E-T} + P_2 \cdot S_{Titulo} + P_3 \cdot S_{Global} \geq Umbral \quad (1)$$

Donde C_A y C_B son contenidos televisivos, S_X los resultados parciales de cada similitud y P_i su peso asociado. Además:

$$S_x \in [0,\ 1],\quad P_1 + P_2 + \cdots + P_n = 1,\quad 0 < Umbral \leq 1$$

Tras las pruebas realizadas, se han fijado como pesos más adecuados los siguientes: P_1=0.6, P_2=0.25, P_3=0.15.

5 http://www.laguiatv.com/
6 http://sourceforge.net/projects/xmltv/
7 http://www.miguiatv.com/

b) Fusionar las descripciones pertenecientes a un mismo grupo. Una vez que se tienen localizadas todas las descripciones correspondientes a un mismo contenido hay que ver qué información puede aportar cada una de ellas. Si una descripción tiene relleno un campo que el resto traía vacío, se toma inmediatamente. Si por el contrario se producen solapamientos de información, los campos se concatenan si es posible. Si no lo es, se eliminan los que procedan de fuentes con menor importancia. En este trabajo se ha optado por dar la prioridad más alta a la información leída directamente de la TDT por ser la que ofrecen los propios proveedores. Al final de este paso se obtiene una descripción única de cada contenido que incorpora toda la información recuperada de cada una de las fuentes de datos consultadas.

c) Elaborar la guía única. Para terminar, todas las descripciones generadas en el paso anterior se exportan a un mismo documento en formato XMLTV.

V. Resultados

Cuando finaliza el proceso de recolección de datos toda información se almacena ya en un mismo documento en formato XMLTV sin redundancias, correctamente estructurado, y listo para ser incluido en la base de conocimiento.

```
<programme start="20101214140000 +0100" channel="Antena3.Onte

    <title lang="es">Los Simpsons</title>
    <sub-title>Maridos y cuchilladas y El día que murió la v

    <desc lang="es">Los momentos más divertidos de la serie,
          juegos, sigue la serie en Internet y pásatelo en g
          Piensa en amarillo. bros descubren que tiene una m
          de nacimiento en su cuerpo, le convierten en el El
          Los Simpson son una familia políticamente incorrec
          de clase media, que habita en la ficticia localida
          nacieron en 1987 como una sección de 'El show de T
          donde aparecían cinco minutos en cada emisión. La
    </desc>

    <date>20050908</date>

    <length units="minutes">30</length>
    <category lang="es">Animación</category>
    <category lang="es">Programas</category>
    <category lang="es">Series</category>

</programme>
```

Figura 4. Fragmento XMLTV tras aplicar el proceso de recolección

En la Figura 4 se observa cómo ha mejorado la información existente sobre el capítulo de "Los Simpsons", antes dispersa entre los distintos ficheros de las fuentes de entrada y ahora integrada bajo un mismo elemento de tipo "programa":

- Los campos que sólo aparecían en uno de los ficheros de origen, se han añadido inmediatamente, como el caso de "sub-title".
- Campos coincidentes con posibilidad de fusionarse en uno sólo, como por ejemplo "desc", así lo han hecho.
- Si no tenía sentido fusionar, se ha dado prioridad a los campos procedentes de la TDT, como en el caso de "title", que aparecía en cada uno de los tres ficheros iniciales con pequeñas variaciones.

Se observa que gracias al mecanismo de recolección utilizado ha aumentado la calidad de las descripciones y por tanto las posibilidades que se ofrecen al usuario.

A. Incorporación de Resultados a la Base de Conocimiento

Para que la información recién obtenida sea incluida en la base de conocimiento, se lleva a cabo el proceso de lectura y de transformación del fichero XMLTV a formato OWL, el utilizado en las ontologías del sistema. En OntoTV el encargado de realizar esta tarea es el módulo de "Almacenamiento y Procesamiento". Para ello utiliza la API Jena [8].

B. Ontologías

A pesar de que el objetivo de este documento no es entrar en detalles acerca de las ontologías empleadas en OntoTV, éstas serán descritas brevemente para comprender dónde van almacenándose exactamente los datos capturados.

La primera de las ontologías es la de datos televisivos, denominada Onto-TVData. En ella se almacena toda la información que el sistema ha adquirido sobre contenidos. Está basada en la utilizada por el proyecto AVATAR, disponible para su consulta en http://avatar.det.uvigo.es/software.html. Su estructura presenta múltiples subclases que establecen la jerarquía de categorías (deporte, películas, series…). Además, gran parte de sus propiedades encuentran correspondencia directa con campos específicos del formato XMLTV, por lo que se facilita el proceso de incorporación de los ficheros de datos a la base de conocimiento.

Existe una segunda ontología denominada Onto-UserProfile, donde se almacena información relativa a las preferencias de usuarios sobre contenidos televisivos. Gracias a ello, se pueden realizar consultas y recomendaciones altamente personalizadas. Los campos del formato XMLTV que se incluyen en ella son aquellos relacionados con la valoración del televidente sobre el contenido y sus opiniones personales.

C. Interfaz Web de Consulta de Información

Para comprobar que los resultados generados por el proceso de recolección de datos son satisfactorios, se ha utilizado una interfaz Web que permite el acceso a los datos contenidos en la base de conocimiento.

8 http://jena.sourceforge.net

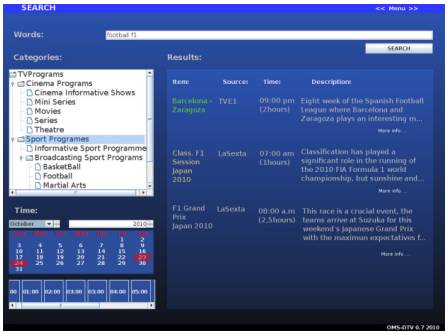


Figura 5. Interfaz Web para el acceso a información sobre contenidos

Únicamente pueden realizarse operaciones de consulta, introduciendo palabras clave o navegando por la jerarquía de clases de la ontología. Pero resulta suficiente para mostrar la ventaja que para el usuario supone el disponer de una información mucho más completa que la que se recolectaría utilizando mecanismos convencionales.

VI. LINEAS FUTURAS

Los resultados obtenidos por el módulo de "Recolección de Datos" de OntoTV son muy satisfactorios. Pero el proyecto continúa en desarrollo, especialmente en los siguientes aspectos:

- En el módulo de entrada, los ficheros XMLTV obtenidos durante el proceso de recolección de datos pueden ser enriquecidos utilizando recursos que proporcionen de información adicional sobre campos vacíos o incompletos. Por ejemplo, se recurrirá a páginas Web que los proveedores de contenidos mantienen en Internet, y a portales que recojan valoraciones de los usuarios sobre los contenidos.
- Por otro lado, se debe aumentar la compatibilidad con formatos avanzados como TV-Anytime y MPEG-7, analizados en este documento. Aún no existen suficientes fuentes que ofrezcan datos en este formato, pero están llamados a ser los estándares de referencia en años posteriores.
- En el módulo de procesamiento deben añadirse nuevas operaciones avanzadas y refinar las ya existentes: búsqueda de contenidos, recomendaciones, elaboración de guías de programación a medida, etc. Para mejorar el grado de personalización se implementará un aprendizaje dinámico de las preferencias de los usuarios, a medida que estos interactúan con el sistema.
- El modelo de aplicación propuesto, basado en una arquitectura cliente-servidor, permite que sea implementado sobre cualquier sistema de televisión digital. Desarrollar versiones para múltiples plataformas, como por ejemplo las ya mencionadas Google TV y MHP, permitirá convertir OntoTV en un marco común de acceso a información sobre contenidos televisivos.

VII. CONCLUSIONES

Actualmente los usuarios de televisión digital no tienen acceso a información suficiente sobre los contenidos televisivos que se están emitiendo o van a ser emitidos. Para solucionar este inconveniente se ha desarrollado un módulo de recolección de datos que está integrado dentro del sistema OntoTV. En él se implementa un mecanismo para la obtención de información sobre contenidos televisivos que contempla:

- El acceso a varias fuentes de datos sobre contenidos televisivos, para extraer la información disponible en ellas.
- La integración de toda la información recolectada, seleccionando aquellos datos más relevantes y eliminando redundancias.

El resto de módulos del sistema toman estos datos recolectados para llevar a cabo sus funcionalidades. Adicionalmente, y para comprobar la validez del modelo, se ha utilizado una aplicación Web de acceso a la base de conocimiento que permite realizar consultas y observar el nivel de detalle ofrecido en las descripciones de contenidos.

Actualmente es necesario seguir mejorando ciertas partes del proceso de recolección, como la fase de agrupación de descripciones correspondientes a un mismo contenido. Los algoritmos de similitud global y en los títulos están en fase de desarrollo para incorporar diccionarios de sinónimos y procesamiento de lenguaje natural. Pero el objetivo principal se ha conseguido, y el sistema OntoTV proporciona a los usuarios información mucho más abundante y completa que la ofrecida por los tradicionales sistemas televisivos. Esta información es además fundamental para que las operaciones avanzadas, como consultas personalizadas y recomendaciones, sean realmente efectivas.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo está patrocinado por la beca de investigación PD10006 de la Junta de Extremadura, por el proyecto TIN2008-02985 del Ministerio de Ciencia e Innovación, y por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER).

REFERENCIAS

[1] J. Piesing, "The DVB multimedia home platform (MHP) and related specifications," Proc. IEEE, vol. 94, no. 1, pp. 237–247, Jan 2006.

[2] A. Gomez-Perez, O. Corcho, and M. Fernandez-Lopez, "Ontological Engineering: With Examples from the Areas of Knowledge Management, e-Commerce and the Semantic Web," Springer-Verlag, New York, 2004.

[3] Y. Naudet, A. Aghasaryan, Y. Toms, and C. Senot, "An Ontology-Based Profiling and Recommending System for Mobile TV," SMAP '08, Prague, pp. 94-99, December 2008.

[4] Y. Blanco-Fernández, J.J. Pazos Arias, A. Gil-Solla, M. Ramos Cabrer, M. López Nores, J. García Duque et al, "Exploiting synergies between semantic reasoning and personalization strategies in intelligent recommender systems: A case study," Journal of Systems and Software, vol. 81, pp. 2371-2385, 2008.

[5] B. Schopman, D. Brickley, L. Aroyo, C. van Aart, V. Buser, R. Siebes, et al. "NoTube: making the Web part of personalised TV," Proceedings of the WebSci10: Extending the Frontiers of Society Online. Apr 2010.

[6] P. Bellekens, L. Aroyo, G. Houben, A. Kaptein, K. van der Sluijs, "Semantics-Based Framework for Personalized Access to TV Content: The iFanzy Use Case," Springer, ISWC/ASWC 07, pp. 887–894, 2007.

[7] J.L Redondo-Garcia, P. Valiente-Rocha, A. Lozano-Tello, "Ontology-based system for content management in Digital Television," CISTI 2010, Santiago de Compostela, pp. 277–283, June 2010.

[8] J.L. Redondo García, J.L. González-Sánchez, A. Gazo-Cervero, J, Corral-García, "The New Digital Television and the Interactivity in its Multimedia Applications," SIGMAP 2009, pp.167-172.

[9] A.Butkus, M. Petersen, "Semantic modelling using TV- Anytime Genre metadata". euroITV, LNCS Lecture Notes in Computer Science, vol. 4471, Berlin, pp. 226-234, 2007.

[10] B. S. Manjunath, P. Salembier, and T. Sikora, "Introduction to MPEG-7 Multimedia Content Description Interface", John Wiley & Sons Ltd., June 2002.

Local e-Government Information and Service Delivery

A survey of municipal websites in Portugal

Gonçalo Paiva Dias
School of Technology and Management of Águeda (ESTGA)/ Research Unit on Governance, Competitiveness and Public Policies (GOVCOPP)
University of Aveiro
Águeda, Portugal
gpd@ua.pt

Abstract—**In this article we present a survey of the websites of 239 Portuguese municipalities. General characteristics of the web sites, available information and online delivery of services were observed. The study was conducted between February and May, 2010. Considering the results, we conclude that, despite the investments made in the past decade, local e-government in Portugal still exhibits medium level development in what relates information dissemination and remains substantially underdeveloped concerning online service delivery. We argue that a cultural breakthrough is needed in order to take full advantage of new technologies in government-to-citizen interactions at the local level in Portugal.**

Keywords - e-government; government-to-citizen; information dissemination; online service delivery, public administration; local government.

I. INTRODUCTION

Several definitions of e-government coexist [1, 2, 3, 4]. Generally, e-government addresses the improvement of public services, governance and democracy by developing client-centered approaches and improving internal and external interactions through the use of information and communication technologies combined with organizational change and knowledge acquisition. This broad definition includes various dimensions of e-government: information dissemination by government; online service delivery of public services; acquisition of goods and services by the public administration; cooperation between different branches of government; political participation of citizens; participation of stakeholders. In this article, we mainly focus on two of those dimensions at the local government level: information dissemination and online service delivery by Portuguese municipalities.

When information dissemination and online service delivery are at stake, it is common to use maturity stages to classify e-government development [5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16]. Maturity stage models generally rely on observable characteristics of web sites to classify e-government development. In this study we followed a similar approach by having observed the presence or absence of 39 specific items in the websites of 239 Portuguese municipalities.

According to international rankings Portugal has very good scores in relation to the offer of government information and services through the Web [15, 16]. However, these rankings typically address national governments achievements and local e-government remains substantially understudied, although some international studies exist [17, 18]. With this survey we intend to contribute to a better awareness of local e-government development in Portugal.

Although, as stated before, Portugal exhibits good positions in terms of international e-government benchmarks, e-government research in Portugal is still in an early phase. In the last decade, several articles were published internationally, including subjects as e-government platforms and architectures [19, 20, 21, 22, 23], security [24, 25], organizational interoperability [26], knowledge management [27, 28, 29], transparency [30], human language technologies [31, 32, 33], internet marketing [34], e-government strategies [35, 36] and assessment of e-government initiatives [37]. Relating specifically to the assessment of local e-government in Portugal, Santos e Amaral conducted studies of e-mail responsiveness and service maturity in Portuguese municipalities on a two-year basis, between 1999 and 2007 [38]. The authors used a four stage maturity model to assess online service delivery.

The remaining of this article is organized as follows: in the second section we present the methodology used to collect and analyze the empirical data; in the third section we present the results of the survey; in the fourth section we discuss the results; and in the fifth section we present some general conclusions.

II. METHODOLOGY

The survey presented in this article was made by direct observation of the websites of a selection of Portuguese municipalities. As we wanted to assess the effects of e-government development projects in terms of dissemination of information and online delivery of services by local government, the municipalities were selected according to their participation in the Portuguese digital cities and regions program (*Programa Cidades e Regiões Digitais*), launched in

2002. Although there were later programs with similar objectives, involving some other municipalities, this specific program was chosen because in public administration modernization initiatives tend to have observable results only in medium term.

Table I lists the digital cities and regions projects that were included in the study and the number of municipalities that participated in each of those projects. The map in Figure 1 shows the involved municipalities in the Portuguese mainland. All municipalities from Açores and Madeira archipelagos were also included in the study.

The original sample was composed of 248 municipalities, approximately 81% of the Portuguese municipalities. However, only 239 valid observations were obtained, representing approximately 96% of the original sample and 78% of the existent municipalities.

TABLE I. DIGITAL CITIES AND REGIONS PROJECTS THAT WERE INCLUDED IN THE STUDY

Digital cities and regions project	*number of municipalities*
Açores Digital	19
Algarve Digital	13
Almada Digital	1
ALO Digital	4
Aveiro Digital	11
Beira Baixa Digital	10
Beja Digital	13
Braga Digital	1
Entre Douro e Vouga Digital	5
Évora Distrito Digital	14
Gaia Global	1
Leiria Digital	8
Litoral Alentejano Digital	5
Madeira Digital	11
Maia Digital	1
Médio Tejo Digital	10
Oeste Digital	12
Portalegre Digital	15
Porto Digital	1
Ribatejo Digital	11
Seixal Digital	1
Setúbal-Península Digital	7
Trás-os-Montes Digital	31
Vale do Ave Digital	10
Vale do Minho Digital	5
Vale do Sousa Digital	6
Valimar Digital	6
Viseu Digital	16

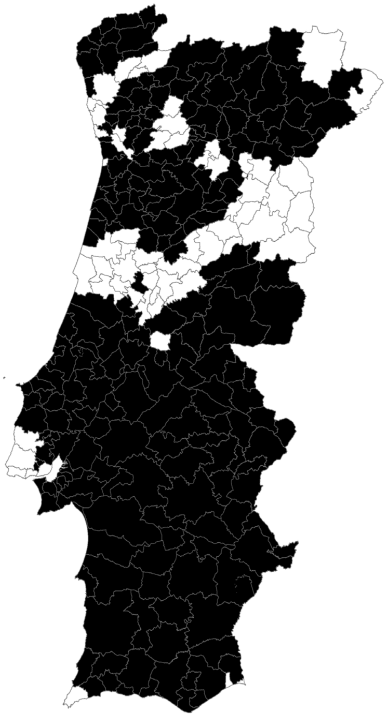


Figure 1. Mainland municipalities included in the study (Açores and Madeira archipelagos were also included in the study)

The characteristics observed in the municipal websites related to two different categories: general characteristics and available information; and online service delivery. In the first category, the presence or absence of the following items was registered:

- Website exists and is functional;
- Attendance through Skype and/or MSN Messenger is available;
- Online submission of complaints is possible;
- City Council minutes are available;
- Municipal Assembly minutes are available;
- Official City Council announcements are available;
- City Council plans and budgets are available.

Additionally, the number of City Council minutes, Municipal Assembly minutes, official City Council announcements and City Council plans and budgets were registered for the websites where those items were available.

In the second category, observations were made for four relevant services concerning to private building:

- Request for prior information regarding building – an optional step that allows an interested person to obtain information about building possibilities in a given property;
- Application for licensing of building plans – constitutes the first mandatory step in the building licensing process;
- Request to issue a building permit – document that must be issued before the actual construction work can start;
- Request to issue a permit authorizing use – document that must be issued before the new building can be used.

In Portugal, these services are delivered by municipalities and, together, they represent the sequential process that must be followed in order to license, build and use a new building. Municipalities are the sole responsible for providing these services and they constitute a very relevant part of their activity.

For each website and for each of the four services, the presence or absence of the following items was registered:

- Service is mentioned;
- There is information on relevant legislation;
- There is information about the documents that must accompany the request or application;
- It is possible to download the application form for manual filling;
- It is possible to fill the form online and print the completed form after;
- It is possible to complete and submit the form online;
- It is possible to carry out the complete transaction online, including payment;
- It is possible to check online the status of the process after submission.

Information relating these items was collected between February 4th and May 5th, 2010. The observations were made by ten different teams, each responsible for between 12 and 35 municipalities. A spreadsheet was filled out for each municipality. Harmonization meetings were organized with all the teams and the data collected was verified randomly by an eleventh team to ensure data quality. Data was later aggregated into a single spreadsheet in order to calculate global results.

III. RESULTS

In this section we present the results of the study. In the first subsection the results for general website characteristics and available information are presented and, in the second subsection, results for service delivery are also presented. Finally, in the third section, an analysis is made using a maturity scale based in the first four maturity stages used by the European Commission to measure online sophistication and full online availability of e-government services [15]. This analysis is included for comparability.

A. General characteristics and available information

In this subsection we present the results of the survey concerning general characteristics of the websites and the available information. The observed items in this category were addressed in the previous section. Global results are presented in Table II.

TABLE II. GLOBAL RESULTS FOR GENERAL CHARACTERISTICS AND AVAILABLE INFORMATION

Observed item	*% of municipalities*
Web site exists	98.3%
City Council minutes	79.9%
Official announcements	79.1%
Plans and budgets	71.1%
Municipal Assembly minutes	65.7%
Submission of complaints	60.7%
Skype / Messenger attendance	3.8%

Only four of the observed municipalities had no website or a non functional website. For over than 65% of the municipalities all information related items were present in the website. The online submission of complaints was possible for 60.7% of the municipalities and the attendance through Skype and/or MSN Messenger was a possibility for only nine of the observed municipalities.

Table III depicts the average and maximum number of City Council minutes, official City Council announcements, City Council plans and budgets and Municipal Assembly minutes that were counted for the municipal websites that had those items available. The minimum number is one for all the four types of documents. It is observable that the biggest numbers are obtained for City Council documents, excluding plans and budgets that are typically published in a yearly basis.

TABLE III. AVERAGE AND MAXIMUM NUMBER OF RELEVANT DOCUMENTS PER WEBSITE WHERE THOSE DOCUMENTS ARE AVAILABLE

Document count	*average*	*maximum*
City Council minutes	142	1531
Official announcements	69	1781
Plans and budgets	4.4	27
Municipal Assembly minutes	31	284

B. Service delivery

In this subsection we present the results of the survey concerning service delivery. Table IV presents the percentage of municipalities for which the items in this category were

observed, for each of the four services analyzed. Both items and services were explained in the previous section.

TABLE IV. GLOBAL RESULTS FOR ONLINE SERVICE DELIVERY

Observed item	Service				
	(a)	*(b)*	*(c)*	*(d)*	*average*
Service is mentioned	53%	50%	47%	48%	50%
Information on legislation	49%	44%	42%	44%	44%
Info. on other documents	41%	36%	36%	35%	37%
Download blank form	46%	43%	41%	44%	44%
Print completed form	11%	11%	10%	11%	11%
Submit form online	3.4%	3.4%	3.8%	3.4%	3.4%
Complete transaction	0.4%	0.4%	0.4%	0.4%	0.4%
Check status online	13%	13%	13%	13%	13%

a. request for prior information regarding building;
b. application for licensing of building plans;
c. request to issue a building permit;
d. request to issue a permit authorizing use.

In average, in concerning online service delivery, the selected services are mentioned only in half of the municipalities' websites. Only 44% of the websites include information on relevant legislation concerning those services and only 37% mention the documents that must accompany the application. Downloadable forms are available in between 46% of the websites, for requests for information regarding building works, and 41% of the websites, for request to issue a construction permit.

The results for the other observed items are by far worst. In average, the possibility to print completed forms is available only in 11% of the websites, the possibility to submit forms online is available in only in 3.4% of the websites, the possibility to complete the full transaction online is present in only 0.4% of the websites and the possibility to check the status of a previously submitted form is available in only 13% of the observed websites.

C. *Service maturity*

In this subsection we present an analysis performed using a maturity scale based on the one used by the European Commission to measure online sophistication and full online availability of e-government services [15]. This analysis is included for comparability with other studies. Four maturity stages, from Stage 1 to Stage 4, were used: information; one-way interaction; two-way interaction; and transaction. An additional Stage 0 was used to classify the absence of a web site. The fifth stage used by the European Commission – targetisation/automation – was not included because it is not directly observable with our methodology.

Table V depicts the correspondence between European Commission stages and our own observations.

TABLE V. CORRESPONDENCE BETWEEN EUROPEAN COMMISSION MATURITY LEVELS AND OBSERVED ITEMS

EC stage	*EC description*	*Observed item*
Stage 1	Information	Web site exists
Stage 2	One-way interaction	Download blank form
Stage 3	Two-way interaction	Submit form online
Stage 4	Transaction	Complete transaction
Stage 5	Targetisation/automation	---

The graph in Figure 2 depicts the percentage of municipal websites in each stage, according to the European Commission classification. Taking into consideration the average for the four services, 96.6% of the Portuguese municipalities are at Stage 2 or under: 40.6% at Stage 2, 54.7% at Stage 1 and 1.7% at Stage 0. Only 3.0% reach Stage 3 and only 0.4% reach Stage 4.

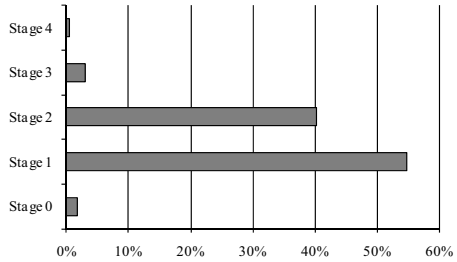


Figure 2. Service sophistication according to the EC classification

Giving weights 0, 1, 2, 3 and 4 to each of the successive maturity stages, the global maturity level of the observed municipalities computes as 1.46. This result is lower that the value of 1.86 obtained in 2007 by Santos and Amaral [38]. This difference is justifiable because of the different methodologies used, namely the slightly different maturity stages and the different services that were analyzed.

IV. DISCUSSION

This study included 239 valid observations, representing approximately 78% of the Portuguese municipalities. Despite the dimension of the sample, results cannot be extrapolated to the entire population because the sample is not representative. This is due to the fact that the municipalities included in the sample were selected because of their previous participation in e-government development projects. This option was taken because we wanted to assess the effects of those projects in the dissemination of information and online service delivery by local government. Naturally, worst average results could be expected if all municipalities were considered.

The results of the survey seem to indicate medium level development for information dissemination through the municipalities' websites: for 65.7% of the municipalities all types of documents were available (71.1% if only City Council documents are considered). However, considering the

investment made in e-government development in the past decade, better results could have been expected. This is especially evident if we take into account that there is not much technological or organizational complexity in making available through the web documents that by definition are already accessible to the public.

Concerning the possibility to submit complaints through the web, the results are also under what could be expected: only 60.7% of the observed municipalities included this item in their website. The same is true in relation to attendance through Skype and/or MSN Messenger (only 3.8% of the municipalities), although in this case it can be argued that specialized human resources must be involved and that the demand may not always justify the offer.

The results of the survey also indicate that online service delivery remains substantially underdeveloped in Portuguese municipalities. Indeed, only half of the observed websites had mentions to the analyzed services and only 44% of the websites had downloadable forms for those same services. More important, only 3.4% of the websites offered the possibility to submit the forms online and only 0.4% offered the possibility to conclude the full procedure online. As a consequence, the global maturity level of the observed municipalities computes as 1.46 in a maximum score of 4. This cannot be considered a good result if we take into account the investment made in the past decade and the fact that Portugal obtained the maximum achievable sophistication score for the 20 public services considered in the 2009 benchmark measurement performed by the European Commission [15].

It is also important to note that the results for online service delivery were obtained for only four out of the tens of different types of applications that citizens and businesses can request through Portuguese municipalities. Different results could be obtained if all services or different services were considered. Nevertheless, it is also true that the set of services that were analyzed represent one of the most important fields of activity of the Portuguese municipalities.

Although the results obtained for online service delivery are well below what could be expected, it can be argued that good results in this category are far more difficult to obtain than for the other items included in this study. In order to be effective, fully transactional delivery of services through the web depends upon the existence of a fully dematerialized back office and upon the availability of qualified human resources. It also depends upon the availability of adequate software solutions, since the average size and budget of the Portuguese municipalities does not favor in-house development. This is obviously much more complex and expensive than simply uploading documents to the web.

Finally, it is important to note that the survey presented in this article accesses local e-government from the supply side, i.e. the availability of local government information and services through the web. The demand side of local e-government was not considered.

V. CONCLUSIONS

In this article we presented new data concerning the offer of local government information and services by Portuguese municipalities through the web. The survey included the observation of 239 municipal websites. The results indicate that, despite the investment made in the last decades in the modernization of local government and e-government development, Portuguese municipalities still exhibit medium level development in what relates information dissemination through the web and remain substantially underdeveloped concerning online service delivery.

These results are especially relevant since Portugal is well-known for having very good classifications in international e-government benchmarks, when national level services are considered. This suggests that investment in local e-government development should be rethought so it can produce better results, at least as seen from the client's point of view.

Although the subject could be further studied, the results also suggest that a cultural breakthrough is needed in order to take full advantage of new technologies in government-to-citizen interactions at the local level in Portugal. In effect, it seems that raising the awareness of both local level politics and civil servants is essential to redirect investments and actual development to achieve more client observable results in terms of e-government.

ACKNOWLEDGMENT

We acknowledge the students of the 2009/10 course on Electronic Government at the School of Technology and Management of Águeda of the Universidade de Aveiro for their cooperation in the field work. We also acknowledge Prof. L. J. Gonçalves for his help in producing the map in Figure 1.

REFERENCES

[1] D. Holms, E-gov: e-business strategies for government. London: Nicholas Brealey Publishing, 2001.

[2] R. Silcock, "What is e-government?" Parliamentary affairs, vol. 54, pp. 88-101, 2001.

[3] H. C. Relyea, "E-gov: introduction and overview," Government Information Quarterly, vol. 19, pp. 9-35, 2002.

[4] C. Codagnone and A. Wimmer, Eds., Roadmapping eGovernment research: visions and measures towards innovative governments in 2020, IST Project eGovRTD2020. Clusone: eGovRTD2020 Project Consortium, 2007. Available in http://www.egovrtd2020.org/EGOVRTD2020/FinalBook.pdf, last accessed February 11, 2011.

[5] Delloit Research, At the dawn of e-government, the citizen as a customer. New York: Delloit Consulting, 2000. Available in http://www.egov.vic.gov.au/pdfs/e-government.pdf, last accessed February 5, 2011.

[6] C. H. Baum and A. Di Maio, Gartner's four phases of e-government model. Gartner Group, 2001.

[7] J. S. Hiller and F. Bélanger, Privacy strategies for electronic government. Arlington: PricewaterhouseCoopers, 2001. Available in http://www.businessofgovernment.org/sites/default/files/PrivacyStrategies.pdf, last accessed February 5, 2011.

[8] K. Layne and J. Lee, "Developing fully functional e-government: a four stage model," Government Information Quarterly, vol. 18, pp. 122-136, 2001.

[9] C. G. Wescott, "E-Government in the Asia-Pacific Region," Asian Journal of Political Science, vol. 9, pp. 1-24, 2001.

[10] M. J. Moon, "The evolution of e-government among municipalities: rhetoric or reality?" Public Administration Review, vol. 62, 424-433, 2002.

[11] S. A. Ronagham, Benchmarking e-government: a global perspective. New York: UNDPEPA-ASPA, 2002. Available in http://unpan1.un.org/intradoc/groups/public/documents/UN/UNPAN021547.pdf, last accessed February 5, 2011.

[12] D. M. West, "E-Government and the transformation of service delivery and citizen attitudes," Public Administration Review, vol. 64, pp. 15-26, 2004.

[13] K. Siau and Y. Long, "Synthesizing e-government stage models, a meta-synthesis based on meta-ethnography approach," Industrial Management & data Systems, vol. 105, pp. 443-458, 2005.

[14] K. V. Andersen and H. Z. Henriksen, "E-government maturity models: extension of the Layne and Lee model," Government Information Quarterly, vol. 23, pp. 236-248, 2006.

[15] Smarter, Faster, Better eGovernment, 8th Benchmark Measurement. Brussels: D. G. Information Society and Media, November 2009. Available in http://ec.europa.eu/information_society/eeurope/i2010/docs/benchmarking/egov_benchmark_2009.pdf, last accessed February 5, 2011.

[16] United Nations e-government survey 2010, leveraging e-government at a time of financial and economic crisis. New York: UN Publishing Section, 2010. Available in http://unpan1.un.org/intradoc/groups/public/documents/un/unpan038851.pdf, last accessed February 5, 2011.

[17] M. Holzer, M. B. You, A. Manoharan, Municipalities Worldwide (2009), A Longitudinal Assessment of Municipal Websites Throughout the World. Newark: Rutgers, 2009.

[18] D. J. Calista, J. Melitski, M. Holzer, and A. Manoharan, "Digitized government in worldwide municipalities between 2003 and 2007", International Journal of Public Administration, vol. 33, pp. 588- 600, 2010.

[19] G. P. Dias and J. A. Rafael, "Proposal for a platform for the integration into public administration," in Proceedigs of the 1st Iberian Conference on Information Systems and Technologies, vol. 1, M. M. Cunha, A. Rocha, Eds. Barcelos: IPCA, 2006, pp. 179-194.

[20] J. Pascoe, H. Rodrigues, C. Ariza, "An investigation into a universal context model to support context-aware applications," in On the Move to Meaningful Internet Systems 2006: OTM 2006 Workshops, Lecture Notes in Computer Science, vol. 4278. Springer, 2006, pp. 1884-1893.

[21] G. P. Dias and J. A. Rafael, "A simple model and a distributed architecture for realizing one-stop e-government," Electronic Commerce Research and Applications, vol. 6, pp. 81-90, 2007.

[22] R. Gomes and J. Ribeiro, "Use of Web Services in e-government information systems, a case study," in Proceedings of the 2009 International Conference on Information Management and Engineering. IEEE, 2009, pp. 475-480.

[23] H. Gomes, A. Zúquete, and G.P. Dias, "Citizen Controlled Exchange of Information in E-government," in WEBIST 2011, Proceedings of 7th International Conference on Web Information Systems and Technologies, in press.

[24] F. Marques, G. P. Dias, and A. Zuquete, "Security concerns in eGovernment agent-based interoperability," in Electronic Government: Proceedings of ongoing research and projects of EGOV 09, 8th International Conference, EGOV 2009, H. J. Scholl, M. Janssen, R. Traunmüller, M. A. Wimmer, Eds. Linz: Trauner Druck, Schriftenreihe Informatik # 30, 2009, pp. 197-204.

[25] N. Teodoro and C. Serrão, "Web applications security assessment in the Portuguese world wide web panorama," Web Application Security, Communications in Computer and Information Science, vol. 72. Springer Verlag, 2010, Pages 63-73.

[26] G. P. Dias and T. Narciso, "Analysis of the potential for organizational interoperability improvement in local government ," in Systems and Information Tecnologies, Proceedings of the 5th Iberian Conference on Information Systems and Technologies, vol. 1, A. Rocha, C. F. Sexto, L. P. Reis, M. P. Cota, Eds. Rio Tinto: AIST, 2010, pp. 167-172.

[27] R.P.C.do Nascimento, J.A.C. Martins, J.M.S. Pinto, "XML family skills used by FLoWPASS," WSEAS Transactions on Computers, vol. 4, pp. 591-596, 2005.

[28] L. V. Tavares, P. Silva, "An electronic social network to market topics of public interest: Net@INA", Proceedings of the 2006 international conference on digital government research, ACM International Conference Proceeding Series, vol. 151. New York: ACM, 2006, pp. 458-459.

[29] M. Tavares, "The use of cybergenres as a communication and knowledge management process in local government", Proceedings of the 26th annual ACM international conference on Design of communication. Ney York: ACM, 2008, pp. 283-284.

[30] G. P. Dias and J. M. Moreira, "Transparency, Corruption and ICT," in Transparency, and Information and Communication Technology: Social Responsibility and Accountability in Business and Education, A. Vaccaro, H. Horta and P. Madsen, Eds. Charlottesville: Philosophy Documentation Center, 2008, pp. 151-160.

[31] M. Rodrigues, G. P. Dias, and A. Teixeira, "Human language technologies for e-gov", in WEBIST 2010, Proceedings of the 6th International Conference on Web Information Systems and Technology, vol 2. INSTICC, 2010, pp. 400-403.

[32] M. Rodrigues, G. P. Dias, and A. Teixeira, "Automatic Extraction and Representation of Geographic Entities in eGovernment," in Systems and Information Tecnologies, Proceedigs of the 5th Iberian Conference on Information Systems and Technologies, vol. 2, A. Rocha, C. F. Sexto, L. P. Reis, M. P. Cota, Eds. Rio Tinto: AIST, 2010, pp. 160-163.

[33] M. Rodrigues, G. P. Dias, and A. Teixeira, "Knowledge Extraction from Minutes of Portuguese Municipalities Meetings", in Fala 2010, Conference on Speech Technology & II Iberian SLTech, Speech and Language Technologies for Iberian Languages, C. G. Mateo, F. C. Diaz, F. M. Pazó, Eds. Vigo: Universidade de Vigo, 2010, pp. 51-54.

[34] L.V. Lapão, R. S. Santos, M. Góis, P. D. Silva, "Healthcare internet marketing: Developing a communication strategy for a broad healthcare network," ICEGOV, ACM International Conference Proceeding Series, vol. 232, T. Janowski, T. A. Pardo, Eds. Ney York: ACM, 2007, pp. 291-295.

[35] N. Rodousakis and A. M. dos Santos, "The development of inclusive e-Government in Austria and Portugal: A comparison of two success stories," Innovation, vol. 21, pp. 283-316, 2008.

[36] A.C. Sanz, , J.C. Neves, J. N. Valente, "A conceptual model of e-Local Government," in Systems and Information Tecnologies, Proceedigs of the 5th Iberian Conference on Information Systems and Technologies, vol. 2, , A. Rocha, C. F. Sexto, L. P. Reis, M. P. Cota, Eds. Rio Tinto: AIST, 2010, pp. 123-127.

[37] P. Costa, A. Vasconcelos, and J. Tribolet, "SIMPLEXIS: Evaluating eGov Measures Using an Information System Architecture Approach," in Proceedings of the 4th European Conference on Information Mangement and Evaluation. Kidmore End: Academic Conferences, 2010, pp. 462-466.

[38] L. Santos and L. Amaral, Presença na Internet das câmaras municipais portuguesas em 2007, estudo sobre local e-government em Portugal. Guimarães: Gávea, Universidade do Minho, 2007. Available in http://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/8443/1/EstudoCamaras2007.pdf, last accessed February 10, 2011.

Magellan: An Adaptive Ontology Driven "Breaking Financial News" Recommender

Brett Drury
LIAAD-INESC
Porto, Portugal
Brett.drury@gmail.com

J.J. Almeida
Escola de Engenharia
University of Minho
Braga, Portugal

M.H.M. Morais
Dept. of Physics
Univ. of Aveiro
Aveiro, Portugal

***Abstract*—News recommendation has become an increasingly popular area of research for both the academic researcher and the commercial practitioner. Recently, a "semantic approach" to news recommendation has become popular. Semantic news recommendation normally relies upon a manually constructed domain Ontology and a user profile. The current semantic news recommenders have their flaws: 1. constructing and maintaining a manual Ontology is a manually intensive and laborious task, 2. user profiles may inhibit the selection of novel, but interesting stories which are atypical of the user's previous selections and 3. the current approach semantic approaches ignores the "importance" of a story to the monitored domain.**

This paper describes Magellan (Magalhães), a semantic recommendation system which ranks "breaking financial news" by their "importance" to a monitored domain. In addition Magellan uses an automatically constructed and maintained adaptive Ontology which autonomously discovers new relations and entities whist removing outdated or erroneous information. Magellan applies a "temporal confidence" to each relation and once a relation's "temporal confidence" falls below a pre-assigned constant it is removed. The ranking of stories is with a "weighted term frequency" (WTF) scheme. The domain Ontology is used to identify relevant terms in candidate stories. A term's weight is determined by its: 1. Centrality and 2. Prestige (which incorporates a relation's temporal confidence). An evaluation of Magellan with an inverted index and a semantic news recommender system with a static Ontology demonstrated a clear advantage for Magellan.

Keywords: News Recommendation, Information Recall, Ontology

I. Introduction

News recommendation has become an increasingly popular area of research for both the academic researcher and the commercial practitioner. [1] [2]. News recommendation systems have become influential in determining the type of news published [3]. Recommendation engines which have a predilection towards certain types of news may inhibit the breadth and originality of news published which may be detrimental to society in general [3]. The recent "semantic approach" has demonstrable advantages over the traditional content recommender systems, but these systems rely upon previous user choices and manual ontologies. News systems which are predicated upon previous user choices may artificially limit the breadth and originality of news selection. In addition to the specific argument of artificial limitation of the breadth news selected there is the "induction" [4] general objection to using past information to predict future choices. A further flaw is the use of manually constructed and maintained domain ontologies. It would require a significant manual effort to construct and maintain a detailed accurate Ontology. An under-maintained domain Ontology will induce a significant number of errors in the news selection phase.

Magellan attempts to avoid the aforementioned objections with the use of an automatically constructed and maintained domain Ontology. An autonomous approach to Ontology construction allows the production of a detailed and accurate Ontology which requires no manual intervention. The automatic maintenance of the Ontology ensures the detail and accuracy is maintained over time. Magellan scores the candidate stories through a weighted term frequency (WTF) scheme where terms which co-occur in the candidate story and in the Ontology are weighted with their: 1. Centrality and 2. Prestige. A story's score is a reflection of their "importance" to the monitored domain, consequently novel or original stories will not be excluded from selection.

A. Related Work

The research literature describes numerous "semantic" news recommender systems (SNRS) [2] [5]. SNRS typically use a manually constructed and maintained domain Ontology as well as a user profile [2]. The news stories are typically selected by either: 1. calculating a similarity measure or 2. expanding user preferences. There are objections to these approaches, but, the SNRS have demonstrable advantages over content based systems. IJntema et al [2] compared two content systems: YourNews [6] and NewsDude [7] with their SNRS. They claim that these two systems decrease in performance as the news story text increases and that by ignoring the semantic related concepts that the two systems are less than optimal

B. Motivation

Magellan was intended to be the news selection part of a larger news analytics system which analyzed freshly published or "breaking news". A specific requirement for Magellan was for it to have "point of view" when ranking news stories, for example a Microsoft centric view of news would rank Microsoft news higher than a Google centric view of the same news stories.

A secondary motivation was system autonomy. Magellan was designed to operate with minimal human intervention. Story acquisition, text extraction, Ontology (construction and maintenance) and story selection must be achieved automatically. The final motivation was to monitor the importance of concepts described in the Ontology over time, for example, in September 2010 Stephen Elop left Microsoft to join Nokia as CEO. This event ensured that Stephen Elop was less important in the Microsoft domain and more important in the Nokia domain.

C. Magellan Design Goals

The design goals for Magellan are described at three levels: 1. document collection level, 2. Ontology level and 3. story selection level. The non-functional goals of Magellan were: 1. speed, 2. autonomy, 3. robustness.

1) Document collection level

The document collection level is responsible for: 1. collection of news stories from RSS feeds, 2. extract news story text from web pages, 3. addition of meta-data for each news story. Magellan must be able to extract text from thousands of web pages, consequently the text extraction technique must be efficient. Magellan crawls RSS feeds at regular intervals, consequently Magellan must be able detect duplicate stories in the RSS feed. The Magellan must be able to parse non-standard web pages and RSS feeds.

2) Ontology level

The Ontology level models a domain and describes the relations between the individuals, for example, the assertion "Microsoft produces Windows", describes an individual (type: company / organization), which "produces" (a relation), an individual (type: product / operating system). Accepted facts may change for numerous reasons. For example: 1. people change employment or 2. companies discontinue products. The dynamic nature of business news ensures at the Ontology level Magellan must: 1. construct the Ontology automatically, 2. resolve errors, 3. remove outdated information and 4. add new information. These design goals must be achieved within the systems non-functional requirements of: 1. speed, 2. autonomy, 3. robustness.

3) Story selection level

The story selection level is responsible for scoring and ranking candidate stories. Magellan ranks "breaking news", consequently Magellan must be able to reorder a list of stories in response to a freshly published story. In addition the domain Ontology changes over time, consequently the story selection must be repeated in response to changes in the domain Ontology. Finally, the story selection level must export selected stories in NewsML [8].

The rest of the paper will describe the following: 1. Magellan Architecture, 2. News Story Selection, 3. Evaluation.

II. Magellan Architecture

The Magellan architecture is demonstrated in Figure 1. The diagram in Figure 1 shows the logical separation of the architecture into three levels: 1. document collection level, 2. ontology level and 3. story selection level. The diagram in Figure 1 demonstrates the functionality of each logical level. The remainder of this section will describe this functionality.

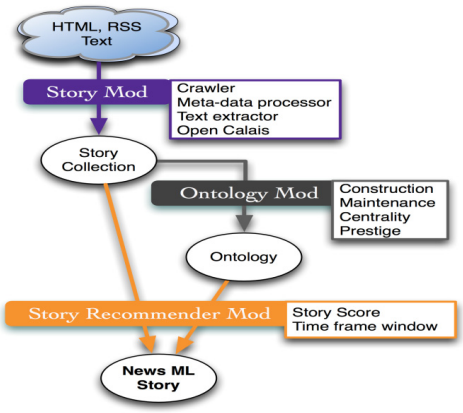


Figure 1: Magellan Architecture

A. The Magellan Crawler

The Magellan Crawler crawls a pre-defined list of Really Simple Syndication (RSS) feeds. The RSS feeds describe news stories available on various news orientated web sites. The RSS feed typically provide the following news story information: 1. publication date, 2. headline, 3. story description, 4. link to the main story (story-link), 5. Story category.

Magellan uses the Rome API to crawl RSS feeds. The Rome API allows the extraction of information from RSS feeds whilst hiding the implementation details. A fixed pool of threads was created; each thread is assigned to parse an individual RSS feed. When a thread has completed its task it is returned to the thread pool where it is reassigned to a new RSS feed. This process continues until all of the feeds in the list have been parsed. The Magellan Crawler performs a new crawl every 15 minutes, consequently there may be a duplication of stories because journalists edit and republish their stories. Duplication detection is based upon headlines; a story is determined to be a duplicate if it has the same headline and RSS feed url as a previous story within the previous 12 hours. Once the RSS crawler has run, a second crawler then fetches the HTML for the stories from the story-links fetched by the RSS crawler. The RSS and HTML information are stored in a relation database management system (RDMS).

B. Story Text Extraction

The news stories stored in the RDMS are described in HTML. The text in the news story will be subject to further

analysis, consequently it was not possible simply to display the story to a user in an embedded web browser. The story text needed to be extracted from the HTML, but comments, advertisements and links to other stories need to be eliminated. Magellan crawls thousands of stories and therefore a very efficient text extractor was required. The initial approach was to write manual templates for each site Magellan crawled. There were problems: 1. sites often used more than one template, 2. templates change overtime, 3. large numbers of template are difficult to maintain. These problems ensured that the text extractor often did not extract the correct text. There are some semi-supervised methods for text extraction from web pages [9], however they still require some manual input and do not adapt to new website templates. There are some unsupervised techniques which require no human intervention. These techniques can rely upon clustering DOM tree edit distances [9] [10] between web pages. Efficient cluster algorithms are **O(n^2)** and require the comparison of all DOM trees, consequently a clustering approach is not suitable for large number of documents. Magellan is required to extract text from thousands of stories and therefore a more efficient method was required.

C. News Story HTML Characteristics

As previously described news web sites often rely upon templates and that the identification of the template can aid text extraction. An analysis of 10,000 web pages crawled from popular news sites revealed that news story text constituted on average 4.8% of the total size of web page. Templates may account for the majority of the web page size because of the following factors: 1. verbose html, 2. large javascript libraries, 3. CSS stylesheets and 4. common textual elements (disclaimers, copyright notices, ...). The variations in news story text size will have a small effect on the total web page size, but a change in the site template will have a more pronounced effect on the size of the web page. It was possible to exploit this characteristic to aid the identification of a site template. Sorting web pages by size created clusters of web pages which had the same site template. Sorting to identify templates is more efficient than clustering because: 1. sorting is **O(log(n))** and 2. sorting requires a simple comparison of web page size rather than a complex DOM tree edit distance. These two factors ensure that a sorting based approach can accurately extract text from a large number of web pages.

D. Unsupervised Text Extraction

The unsupervised text extraction used by Magellan relies upon the comparison of HTML Document Object Model (DOM) trees to identify story text. The text extraction processes uses two DOM trees; a DOM tree for the target web page (Target Tree) and a DOM tree for the comparison web page (Comparison Tree). The algorithm finds common nodes or sub-trees in each DOM tree which has a text node as the terminating node. If the text recovered from the target text node from the Target Tree differs to the text recovered from the comparison text node from the Comparison Tree then the target text is considered as a candidate for extraction. This process continues until the Target Tree has been completely parsed. The list of text extraction candidates are filtered with the following rules:

- Remove text candidates which have a size of <=20\% of the size of the largest text candidate
- Remove text candidates which are contained in "div" element with an "id" or "name" a value of one of the following: "comment", "sponsored", "advertisement", "featured", "copyright"
- Remove text candidates which are contained in a list of frequent sub-trees.
- Remove text candidates extracted from the following HTML elements: "button" ,"comment" or "script".

The comparison of Target and Comparison DOM trees allows the extraction of non-static text, i.e. common textual template elements are not considered as text candidates. The aforementioned rules allow the elimination of varying textual elements; for example comments or advertisements. It is not possible to provide a detailed evaluation because of space considerations, but this text extraction methodology was more accurate than fixed templates and was more efficient than the clustering approach. This section will be the subject of a future publication.

Addition of Metadata: The extracted text is sent to the Open Calais web service [11]. Open Calais adds meta-data to the story. The meta-data includes: 1. named entity extraction, 2. story categorization, 3. relation extractor and 4. uri's which point to a Linked Data page [12] for the named entities extracted by Open Calais. The Linked Data uri points to "landing pages" which in turn, point to a Linked Data page. The "landing pages" which point to the same Linked Data page can be considered to be instances the same entity, consequently Open Calais offers a form of entity disambiguation. The meta-data is stored in the RDMS.

E. Ontology Construction

Magellan relies upon a local domain Ontology. The function of the Ontology is to: 1. describe in detail the monitored area, 2. provide "scores" for Ontology elements, 3. describe the relationship between entities. The design goals of Magellan required that the Ontology construction was an automatic process with minimal human supervision. The construction process followed the one described by [13] which used news stories to construct a domain Ontology. The algorithm extracts relations and entities from relevant news stories' meta-data. The algorithm is fully described in algorithm 1 (Figure 2).

The methodology has a central flaw: errors and stale information are not removed from the Ontology, consequently over time the Ontology becomes unreliable [13]. A design goal of Magellan is to manage the domain Ontology automatically. The Ontology management functionality is predicated upon "fact redundancy" of news. News stories repeat facts. Erroneous assertions or outdated information are not repeated frequently. This basic characteristic allows the assignment of a "lifespan" to relations in the Ontology. The relation "lifespan" is updated when the relation is repeated in a new news story. If a relation "lifespan" is not refreshed then it is eventually

removed, consequently erroneous assertions or outdated information are (deleted after a short period of time) and facts are preserved. The "lifespan" is determined by: 1. domain volatility, 2. relation volatility, 3. frequency of relation assertion, 4. distribution of assertions over time. The domain volatility is a constant which describes the velocity of change of information in the domain; this constant is derived from the number of news stories (related to the domain) published during the previous 30 days. A relation constant is a decided by a human expert. The frequency of assertion is the accumulative count of the repetition of the assertions. The distribution of assertions is the measure of the grouping of assertion repetitions. A tight grouping of repetitions may indicate an assertion with a short time lifespan, where as a loose grouping of repetitions can indicate an assertion with a long lifespan. The position of relation in its lifespan is determined by a relation weight. At its creation the relation is assigned an initial weight. The weight is decayed over time, consequently the longer the lifespan the slower the decay. A relation which has a low relation weight can be determined to be near the end of its lifespan. Once a relation weight reaches a predefined value it is removed from the Ontology. When a relation is reasserted the relation weight is reinitialized and the lifespan recalculated. The graph in figure 3 demonstrates the role of frequency of assertion in determining the lifespan of a relation. The relation which has an assertion frequency of 1 has a lifespan of less than 1 day, where as a relation which was reasserted 40 times has a lifespan of 20 days.

Algorithm 1: Ontology Construction

Input: Keywords: List of topic search words
Input: Corpus: Set of news stories
Output: Ontology: Domain Centred Ontology
$Ontology \leftarrow ()$
repeat
  $newstories \leftarrow searchforstories(Keywords, Corpus)$
  forall the $story \in newstories$ **do**
    $MD \leftarrow MetaData(story)$
    forall the $relation \in MD$ **do**
      $push(Ontology, relation)$
      $LD \leftarrow LinkedData(relation)$
      forall the $linkedrelation \in LD$ **do**
        $push(Ontology, linkedrelation)$
  $Keywords \leftarrow expandkeywords(Ontology, Keywords)$
until *No new keywords obtained*
$return(Ontology)$

Figure 2: Ontology Construction Methodology

Mistakes or errors are not repeated frequently, consequently they have a very short lifespan before they are removed from the Ontology. The graph in figure 4 is demonstration of the effect of reassertions over time. The relations have an equal number of reassertions. The reasserted relation has 2 less assertions at day 1, but it is reasserted at days 2 and 4. The reasserted relation has a lifespan double of that of the non-reasserted relation.

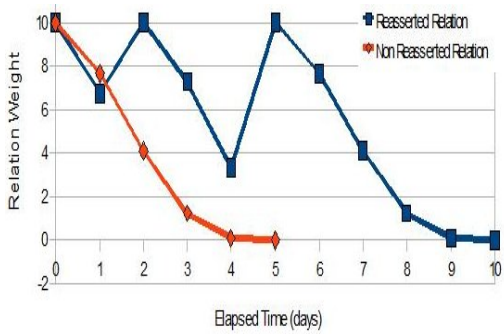


Figure 3: Decay graph for relation with varying reassertion frequencies over time

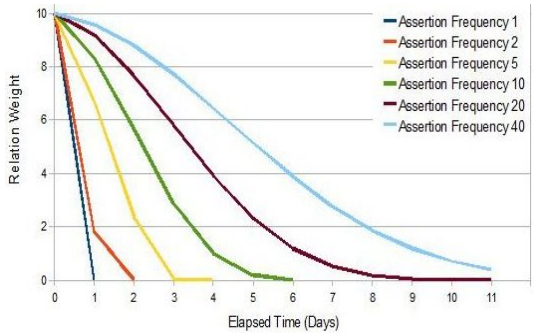


Figure 4: Decay graph for relation with varying reassertion frequencies

F. Evaluation

It is not possible to provide an in-depth evaluation because of space considerations, but the full evaluation is provided by [14]. The following subsection will briefly describe the evaluation methodology. Two ontologies were generated over a period of 56 days: one Ontology was managed with the decay scheme and the other was unmanaged. The ontologies were manually evaluated at regular points over time. The error rate of the managed Ontology was stable at about 4.5%, where as the unmanaged Ontology gained errors over time. The unmanaged Ontology at the end of the evaluation period had an error rate of 15\%. The managed Ontology stabilized with a fixed set of correct relations which never exited the Ontology.

III. NEWS STORY SELECTION

The purpose of Magellan is to select stories which are "important" to the monitored domain. Magellan is not concerned with the linguistic similarities of stories. The story selection is based upon a weighted term frequency of concepts contained in the story. The concepts extracted from the story are weighted by their relative "importance" in the Ontology. The concepts contained in the Ontology are ranked for importance by social network measures: 1. Centrality and 2. Prestige. [9]

A. Ranking Domain Ontology Individuals

Individuals within the domain Ontology are assigned a weight which is determined by social network measures of: 1. Centrality and 2. Prestige [9]. Centrality assumes that an individual with the most links (relations) to other individuals is an important or most important individual in the domain [9]. The closeness of an individual to the top ranked individual may imply a degree of importance. Magellan ranks all the individuals in the Ontology by the number of relations (and their reassertions) and their relation weights, for example, an individual with 150 relations, where each relation had been asserted once will have the same rank as an individual with one relation that had been reasserted 150 times. The individual with the most accumulative relations will be known as the "Top Ranked Individual". The centrality of non "Top Ranked Individuals" is determined by the distance or "hops" the individual is from the "Top Ranked Individual". The Centrality measure is moderated by the "strength" of the relations connecting the individual to the "Top Ranked Individual". An individual which has a short, "strong" connection to the "Top Ranked Individual" will have a higher Centrality score than a individual which has a distant and "weak" connection to the "Top Ranked Individual". The determination of the centrality score is by the following:

$$\text{NormalizedHops} = (1 / \text{hops}) \quad (1)$$

$$\text{NRW} = (\text{RelationWeight} / \text{hops}) \quad (2)$$

$$\text{CentralityWeight} = (\text{NormalizedHops} * \text{NRW}) \quad (3)$$

Prestige is a social network measure which ranks individuals by the number of the links (relations) between individuals. The ranking procedure was described in the Centrality calculation where: 1. number of links, 2. relation reassertions and 3. relation weights determine an individual's rank or prestige in the domain. Prestige directly influences the final score of the individual. An individual's final "importance" score is determined by the following formulas:

$$\text{temp} = (\text{CentralityWeight} / \text{rank}) \quad (4)$$

$$\text{IndividualWeight} = (\text{TopRankedIndividualConstant} * \text{temp}) \quad (5)$$

The "TopRankedIndividualConstant" is a constant value for the top ranked individual. Non "Top Ranked Individuals" will not have a higher value than the constant. The variable "temp" is always a fraction, the nearer to 1 the more "important" the individual is to the domain.

B. Scoring Stories

News stories are ranked with a weighted term frequency (WTF) scheme. Magellan recommends stories over a fixed period of time, consequently the frequency of terms in the complete document collection (Inverse Document Frequency) is ignored when computing the score of the story. Magellan computes the "importance" of story at the time the user requests the collection of stories. The WTF scheme extracts "named entities" (company names, person names, products, etc) contained in the meta data for story. The entities are weighted as per the importance in the Ontology and their frequency in the story. If an entity is not in the Ontology it is awarded a score of 0. The term weight is described by the following formula:

$$\text{TermWeight} = \text{Importance} * \text{TermFrequency} \quad (6)$$

The total term frequency weights for the document are "damped" by the following formula:

$$1+\log(\text{totalweightedtermfrequency}), \quad \text{totalweightedtermfrequency}>0 \quad (7)$$

[15]

Stories which contain frequent references to "highly important" entities are scored higher than stories which have "low important" entities or infrequent references to "high importance" stories.

IV. Evaluation and Results

A number of stories were crawled over a period of 4 months (September 2010 - January 2011]. This set of stories will be known as the evaluation set. Magellan is designed to be an information recall part of a news analysis system. It fetches news stories over a fixed period time. The time period from which the evaluation set of stories will be selected is when the financial markets are closed. This period of time is known as "overnights". The overnight news will be selected at random points over the lifespan of the evaluation set. The evaluation criterion was a comparison of accuracy at fixed document intervals [15] and recall with: 1. an inverted index (Lucene) and 2. a news recommendation system with a static Ontology. The domain that will be evaluated is that of Microsoft. Microsoft was chosen because it is a well known domain and it should be an easier evaluation task for the human assessor.

A. Comparative Evaluation

Magellan was compared with Lucene [16] and a news recommender system with a static Ontology (NRSO). The two semantic systems constructed domain ontologies with domain keywords. Candidate stories were ranked as per their importance to the domain Ontology, which was with a weighted term frequency (WTF) scheme. Stories were returned from Lucene with domain keywords. Lucene ranks stories with a term frequency inverted document frequency (TF-IDF) scheme. There were two evaluation methods: 1. accuracy at fixed document intervals 2. accuracy for randomly selected documents with rank greater than 20 and 3. recall. Accuracy of each competing system was determined by 1. correct ranking of news stories, 2. relevance of a story to the domain. The ranking of stories was a subjective process and consequently determining a "true ranking" was difficult as there was no objective standard to measure it against, consequently an error was determined when it was "obviously incorrect".

The comparative results are presented in Table 1. Magellan scored a significantly higher accuracy score than the

competing systems at each document range. Lucene maintained a constant accuracy over the document intervals where as the NRSO system suffers a steep decline in accuracy over the increasing document ranges. The NRSO was very inaccurate when documents (with rank of 20 or more) were randomly selected. This was a reflection of the number of errors in the Ontology. The recall figures are displayed in Table 2. The NRSO had the highest recall, but this was at the expense of poor accuracy. Lucene had a low recall, but maintained a consistently high accuracy. Magellan was unique because it had a high accuracy measure and a relatively high recall.

System	5	10	20	Random Selection
	Number of Stories			
Magellan	1.00	0.93	0.90	0.73
Lucene	0.70	0.80	0.77	N/A
NRSO	0.80	0.73	0.63	0.20

Table 1: Average accuracy at fixed document intervals

System	Recall
Magellan	65
Lucene	12
NRSO	173

Table 2: Average Recall

V. Conclusion and Future Work

The main differentiators of Magellan over existing published news recommender systems are: 1. fast text extraction from html, 2. automatic knowledge discovery, 3. automatic knowledge management to resolve errors and outdated information, 4. a weighted term frequency indexing scheme where the weight of each term is determined by a Ontology which changes on a daily basis.

Magellan ranks stories by their importance to the domain rather than by user preference or statistical significance to a document collection. Changes in the domain Ontology ensure that stories will be scored differently at differing points in time. The notion of time influencing the ranking of a story is suited to the main task of Magellan of ranking "breaking news".

A. Future Work

The evaluation of Magellan demonstrates some advantages over existing content systems and static semantic system. Magellan is not 100\% accurate over the evaluated document ranges. The future work for Magellan will be to consider the position of the indexed terms in the news story. Terms which are nearer to the start of the story may be more important than terms at the bottom of the story. A number of Magellan errors were with "stock recommendation stories" where Microsoft or related companies were used as examples of stocks to be watched. These references were normally at the bottom of the story consequently the new work will seek to lower the rank of these types of stories. Further improvements may be gained from the automatic Ontology management. At the present time manual constants are used to calculate domain volatility and relation volatility. It may be possible to use a form of Machine Learning (ML) to learn optimal constants for the volatility calculations.

1. *Personalized News Recommendation Based on Click Behaviour.* **Liu, Jiahui, Pedersen, Elin and Dolan, Peter.** New York : ACM, 2010. Intelligent user interfaces.
2. *Ontology-based news recommendation.* **Injtema, Wouter, Goossen, Frank and Frasincar.** New York : ACM, 2010. Proceedings of the 2010 EDBT/ICDT Workshops. pp. 16:1--16:6.
3. *News recommendation engines:CHANGING PATTERNS OF NEWS CONSUMPTION AND PARTICIPATION.* **Thorson, Emily.** 2008, Information, Communication and Society.
4. **Russell, Bertran.** *The Problems of Philosophy.* London : Home University Library, 1912.
5. *Semantic Contextualisation in a News Recommender System.* **Castells, Pablo and Cantador, Iván.** New York : ACM, 2009. Workshop on Context-Aware Recommender Systems.
6. *Open User Profiles for Adaptive News Systems: Help or Harm?* **Ahn, J, Brusilovsky, P and He, D.** s.l. : ACM, 2008. In 16th International Conference on World Wide Web. pp. 11-20.
7. *A personal news agent that talks, learns and explains.* **Pazzani and Billsus.** s.l. : ACM, 1999. In The Third Annual Conference on Autonomous Agents. pp. 268-275.
8. **International Press Telecommunications Council.** NewsML. *NewsML-G2.* s.l. : International Press Telecommunications Council, 1 02 2011.
9. **Liu, Bing.** Link Analysis. *Web Data Mining: Exploring Hyperlinks, Contents, and Usage.* Berlin : Springer, 2007, pp. 237-271.
10. *Automatic Web News Extraction Using Tree Edit Distance.* **Davi De Castro, Reis, et al.** 2004. Proceedings of World Wide Web Conference .
11. **Reuters.** Open Calais. s.l. : http://opencalais.com/, 2011.
12. *Linked Data - The Story So Far.* **Bizer, Christian, Heath, Tom and Berners-Lee, Tim.** 2010, International Journal on Semantic Web and Information Systems.
13. *Construction of a Local Domain Ontology from News Stories.* **Drury, Brett and Almeida, Jose Joao.** Averio : Springer, 2009. EPIA. pp. 400-410.
14. *An Error Correction Methodology for Time Dependent Ontologies.* **Drury, Brett and Jose Joao, Almeida.** London : Springer, 2011. Ontose.
15. **S.Hinrich, C.D.Manning and.** Topics in Information Retrival. [book auth.] S Hinrich and C D Manning. *Foundations of statistical natural language processing.* Cambridge MA : MIT Press, 1999, p. 529.
16. **Gospodnetic, et al.** *Lucene in Action.* s.l. : Manning Publications, 2009.
17. **Corment, et al.** *Introduction to Algorithms [1st ed.).* s.l. : MIT Press and McGraw-Hill, 1990.

Modelação do Corpo Humano em Sistemas de Informação Geográfica

Aplicação à Acupunctura

António Barbeito[1,2]
[1]Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Águeda, ESTGA
Universidade de Aveiro, 3810-193 Aveiro, Portugal
amtb@ua.pt, d2009293@isegi.unl.pt

Pedro Cabral[2], Marco Painho[2]
[2]Instituto Superior de Estatística e Gestão de Informação, ISEGI
Universidade Nova de Lisboa, 1070-312 Lisboa, Portugal
pcabral@isegi.unl.pt, painho@isegi.unl.pt

Abstract — **O presente trabalho enquadra-se no âmbito de um projecto que tem por objectivo o desenvolvimento de um atlas anatómico digital tridimensional do corpo humano baseado em sistemas de informação geográfica (SIG).**

O objectivo específico do trabalho consistiu no desenvolvimento de um protótipo que engloba um modelo topológico de dados 3D, uma função analítica de inclusão "ponto-no-poliedro" e o conjunto de funcionalidades que permitem geovisualizar as estruturas anatómicas atingidas por uma agulha de acupunctura, quando inserida com uma determinada profundidade e direcção.

A utilização do protótipo em diversas situações de inserção e os testes realizados com pontos gerados aleatoriamente sobre o modelo, permitiram validar os diversos elementos desenvolvidos.

Keywords – 3D GIS; topological data model; anatomical atlas

I. Introdução

Os livros e os atlas anatómicos são formas tradicionais de representar o corpo humano [1]. Actualmente, existem inúmeros atlas, analógicos ou digitais, de grande qualidade visual e com extensas bases de dados associadas, [2], [3] e [4].

Os atlas anatómicos tridimensionais do corpo humano, com capacidades interactivas, permitem efectuar um estudo eficiente das diversas estruturas orgânicas. A interactividade traduz-se essencialmente na capacidade de navegar e efectuar consultas sobre o modelo representado. O desenvolvimento deste tipo de aplicações em ambiente SIG permite tirar partido da sua estrutura topológica, o que potencializa as capacidades de análise. Para tal, torna-se necessário conceptualizar e implementar um modelo topológico de dados, genuinamente tridimensional, que permita suportar eficientemente as análises a efectuar. A disponibilização de sistemas com estas características pode originar inúmeras aplicações específicas, por exemplo, na área da acupunctura.

A abordagem aqui efectuada ao tema dos SIG como ferramentas de modelação e análise do corpo humano incide em dois aspectos considerados fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho: 1) Os modelos de dados para SIG tridimensionais (SIG 3D); e 2) os modelos digitais de representação do corpo humano.

Estes temas serão desenvolvidos nos pontos seguintes. Na sequência do trabalho será descrito o protótipo desenvolvido, o modelo de dados proposto e implementado e a função analítica incluída no sistema. Na parte final mostram-se os resultados das análises efectuadas e conclui-se sobre a adequação dos vários módulos do protótipo.

II. Sistemas de Informação Geográfica e Modelos Topológicos de Dados

Os SIG bidimensionais (SIG 2D) são amplamente utilizados e implementam eficientemente as tarefas no espaço bidimensional [5]. Por outro lado, apresentam dificuldades quando se pretende manipular dados espaciais 3D [6]. Muitos dos SIG que operam com dados 3D são, na realidade, 2.5D, ou seja, armazenam pares de coordenadas *(x,y)* aos quais é associado um valor numérico (p.e., uma altitude). Estes sistemas apresentam limitações relevantes no que diz respeito à estruturação, manipulação e análise de dados 3D, apesar de desempenharem com eficiência a geovisualização em ambientes tridimensionais [7].

A modelação do corpo humano num SIG pressupõe a utilização dum modelo de dados genuinamente tridimensional, o que torna os SIG 2D, ou 2.5D, inadequados para esta tarefa.

A investigação na área dos SIG 3D remonta há duas décadas [8]. Actualmente, os SIG 3D representam uma área em crescimento, sendo objecto de diversos trabalhos em centros de investigação e universidades [9]. Em [10] refere-se que, apesar dos modelos topológicos de dados 3D constituírem um tópico de ampla discussão, não existe um modelo satisfatório nas actuais bases de dados conhecidas.

Segundo [11], os modelos de dados espaciais 3D apresentam características decorrentes do contexto em que foram estudados, agrupando-os em modelos geográficos e geológicos. Os modelos de dados para SIG 3D apresentam, então, uma forte dependência das áreas em que foram criados, o que permite concluir, em particular, que não existe um modelo universal óptimo.

O modelo vectorial topológico 2D proposto em [12], denominado *Formal Data Structure* (FDS), compreende as relações topológicas descritas em [13]. O modelo FDS pode ser

expandido no sentido de se obter um modelo topológico de dados 3D [14]. O modelo 3DFDS (Fig. 1), enquadrado nos modelos geográficos, compreende quatro objectos elementares, ponto, linha, superfície e corpo, a que correspondem as quatro primitivas, nó, arco, fronteira, face. A topologia expressa por este modelo abrange os relacionamentos ponto-corpo, arco-corpo, nó-face, arco-face [15]. Este modelo falha quando se pretende representar a variabilidade interna dos corpos tridimensionais (p.e., as estruturas orgânicas do corpo humano).

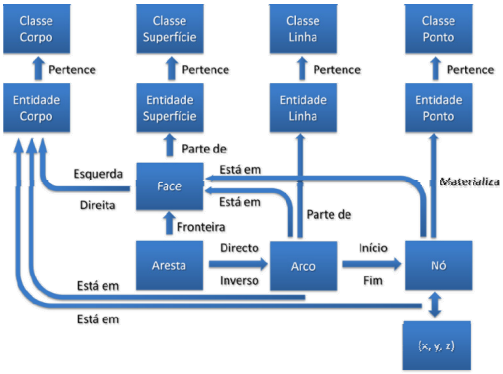


Figure 1. Modelo 3DFDS.

A representação vectorial de fenómenos contínuos no espaço 3D pode ser conseguida com o modelo *Tetrahedral network* (TEN), Fig. 2. O modelo TEN, classificado como um modelo geológico, foi introduzido com o objectivo explícito de ultrapassar algumas das dificuldades do modelo 3DFDS [15].

O modelo TEN é constituído pelos quatro objectos: corpo (constituído por tetraedros), superfície (constituída por triângulos), linha (constituída por arcos) e pontos (materializados por nós). Os relacionamentos topológicos são dados pela adjacência entre os objectos espaciais. Em [6] é referida a importância deste modelo dado que tem sido identificado como o mais apropriado para representações de objectos 3D.

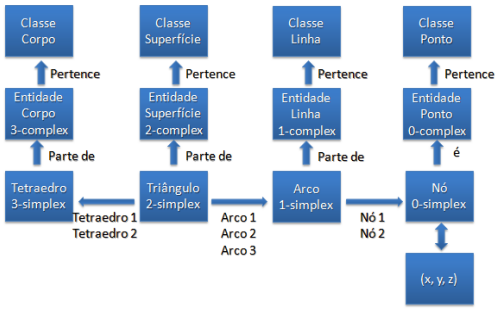


Figure 2. Modelo TEN.

A escassez de modelos de dados topológicos tridimensionais especificamente concebidos e testados para a representação de todo o corpo humano em SIG [16] e a constatação do interesse desta representação em SIG, conforme indicada em [17], expressam a necessidade de investigação e desenvolvimento de modelos SIG específicos para esta área.

III. Investigação Relacionada

Nos pontos seguintes descrevem-se os tópicos de investigação que incidem directamente sobre as áreas envolvidas neste trabalho.

A. Modelos Topológicos de Dados 3D

Os modelos topológicos 3D, classificados em modelos geográficos, geológicos e integrados, encontram-se descritos em [11]. No trabalho deste autor, verifica-se que os vários modelos topológicos de dados 3D desenvolvidos destinam-se essencialmente à modelação de estruturas geológicas e ambientes citadinos. Uma descrição dos modelos topológicos 3D, com especial detalhe no que respeita aos relacionamentos topológicos, é dada em [18]. Nestes trabalhos, não existem referências à construção / utilização de modelos topológicos 3D para representar o corpo humano.

B. Algoritmos de Inclusão no Espaço Tridimensional

Em [19], os algoritmos de inclusão sem fase de pré-processamento, encontram-se classificados em quatro grupos distintos:

- *Ray crossing*;
- Métodos angulares;
- Sinal de *offset*;
- *Winding numbers*.

Os autores deste trabalho, [19], desenvolvem um algoritmo de inclusão com fase de pré-processamento, que mostra ser claramente mais eficiente do que os descritos acima a partir de um elevado números de pontos de avaliação (superior a 10.000).

C. Representações do Corpo Humano

Os atlas anatómicos digitais apresentam-se actualmente como uma das formas de representação do corpo humano em suporte digital. As representações efectuadas em programas de desenho assistido por computador (CAD), recorrendo a modelos não topológicos, que definem os corpos tridimensionais através das suas superfícies limítrofes, às quais é possível aplicar texturas, são também usuais.

Além dos atlas anatómicos, a imagiologia permite gerar dados que podem ser convertidos em formas de representação do corpo humano. Segundo [20] a área da imagiologia disponibiliza dados que podem ser utilizados para produzir atlas. A informação disponibilizada pela imagiologia é muito abundante, sendo que esta área tornou-se numa das mais importantes ferramentas de apoio ao diagnóstico [21].

O "The Visible Human Project" teve início em 1994 e exemplifica o desenvolvimento de um atlas anatómico músculo-esquelético, digital, tridimensional, baseado na tomada de imagens seccionais reais do corpo humano. Trata-se de um atlas que segmenta músculos, tendões e ossos. Apresenta capacidades interactivas tais como navegação,

selecção, remoção de estruturas, definição de graus de transparência, identificação e descrição de estruturas [22]. De acordo com estes autores, a reconstrução de modelos anatómicos 3D permite criar um ambiente virtual que pode apoiar o planeamento cirúrgico, as cirurgias virtuais, a endoscopia virtual e simulações para efeitos de treino.

O projecto "Digitalized Virtual Chinese Human" iniciou-se em 2001. Este projecto baseou-se na recolha de 8556 secções do corpo humano feminino distando de 0.2mm. O tratamento prévio destes dados – registo de imagem, remoção de imagem de fundo e segmentação – conduziu a um modelo tridimensional feminino designado por VCH-F1. Em [23] são descritas as aplicações entretanto desenvolvidas: VCH Clinics, acupunctura virtual e cirurgia guiada por imagem.

Existem outros trabalhos que exemplificam a reconstrução de modelos tridimensionais a partir dos dados de imagiologia como, por exemplo, [24], [25] e [26]. Embora nestes casos não haja o desenvolvimento de uma aplicação SIG para operar com os modelos construídos, fica patente, no último trabalho referido, a construção de uma base de dados que recebe um modelo de dados 3D baseado em *voxels*, o que pode ser perspectivado como um SIG *raster* embrionário.

Apesar de haver um grande potencial na relação SIG / Representação do Corpo Humano, esta ligação não está muito explorada na actualidade. Existem trabalhos que constituem uma aproximação das representações anatómicas aos SIG sem que, no entanto, se desenvolvam essas representações a partir deste ambiente: [17] propõem a utilização de técnicas de SIG para modelar e estudar um problema específico da cavidade bucal de primatas, [27] apresentam um modelo para representar os tecidos moles tendo em vista uma aplicação SIG para efeitos médicos. [28] apresentam o *Foundational Model of Anatomy* (FMA), um mapa do corpo humano que inclui um modelo para as relações entre os objectos representados.

IV. Dados de Input

O input utilizado pelo protótipo desenvolvido é um ficheiro CAD, em formato DXF, em que as estruturas representadas são a superfície do corpo humano e os dois olhos (Fig. 3). Este ficheiro contém objectos do tipo *3DFaces* (cada *3DFace* é um triângulo dado pelas coordenadas dos seus vértices) que, em conjunto, representam as superfícies das três estruturas representadas. Este modelo de input possui algumas características específicas que devem ser alteradas antes da resolução do problema de análise objectivado no trabalho:

- Os vértices de cada triângulo possuem necessariamente pontos comuns com os vértices de triângulos vizinhos pelo que há uma substancial duplicação de coordenadas no ficheiro;
- O ficheiro DXF, em formato ASCII, implica uma manipulação mais lenta por comparação com um ficheiro binário contendo a mesma informação;
- A informação disponível não está estruturada em níveis o que impossibilita a discriminação das diferentes estruturas;
- Tratando-se de um modelo CAD, não estão definidas quaisquer relações topológicas.

Apesar das limitações do modelo de input deve notar-se que se trata de um modelo intrinsecamente tridimensional, pois as coordenadas correspondentes aos vértices dos triângulos são constituídas por ternos *(x, y, z)* e não por pares *(x, y)* com atributos de altitude associados.

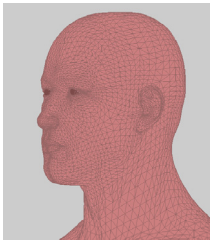


Figure 3. Modelo contido no ficheiro DXF.

V. Desenvolvimento do Protótipo para Análise de Inclusão em 3D

Foram criadas diversas rotinas com o intuito de implementar um modelo topológico conceptual a partir do modelo de input. Esse modelo topológico, especificamente adequado à realização da análise de inclusão pretendida, é incorporado no protótipo entretanto desenvolvido.

A. Estruturação da Informação em Camadas

Para efectuar a análise de inclusão da agulha relativamente a cada uma das estruturas anatómicas representadas, é necessário estruturar esta informação em camadas distintas. Assim, a cada uma das estruturas anatómicas do modelo fez-se corresponder um nível distinto. Na figura 4 apresentam-se as três camadas de informação utilizadas no presente modelo, representadas por diferentes cores com o objectivo de optimizar a sua distinção visual.

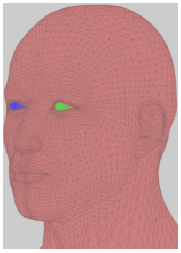


Figure 4. Criação de Layers.

B. Implementação do Modelo Topológico

O modelo desenvolvido neste trabalho (Fig. 5) baseia-se no modelo 3DFDS. Trata-se de uma simplificação deste modelo, pois a classe superfície não foi implementada. A informação topológica definida refere-se à indicação dos lados interior e exterior de cada face. Esta definição fez-se à custa da determinação das normais exteriores a cada face / triângulo.

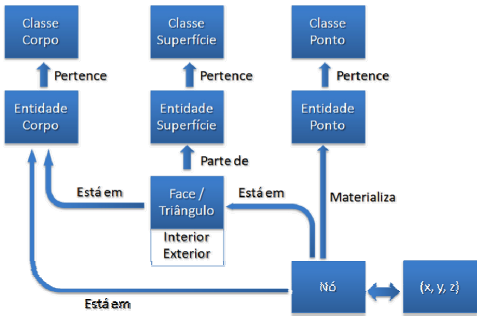


Figure 5. Modelo topológico implementado.

A determinação das normais exteriores (Fig. 6) recorre a um processo semi-automático que envolve o cálculo do produto externo de dois vectores correspondentes a duas arestas de cada triângulo. No primeiro cálculo é validada manualmente a normal com o sentido exterior. O cálculo das normais subsequentes é feito automaticamente: percorrem-se todos os triângulos garantindo que o sentido de cada normal é o mesmo da normal de um triângulo vizinho já calculado.

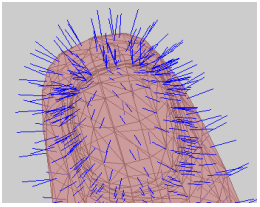


Figure 6. Determinação de normais exteriores.

C. *Estruturação Final do Modelo em Tabelas*

A construção do modelo, desenvolvido de acordo com os pontos anteriores, assenta na implementação das seguintes tabelas:

- Pontos - Contém as coordenadas tridimensionais dos vértices dos triângulos provenientes do ficheiro DXF original;
- Triângulos - Em cada linha da tabela de triângulos estão inscritos 3 números que representam os identificadores únicos (ID) dos pontos correspondentes aos vértices dos triângulos e que estão inscritos na tabela de pontos. Desta forma, cada linha indica quais os pontos que constituem um determinado triângulo (face). Nesta tabela estão contidos todos os triângulos que constituem cada corpo tridimensional. Esta forma de proceder evita que se repitam as coordenadas dos pontos (que pertencem a mais do que uma face). Existe uma tabela de triângulos por cada estrutura orgânica, o que permite materializar o conceito de camada;
- Janelas - Contém as coordenadas correspondentes aos limites inferior e superior das caixas envolventes de cada triângulo;
- Centróides - Contém as coordenadas dos centróides dos triângulos;
- Normais - Contém as coordenadas dos vectores unitários normais exteriores às superfícies dos triângulos.

D. *Análise de Inclusão "Ponto-no-Poliedro"*

Após a implementação do modelo, foi incluída no protótipo uma função de inclusão. Esta função utiliza um algoritmo do tipo angular e requer como parâmetros de entrada, além dos pontos a testar, as normais exteriores das faces constituintes dos corpos tridimensionais. Trata-se pois de um algoritmo sem fase de pré-processamento pois, neste caso, o número de pontos a analisar não justifica um algoritmo como o que se desenvolve em [19].

E. *Inserção de uma Agulha de Acupunctura*

As funcionalidades que permitem definir a inserção de uma agulha recorrem a quatro parâmetros definidos pelo utilizador:

- Coordenadas do ponto de inserção;
- Ângulos de inserção, *ra1* e *ra2* (Fig. 7), que constituem desvios relativamente à direcção perpendicular à face de inserção;
- Comprimento da agulha;
- Profundidade de inserção.

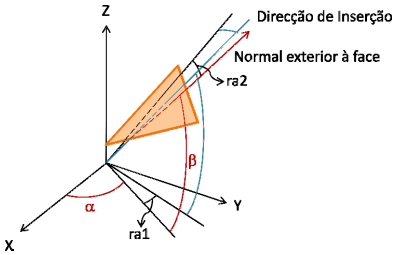


Figure 7. Orientação da agulha.

F. *Geovisualização do Modelo e dos Resultados das Análises*

O passo final consistiu na criação das funcionalidades que permitem a geovisualização das análises num ambiente gráfico tridimensional. Foi atribuído um código de cores às porções de agulha, consoante a sua inclusão ou não nas estruturas representadas pelo modelo:

- Vermelho: agulha no exterior do modelo;
- Azul: agulha no interior do corpo;
- Verde: agulha no interior do olho direito;
- Amarelo: agulha no interior do olho esquerdo.

A execução de uma operação de análise de inclusão segue a seguinte sequência:

- Definição do ponto de inserção;
- Definição dos ângulos de orientação da agulha;

- Determinação da face onde se dá a inserção; através do critério de maior proximidade, baseado no cálculo de distâncias entre o ponto de inserção e os centróides dos triângulos;
- Determinação da posição da agulha de acordo com os ângulos de orientação e profundidade de inserção; no caso particular dos ângulos e da profundidade de inserção serem nulos, a ponta da agulha coincidirá com o ponto de inserção e a orientação é a mesma da normal da face determinada no ponto anterior;
- Aplicação do algoritmo de inclusão; determinação das cores ao longo da agulha de acordo com a sua posição relativamente às várias estruturas;
- Colocação / geovisualização da agulha na posição definida e com as cores determinadas de acordo com o código pré-estabelecido.

VI. Resultados e Conclusões

A. *Trabalho Actual*

Neste trabalho implementou-se um protótipo que permite simular inserções de agulhas de acupunctura num modelo tridimensional do corpo humano. A visualização da agulha inserida é complementada com um código de cores que, por aplicação de um algoritmo de inclusão, permite descriminar visualmente as estruturas atravessadas pela agulha.

Para testar o protótipo foram simuladas diversas inserções de agulhas (Fig. 8). Para uma validação mais consistente, foram efectuados testes com recurso à aplicação de 20.000 pontos gerados aleatoriamente sobre todo o modelo do corpo humano. Em seguida verificou-se se todos os pontos estavam correctamente codificados com a cor correspondente à estrutura em que estavam contidos.

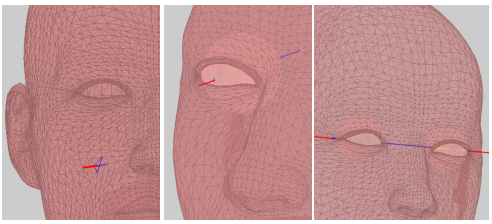


Figure 8. Inserção de uma agulha.

Os resultados obtidos nos testes efectuados permitiram validar as diversas componentes implementadas no protótipo: o modelo de dados, a função analítica de inclusão "ponto-no-poliedro" e as demais funcionalidades que permitem simular, em ambiente gráfico, a inserção de uma agulha de acupunctura.

As soluções apresentadas neste trabalho são típicas de um SIG 3D contendo dados sobre o corpo humano. Do ponto de vista da solução topológica encontrada e dos algoritmos empregues na resolução do problema, o facto de se utilizar um modelo de dados simplificado – que exclui a generalidade das estruturas internas do corpo humano - não é relevante, uma vez que a incorporação de novas estruturas, estando sujeitas ao modelo de dados topológico implementado, permitirá obter resultados similares. Neste caso, para cada nova estrutura introduzida deverá ser adicionada uma nova cor para permitir codificar uma eventual inclusão nessa estrutura.

Embora este trabalho incida sobre o desenvolvimento de um modelo adequado à análise "ponto-no-poliedro" num espaço tridimensional, a qualidade da geo-visualização do modelo utilizado foi um factor tido em conta. Apesar da qualidade da visualização não depender unicamente das primitivas geométricas utilizadas, estas podem comprometer o aspecto visual final. Assim, verificou-se se a componente geométrica utilizada no modelo comprometeria a qualidade visual do mesmo. Na figura 9 pode observar-se o resultado da aplicação de algoritmos de incidência de luz, aplicação de um determinado grau de reflectância à superfície do modelo e suavização da mesma. Por observação desta figura, pode concluir-se que a componente geométrica do modelo não condiciona a qualidade visual do mesmo.

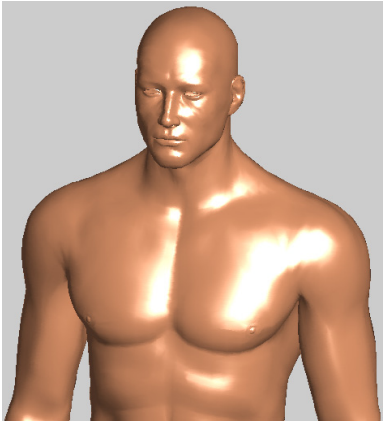


Figure 9. Geovisualização do modelo.

B. *Trabalho Futuro*

Tendo em vista o desenvolvimento continuado de um modelo que permita acolher novos dados e implementar outras funções analíticas, apresentam-se em seguida alguns tópicos a desenvolver em trabalhos futuros:

- Utilização de um modelo de dados anatómico completo, que incorpore a generalidade das estruturas internas do corpo humano, de forma a permitir efectuar análises realistas em qualquer parte do corpo humano;
- Desenvolvimento de um modelo topológico de dados que permita operar adequadamente com todos os dados disponíveis e representar as características internas dos vários corpos;
- Levantamento e desenvolvimento das funcionalidades para interagir e questionar o modelo de dados produzido;
- Concepção e implementação de uma base de dados para lidar com as componentes geométrica e alfa-numérica;

- Extensão do modelo para permitir a incorporação de informação proveniente da imagiologia;
- Desenvolvimento de aplicações específicas que recorram às capacidades do sistema desenvolvido.

REFERÊNCIAS

[1] Y. Yuan, L. Qi, e L. Shuqian, "The reconstruction and application of virtual Chinese human female", em Computer Methods and Programs in Biomedicine, vol. 92, no. 3, pp. 249-256, 2008.

[2] F. Netter, "Atlas of Human Anatomy", Saunders Elsevier, 5th edition, 2010.

[3] A. Agur, A.. Dalley, "Grant's Atlas of Anatomy", Lippincott Williams & Wilkins, 12th edition, 2009.

[4] R. Drake, A. Vogl, A. Mitchell, "Gray's Anatomy for Students", Churchill Livingstone, 2nd edition, 2009.

[5] R. Li, "Data structures and application issues in 3-D geographic information systems", Geomatica, vol. 48, no. 3, pp. 209-224, 1994.

[6] A. Abdul-Rahman, M. Pilouk, "Spatial Data Modelling for 3D GIS", Springer, 2008.

[7] S. Zlatanova, A. Abdul-Rahman, and M. Pilouk, "Trends in 3D GIS Development", Journal of Geospatial Engineering, vol. 4, no. 2. pp.1-10, 2002.

[8] F. Penninga, P. Oosterom, "First implementation results and open issues on the Poincaré-TEN data structure", Advances in 3D Geosystems, Springer Berlin Heidelberg, part II, theme III, pp. 177-197, 2008.

[9] A. Abdul-Rahman, "Development of Web 3D GIS software – an overview", Malaysian GIS Quarterly, GIS Development Publication, vol. 1, no. 1, 2006.

[10] E. Butwilowski, M. Breunig, "Requirements and Implementation Issues for a Topology Component in 3D Geo-Databases", 13th AGILE International Conference on Geographic Information Science, 2010.

[11] W. Yanbing, W. Lixin, S. Wenzhong, "On 3d GIS Spatial Modeling", Proceedings of ISPRS Workshop on Updating Geo-spatial Database with Imagery & 5th ISPRS Workshop on DMGISs, pp. 237–240, 2007.

[12] M. Molenaar, "A formal data structure for 3D vector maps", Proceedings of EGIS'90, Vol. 2, pp. 770–781, 1990.

[13] R. McDonnell, K. Kemp, "International GIS dictionary", John Wiley & Sons, Inc., 1995.

[14] A. Abdul-Rahman, "GIS - 3D and Beyond", Proceedings of Map Malaysia, 2006.

[15] W. Yanbing, W. Lixin, S. Wenzhong, and L. Xiaojuan, "3D Integral Modelling for City Surface and Subsurface", Innovations in 3D Geo Information Systems, Springer Berlin Heidelberg, part. 3, pp. 95-105, 2006.

[16] D. Suwardhi, H. Setan, "3D Geo-database Implementation using Craniofacial Geometric Morphometries Database System", Innovations in 3D Geo Information Systems, Springer Berlin Heidelberg, part. 4, pp. 279-294, 2006.

[17] P. Ungar, F. M'Kirera, "A Solution to the Worn Tooth Conundrum in Primate Functional Anatomy", David Pilbeam, Harvard University, Cambridge, vol. 100, no. 7, pp. 3874-3877, 2003.

[18] S. Zlatanova, A. Abdul Rahman, W. Shi, "Topological models and frameworks for 3D spatial objects", Computers & Geosciences, vol. 30, pp. 419–428, 2004.

[19] K. Ooms, P. De Maeyer, and T. Neutens , "A 3D inclusion test on large dataset", Developments in 3D Geo-Information Sciences, Springer Berlin Heidelberg, pp. 181-199, 2010.

[20] B. Block, "Color Atlas of Ultra Sound Anatomy", Georg Thieme Verlag, 2004.

[21] M. Spanel, P. Krsek, "Vector-based Medical Image Segmentation using Adaptive Delaunay Triangulation", Sixth IASTED International Conference on Visualization, Imaging, and Image Processing, pp.6, 2006.

[22] H. Kang, B. Hyoung, J. Ryu, S. Hong, H. Chung, S. Cho, Y. Kim, S. Hwang, D. Jeong, and Y. Shin, "The Visible Man: Three-dimensional Interactive Musculoskeletal Anatomic Atlas of the Lower Extremity", RadioGraphics, vol. 20, no. 1, pp. 279-286, 2000.

[23] Y. Yuan, L. Qi, L. Shuqian, "The reconstruction and application of virtual Chinese human female", Computer Methods and Programs in Biomedicine, vol. 92, no. 3, pp. 249-256, 2008.

[24] J. Suri, S. Singh, L. Reden, "Computer Vision and Pattern Recognition Techniques for 2-D and 3-D MR Cerebral Cortical Segmentation", Springer London, vol. 5, no. 1, pp. 46-76, 2001.

[25] B. Dogdas, D. Shattuck, R. Leahy, "Segmentation of Skull and Scalp in 3-D Human MRI Using Mathematical Morphology", Human Brain Mapping, vol. 26, no. 4, pp. 273–285, 2005.

[26] P. Vongkornvoravej, S. Roongmangsorakarn, K. Chaisaowong, "Segmentation of Medical Images from Computerized Tomography to Create a 3-Dimensional Model of Human Skull", King Mongkut's Institute of Technology North Bangkok, 2006.

[27] M. Rana, H. Setan, A. Chong, "Computer-Based Modeling of Soft Tissues for Medical and GIS Applications", International Symposium & Exhibition on Geoinformation, 2005.

[28] B. Smith, J. Mejino Jr, S. Schulz, A. Kumar, and C. Rosse, "Anatomical Information Science", Seventh International Conference on Spatial Information Theory, COSIT, Lecture Notes in Computer Science, vol. 3693, pp. 149-164, 2005.

Analysis of Log Files as a Security Aid

Jorge Pinto Leite
Departamento de Engenharia Informática
Instituto Superior de Engenharia do Porto
jpl@isep.ipp.pt
Programa Doutoral em Engenharia Informática (PRODEI)
Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto
Porto, Portugal

Abstract—***Log files are the history books of a computer system. In particular, they tell a good portion of the security related events and menaces that a system has to withstand and, sometimes, fails to resist to. Therefore, log files' analysis can be valuable to system and security administrators if the difficulty of extracting the relevant information of the different kinds of data and formats can be surmounted. And if we consider a huge system in terms of users, services and accesses, the difficulty of the analysis task rises enormously. In infra-structures where there is more than one server and communication link, it is possible for the administrator and security team to configure all systems to record their logs in a central huge repository, but the search for abnormalities is quite impossible without specialized tools. As we believe that the collected information on log files can be valuable, we use information retrieval open source tools to index the log files' fields and search for patterns of suspected behavior, which may indicate a system intrusion. Our development allows queries based on variables introduced by the analyst. The preliminary results obtained when using log files from an academic institution indicates that our approach is effective and can be used as a security aid.***

Keywords- data mining, information retrieval, log, security

I. INTRODUCTION

Every computer system collects all information that concerns to its use in special files constituting what is usually called the log files. When a system is powered on, all services and tasks are recorded in these files, with its status, timestamp, and some more information appropriate to the specific service or task. After the power on sequence, every process' access to the system, every change in a service and/or task, and any transaction (like a logon) that the system is requested to do is also recorded in an appropriate log file. The granularity of the recorded messages can be altered by the system administrator by configuring less or more services and processes to be recorded. As so, it is well accepted that log files' analysis can be valuable to system and security administrators [1].

It can be clearly seen that for any reasonable sized modern computer system, the log files easily gather huge amounts of data [2]. So, in practical terms, it is difficult to immediately extract information such as who logs on the system, when, and what files or other resources were accessed. It's more likely to be searched that kind of information when a problem happens – reactive way – and not by trying to anticipate some kind of troubles. As an example, it is reported that an USA company toke 18 months to notice that hackers had been rummaging through its systems [3].

In 1980 a report looked into log files as an important part of computer security [4], and in 1987 realistic methods to use them on an intrusion detection system were proposed [5]. Based on these principles, investigations have been made during years 90 and beginning of 2000, some of them under the supervision of the DoD (Department of Defense) of the USA to develop a tool to use log files as a way to detect intrusions, and some were indeed developed. Nowadays, that is a common standard for DoD and other USA agencies [6]. But an issue on existing tools is that most of it are available for specific operating systems (as an example, OSSEC only works on Linux platforms, having only a client for Windows systems) [7]. The kind of existing tools that looks for information on log files can almost be categorized into two kinds: the ones used by e-commerce servers (that are more concerned with statistical analysis like items more searched for) and the ones used for forensic analysis, being the first usually open source and the later proprietary.

For our work the kind of analysis provided by the later could be more interesting but it was our purpose to collect data in real time and not after a successful attack. Also, one of the orientation principles of our work was to use open source applications.

The origin of an attack attempt must also be analyzed. There is common sense to suspect that external attacks can occur and it must be noted that internal attacks also exists. Let's suppose that an internal user's authentication has been captured by an intruder. With his credentials, the intruder can authenticate himself – with the compromised credentials – on the internal perimeter having access to all the resources that the account give him, and, perhaps (with a little help of some knowledge he might have) to all resources, potentially infecting some systems to allow him future access.

Works have been done contemplating situations like the above described concluding that even a system that doesn't seems to have been compromised should be considered as "*could possibly have been*" [8].

Due to this hypothesis and as a pre-requisite for our work log files must have their security enforced either from external as from internal access [9], like being on a folder where every user can only append information.

Usually log files don't record files or folders accesses (but they can, varying the configuration of the process). Some investigations have looked for file or folder access on a system [1, 2, 10, 11] but mostly based on normal behavior of users. The success obtained in [10] is tightly linked to the huge amount of data collected prior to the work. Where users remain almost the same during a long time period this approach shows significant results as described in the mentioned work. But what happens if the users change frequently? Let's suppose an academic institution where there is each year a significant quantity of users that leaves it and another significant quantity of new users. Collecting new behaviors each year is a task that is not achievable.

And what should be looked for? Every security book alerts for some specific access that could be taken prior to an intrusion attempt. It is known, for example, that prior to an attack an intruder will try to map all systems inside a network. That will give him the ability and knowledge to find the more insecure one, and then to concentrate his efforts surpassing that system – having, if successful, an entry point to the entire network. Some works have already been done having this in mind [10, 11]. Also, several consecutive attempts to logon with wrong credentials, or trying to access files or folders that aren't available for the user that is trying to. Another suspected behavior is an access (or at least the attempt) at abnormal hours.

The aim of our work is to use information retrieval tools to index and search for attack-like patterns on log files. Information retrieval tools were not designed with this objective in mind, nevertheless their functionalities and behavior allows such approach.

This work will use open source tools to search for attack-like patterns in log files and is organized as follows: the first section, Introduction, identifies the problem and its context: the second section, Technologies, make a short presentation of some of the existing tools; the third section, Environment, will present the methods and technologies that were used in this work; the fourth section, Development and Results, will present the work done and its results; and the fifth section, Conclusions and Future Work, will make some considerations of the results and the intended future development.

II. TECHNOLOGIES

It was our intention to use multi-platform open source applications to analyze log files, as we pretend to use or develop an application without any cost obligation. So, this section will make a brief description of the open source applications that might be used to this work. It must be noted that some popular free tools available has not been considered as they are platform dependent.

A. Lucene[1]

Lucene is an API (Application Programming Interface) written in Java that allows indexing and information textual retrieval. Being totally open source, its code is free. This fact together with Java portability ensures its availability for virtually every existing platform.

As an indexer Lucene is a scalable tool of high performance, and claims to co-exist well with limited resources. According to some tests, the expected index size varies between 20% and 30% of total volume of indexed information (in our Development and Results section we will return to this point).

Apache Lucene lies in four fundamentals: index, document, field and term. An index contains a sequence of documents. A document is a sequence of fields. A field is a sequence of terms. Finally, a term is a word or text block, here considered as some information that is intended to index.

B. Lemur[2]

The Lemur Toolkit is an open-source toolkit designed to facilitate research in language modeling and information retrieval. Lemur supports a wide range of industrial and research language applications such as ad-hoc retrieval, site-search, and text mining.

The toolkit supports indexing of large-scale text databases, the construction of simple language models for documents, queries, or sub-collections, and the implementation of retrieval systems based on language models as well as a variety of other retrieval models. The system is written in the C and C++ languages, and is designed as a research system to run under Unix operating systems, although it can also run under Windows.

C. Terrier[3]

Terrier is a highly flexible, efficient, and effective open source search engine, readily deployable on large-scale collections of documents according to documentation available on its website. Terrier implements indexing and retrieval functionalities, and provides an ideal platform for the rapid development and evaluation of large-scale retrieval applications.

Terrier is open source, and is a flexible platform for research and experimentation in text retrieval. Research can easily be carried out on standard TREC and CLEF test collections (some examples of these functionalities are available on its online documentation).

Terrier is written in Java, and is developed at the Department of Computing Science, University of Glasgow.

D. NetBeans[4]

NetBeans is an IDE (Integrated Development Environment) available for various operating systems. It consists of an open source IDE and an application platform that enables developers to create several sorts of applications using the Java platform.

III. ENVIRONMENT

In this work our development framework was Lucene due to the familiarity we already have with it. For test data, the

[1] http://lucene.apache.org

[2] http://www.lemurproject.org

[3] http://www.terrier.org

[4] http://www.netbeans.org

records from a log file associated with SSH[5] sessions, *auth.log*, were the first used (later, another log files have been appended to the dataset). SSH is a protocol to secure connections, local or remote, so lots of abnormal activities are expected, either as real attack attempts as for wrong introduction of authentication data (username and password).

An example of a log file is presented in Fig.1. It can be seen there that the log format is a set of text lines, each of one being linked to a specific service provided by the system (for example, the second line – that ends on third line of the figure – shows that on the 13th of March at 4:22:02 AM user **targa** has launched a **cron command** with **root** permissions, the command being **php /home/targa/public_html/repositorio/default.php**). All lines starts with a time stamp field followed by text that varies, as expected. There are several log files in any system, so for this work we had to prepare the application to adapt itself to every one of them.

Our unit of information – the document – is each line of the log file as our intention was to analyze each message by itself and not the full log file as a single item. In other words, it is of no use to know that failed passwords happened, for example. But it is important to know that several failed passwords for the same user had happen during a small period of time. To achieve this, we cannot look for the whole log file but for each line of each log file at a time.

Our application must index every occurrence of specific strings (e.g. denial of access, wrong credential, and so on) as well as the date, hour and system (if existing). After that, it has to seek within similar occurrences the data searched for.

It was unknown if the full dataset had any kind of occurrences that we were looking for as that kind of analysis isn't made in the institution that provided it, so they were also anxious for some results.

IV. DEVELOPMENT AND RESULTS

It is not hard to find out that the format of a log file varies according to the specific file. As an example, the log file shown in Fig.1 is quite different from the one that was primarily used in this work. The one presented in Fig.1 is from the system log file (syslog) and the first one used for this work was of remote accesses.

What is common with all of them is the field delimiter, a colon followed by a space. In fact, the colon is commonly used as a delimiter in Unix environments, and in log files it is also used associated with a space because log files also stores time – that uses a colon to differentiate hours, minutes and seconds.

Using NetBeans® as the IDE, an application to index log files was build. Its constitution is like a menu that is presented to the user allowing him to choose from indexing or querying.

Indexing operation, as we intended to index each line of the log file – our document – was developed reading each log file line by line and, for each one, its contents was split to allow indexing of each field that we assume that was valuable. We didn't need to worry about stop words as the log messages are essentially technical – almost hermetic! Using this technique, a few fields were indexed that can be used for queries:

a) **path** – this is the full path of the log file being indexed[6];

b) **linen** – stands for line number; it is a counter of the lines of each indexed file;

c) **timestamp** – this is the first field of every log file, consisting of a date comprising the month alphabetic abbreviation, day, time and system (sometimes with some more additional information of the process);

d) **msg** – this field indexes the explaining message that is the last field of the line;

e) **line** – this field consists of the full line.

Our application presents a menu to the user showed in Fig.2. As we can note there, the user has the choice to index the files7 under the specified folder or launch the query interface. The delimiter used on the files can be declared in the Delimiter field, assuming the semicolon plus space by default. The rectangular area that can be seen under the action buttons Index and Query is used to provide details of the index operation, like

```
Mar 13 04:20:20 targa syslogd 1.5.0#1ubuntu1: restart.
Mar 13 04:22:02 targa /USR/SBIN/CRON[27245]: (root) CMD (php
/home/targa/public_html/repositorio/default.php)
Mar 13 04:22:02 targa /USR/SBIN/CRON[27245]: (root) CMD (root php
/home/targa/public_html/repositorio/default.php)
Mar 13 04:22:02 targa sendmail[27246]: o2D4M1TQ027246: from=root, size=
297, class=0, nrcpts=1, msgid=<201003130422.o2D4M1TQ027246
@targa.dei.isep.ipp.pt>, relay=root@localhost
Mar 13 04:22:02 targa sm-mta[27251]: o2D4M1bQ027251: from=
<root@targa.dei.isep.ipp.pt>, size=581, class=0, nrcpts=1, msgid=
<201003130422.o2D4M1TQ027246@targa.dei.isep.ipp.pt>, proto=ESMTP,
daemon=MSP-v4, relay=localhost [127.0.0.1]
Mar 13 04:22:02 targa sendmail[27246]: o2D4M1TQ027246: to=root,
ctladdr=root (0/0), delay=00:00:01, xdelay=00:00:01, mailer=relay, pri=
30297, relay=[127.0.0.1] [127.0.0.1], dsn=2.0.0, stat=Sent
(o2D4M1bQ027251 Message accepted for delivery)
```

Figure 1 - Example of a log file (this file was gently provided by Targa Clube)

[5] RFC4251, http://www.rfc-editor.org/rfc4251.txt

[6] By default Unix compress old log files to a "gz" format; those files are skipped during indexing

[7] The files folder can be changed in runtime, however the index folder is fixed for the time being

the name of the file being indexed, the process (indexing or optimizing) that is currently running and the time used for each of those operations and total. Several tests were made using simple queries as well as more complex ones, like fuzzy and proximity searches.

Looking for other log files, it can be noted that the first field is always a timestamp followed or not by what we might call environment fields, like user, system, and so on, the last field being an appropriate message for the action referred. And this two are the fields we will explore so it is easy to read each line and capture the first and the last field of it by using the split function of Java with the appropriate delimiter.

The analysis of the syslog encountered a peculiarity that caused a small problem: it can have some lines between them all with a single colon to split field[8]. So, an automatic application that dives into the log file and process all lines assuming a group of colon plus space as a delimiter fails when reaches that kind of lines. And, obviously, it isn't practical or feasible to edit the syslog and change or delete those lines before use the application.

After considering this subject it was decided to verify the number of fields of each line read assuming the usual delimiter, and if the number of fields is just one to force a message "NULL" as system message. As there is no such message in a log file it makes clear to everyone that those lines are of the exception format so can be analyzed by editing the log file and jumping to the specific line(s) – which is an easy task as the application output shows the name of the file and the line number where that happened.

The results so far are interesting but of small importance for security analysis. Our intention was to detect proximity of similar lines (or documents in Lucene's terminology). Unfortunately Lucene does not support proximity among documents. As our intention was to use open source API's, a second approach was made by applying some changes when indexing. While the field timestamp as described in c) above was thrown away from indexing, other fields have been added:

a) **date** – in usual Unix format, abbreviate name of month followed by a space and the day, e.g., **Mar08**;

b) **time** – in the format hour (two digit in 24h format), minutes and seconds, e.g., **081534**;

c) **system** – the third field in a log file (considering the date as a single field and the fields separated by a space), is the name of the system that raised the message, e.g. **srv3**.

Using intervals on these fields, inter-document-like proximity can be achieved by limiting in time and or date the scope of the search, providing a better granularity for the analysis being made, as showed in Fig. 3.

However, Lucene doesn't works well with time formats. Even using the escape character (\) before the semicolons used to split hours from minutes and seconds, any query wasn't able to find out any match. Same happens with the usual date format of any log file (3 letter abbreviation of month followed by one or two digit number for the day).

We surround this limitation by changing the algorithm to index the time as a six digit number, e.g., 7:43:25 is stored and indexed as 074325 as well as to store and index the date as the 3-letter abbreviation of the month (English format) immediately followed by the day in 2-digit format, e.g., April 7 is stored and indexed as Apr07. These two new fields were indexed but not stored. To allow a better visualization of the results, either the date or time are stored as stated earlier and also in this format that they are presented when querying.

Some of the actual fields that are indexed and used for retrieval when looked into the format of a log file are as presented in Fig. 4 (the others not clearly shown in Fig. 4 are

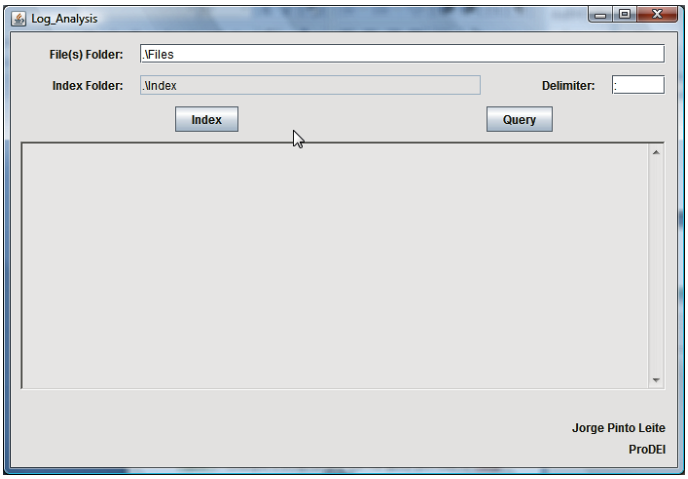


Figure 2 - The menu of the application

[8] This lines are due to system messages like automatic lease of IP address, or printer messages linked to system services

the full line itself, the line number and the name of the log file from where the line was read).

Our actual test data has an amount of 48,1MB, divided by 6 files. As each line of the files is as a document for indexing, the number of documents in our test bench is 585519. The time taken to index them is approximately 86 seconds and the optimization process needs approximately 72 seconds, giving a total time of operation of 158 seconds[9]. The volume of the built index is 332MB.

The volume of the build index surprised us. According to Lucene's documentation it is expected that the index size varies between 20% and 30% of the indexed information, as stated earlier. So our expectation was to get an index size from 9MB to 15MB approximately. Our result is quite far from these values, so we needed to try to find out why.

We can instruct Lucene to store or not each field as well as to analyze[10] it or not. To understand what these terms means, we need first to keep in mind that all index are stored.

When Lucene is instructed to store a field (Store.YES) it is stored in its original format, while in the opposite way (Store.NO) its original format is dropped – meaning that when we are going to query the index the original value cannot be showed – and what is stored is just a score that is computed based on the value of the field.

Similar thing occurs with the analyzed or not_analyzed. Whenever a field is not analyzed (NOT_ANALYZED) it is view as if it is a single string, meaning that the complete value is going to be analyzed, not each word or character one by one. This implies that if, for example, the field is a string like "Lucene indexes well", if it is analyzed we can search for "Lucene" or for "well". That won't happen however if the field is not analyzed (in this case we would only recover that document if our search is exactly "Lucene indexes well").

With these last definitions of Lucene's usage, it might be expected that the index size might take quite different values according to the amount of analyzed, stored, not analyzed and not stored fields of our index. Storing or not and analyzing or not each field has an obvious difference on index size. But they are still quite far from the expected values. We tried another approach by reducing the number of files to be indexed to just one with 786KB and 7577 lines. The index size after indexing this file has a size of 4,74MB – far from the 157 to 236 KB expected.

Nevertheless, the results seem satisfactory. As previously said, Lucene doesn't handle well time and date fields. We surround that by programming techniques. In our application it is now possible to search for intrusion attempts, as desired, using intervals of dates and/or time, which give us the possibility to search on a criterion more or less extended. We detected a user (that we have confirmed is not part of the academic institution) that tried several times to log in. Another result detected was several attempts from root to log in at abnormal hours, always with wrong password. Can these be an example of an attempt of an intrusion? Further investigations must be made – by the system administrator – to answer these questions.

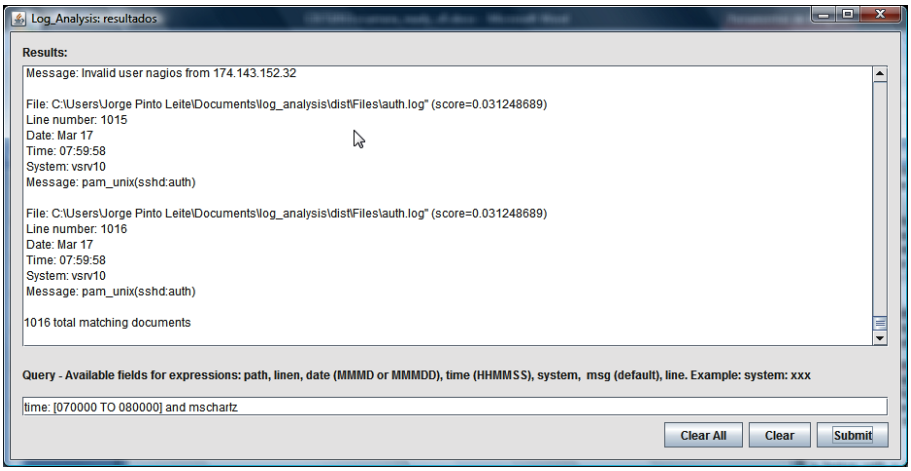


Figure 3 - Output of the application.

[9] The work equipment was a laptop with a Core2 Duo processor T7200 and 2GB of RAM exclusively running the application

[10] There mnemonics have replaced the deprecated versions *TOKENIZED* and *UN_TOKENIZED*

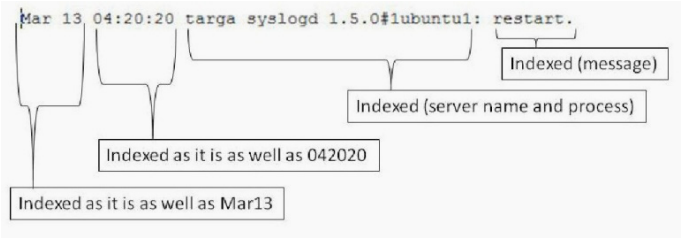


Figure 4 – Fields used for indexing and retrieval

The dataset used, however, wasn't big enough to allow us more tests on the time needed to index and recover the data. Luckily we were able to get a new dataset that we used independently as well as combined with the first one. The combined datasets represents an amount of 1,29GB (12 files) and 10570544 documents. Indexing operation took approximately 587 seconds and optimization 264 seconds, giving a total time operation of 851 seconds. The volume of the index is 2,10GB.

Fuzzy searches have been made and allowed to detect same attack-like patterns. The ones that we have searched for was incorrect credentials and 1704 occurrences were found. As the current dataset is the aggregation of the two available, same suspected behavior of an unauthorized user has been detected. Furthermore, we notice that his attempts to log into the system with happened with a 3s or 5s delay. This might indicate a brute force attack.

V. CONCLUSION AND FUTURE WORK

We are convinced that the difference between the reported and the obtained values is due to the vast amount of fields that are indexed – ten in our case. Also, as the message from every line of each log file is analyzed and it is unusual to be very short (according to our observations each line has a message with ten words in medium terms) it has an effect of increasing the index size.

We intend to continue the development of this application by preparing it for new formats of the log files as well as to allow it to read Windows log files (that are in binary and not text).

In Introduction section we explained that internal users should also be looked as potential attackers. The dataset we have used doesn't allow us to verify that situation. However, and as we get invalid authentication credentials, we expect this application to be able to search for both internal and external attempts.

We are now trying to obtain more datasets to expand the situations where programming issues can arise and, beyond that, more attack attempts can possibly be detected. Also, if we manage to get a dataset where attempts to access not allowed folders are registered, those situations can be tested. Again, we expect the application to be already ready for these situations as the query string is introduced during runtime, and the registered message for those happenings would be recovered.

One consideration must be done on the format of the log files. The second dataset provided contains log files with different formats which lead to skipped lines in almost all of them. In fact, as the log files can be changed according to the system administrator desires, it is surprising to detect this situation (this was subject to a remark by a presentation [6]). We tried to prepare the application to handle different formats, nevertheless more work is needed. As an example, some of the log files used contains a different timestamp field including the day of the week before month. At the time being this implies that those lines are skipped and not considered in the application, nevertheless that specific situation can be avoided by programming techniques, what is also an improvement to me considered.

This is one of the limitations on this work. We are aware that the format of each log file can be personalized by a system administrator. For this work, the default format has been used as default and some changes that we have noticed on the dataset were considered. But several other formats can be expected. Secondly, it doesn't learn user' behavior, so it is useless to detect changes to their regular operating mode.

REFERENCES

[1] **Seeking Activity: On the Trail of Users in Open and Community Source Frameworks**, McGrath, O.G., SIGUCCS'07, October 7-10, 2007, ACM 978-1-59593-634-9/07/0010

[2] **Using Identity Credential Usage Logs to Detect Anomalous Service Accesses**, Mashima, D., Ahamad, M., DIM'09, November 13, 2009, ACM 978-1-60558-786-8/09/11

[3] **Sniper Forensics**, Greiner, L., netWorker, Winter 2009

[4] **Authentication Anomaly Detection: A Case Study On A Virtual Private Network**, Chapple, M. J., Chawla, N., Striegel, A., MineNet'07, June 12, 2007, ACM 978-1-59593-792-7/07/0006

[5] **A Real-Time Intrusion Detection System using Data Mining Technique**, Leu, F., Hu, K., 2008, free white paper

[6] **Evolving Computer Intrusion Scripts for Vulnerability Assessment and Log Analysis**, Budynek, J., Bonabeau, E., Shargel, B., GECCO'05, June 25-29, 2005, ACM 1-59593-010-8/05/0006

[7] **Locking Down Log Files: Enhancing Network Security By Protecting Log Files**, Lantz, B., Hall, R., Couraud, J., Issues in Information Systems, Vol. VII, No. 2, 2006

[8] **Automating Attack Analysis Using Audit Data**, Gabrielson, B., 5th **Annual IT Security Automation Conference and Expo Presentations**, 2009

[9] **Report on Standard Finance System Controls Placed in Operation and Tests for the Period October 1, 2004 through March 31, 2005**, April 30, 2005

Apreciação de ferramentas do ambiente colaborativo de aprendizagem Sakai por alunos e professores do Ensino Superior

Paulo Alves
Instituto Politécnico de Bragança
Bragança, Portugal
palves@ipb.pt

Luísa Miranda
Instituto Politécnico de Bragança
Bragança, Portugal
lmiranda@ipb.pt

Carlos Morais
CIFPEC-Universidade do Minho, Instituto Politécnico de Bragança
Bragança, Portugal
cmmm@ipb.pt

Evandro Alves
Instituto Politécnico de Bragança
Bragança, Portugal
evandro@ipb.pt

Resumo— **Este estudo teve como principais objectivos apreciar a valorização que os alunos e os professores do ensino superior atribuem às ferramentas Agenda, Avisos, Recursos, Trabalhos, Testes, Cacifo, Mensagens, Fóruns e Pesquisa do ambiente colaborativo Sakai e verificar se os conhecimentos informáticos dos utilizadores têm influência na valorização das referidas ferramentas. Os dados foram obtidos a partir das respostas dadas a um inquérito por uma amostra de alunos e uma amostra de professores. As ferramentas mais valorizadas pelos alunos e pelos professores, no apoio às unidades curriculares, foram os Recursos e os Avisos. A maioria dos alunos e dos professores classifica os seus conhecimentos como conhecimentos intermédios. De um modo geral, os conhecimentos informáticos dos utilizadores não têm influência na valorização das ferramentas do ambiente colaborativo Sakai.**

Palavras-chave: E-learning; Ambientes Colaborativos de Aprendizagem; Sakai

I. INTRODUÇÃO

A preocupação em utilizar recursos tecnologicamente avançados para melhorar as condições de trabalho, de investigação, de ensino e de aprendizagem constitui um permanente desafio de grande parte das instituições de ensino superior.

Neste estudo salienta-se a implementação de um ambiente colaborativo de aprendizagem no Instituto Politécnico de Bragança, uma Instituição de Ensino Superior Público, que passará a ser designada, neste artigo, por Instituição.

Na sequência e procura de soluções para responder às necessidades e objectivos da Instituição e aproveitando o projecto e-U Campus Virtual, criaram-se ou adoptaram-se na Instituição cinco ambientes de aprendizagem suportados pela Internet, de acordo com as opções de cada escola que integra a Instituição.

Este facto conduziu a grandes dificuldades ao nível do suporte, compatibilidade e integração dos vários serviços da Instituição.

Para ultrapassar os problemas referidos optou-se por um único ambiente virtual para toda a Instituição e respectivas escolas, o qual constitui um meio de suporte ao ensino, à aprendizagem e à investigação quer em contextos presenciais quer a distância.

Assim, a partir de 2007 a Instituição adoptou o ambiente colaborativo de aprendizagem Sakai, que passaremos a designar por Sakai. O Sakai é um projecto desenvolvido por um consórcio mundial de instituições do ensino superior que tem como principais objectivos desenvolver e partilhar ferramentas colaborativas para o apoio ao ensino e à investigação.

Considerando a relevância que este ambiente tem na Instituição em estudo e a importância que pode vir a ter para outras instituições e atendendo que é fundamental conhecer a opinião dos utilizadores acerca das propostas de mudança e de inovação que se pretendem experimentar, os principais objectivos desta reflexão são: apreciar a valorização relativamente ao apoio às unidades curriculares que os alunos e os professores do ensino superior atribuem às ferramentas integrantes do Sakai, bem como verificar se os conhecimentos informáticos dos utilizadores têm influência nessa valorização.

A valorização das ferramentas do Sakai resultou da apreciação das respostas dadas a um questionário online por uma amostra de alunos e outra de professores do ensino superior.

II. AMBIENTES DE APRENDIZAGEM

Vive-se, actualmente, um momento de significativa mudança na estrutura das sociedades. As modificações inerentes à transição para a sociedade do conhecimento criaram, provavelmente, o maior impacto desde a Revolução Industrial, afectando profundamente a organização tanto da economia como da sociedade.

O acesso à informação e ao conhecimento tornou-se um factor fundamental na mudança das estruturas económicas e sociais, sendo a chave para a competitividade e a inovação num mundo cada vez mais globalizado.

Em sociedades baseadas no conhecimento, a qualidade e a inovação do sistema educativo é um dos principais pilares que sustenta todo o desenvolvimento económico e social. Este é o principal desafio que o sistema educativo enfrenta, assumindo-se um paradigma de formação ao longo da vida, com ciclos de formação mais curtos e que fomente o "aprender a aprender".

Neste sentido, as instituições de ensino superior têm investido de modo a proporcionarem ambientes de aprendizagem, adequados aos interesses dos alunos que possam responder às suas expectativas de formação quer durante o ensino formal quer ao longo da vida no desempenho profissional. Como contributos para a implementação de ambientes têm existido várias iniciativas governamentais.

Dessas iniciativas salienta-se o projecto e-U Campus Virtual iniciado em 2003 que foi uma iniciativa que visava a criação e desenvolvimento de serviços, conteúdos, aplicações e redes de comunicações móveis (dentro e fora da universidade) para estudantes e professores do ensino superior, incentivando e facilitando a produção, acesso e partilha de conhecimento [1].

Através do projecto e-U Campus Virtual diversas instituições apostaram na adopção de ambientes de gestão da aprendizagem (LMS), que apresentam um conjunto de ferramentas de distribuição de conteúdos, ferramentas de comunicação e colaboração, ferramentas de monitorização e avaliação e ferramentas de administração e de atribuição de permissões [2].

A. Ambientes Colaborativos de Aprendizagem

Os ambientes colaborativos de aprendizagem surgem como uma forma de dar resposta aos desafios que a educação enfrenta. Esses desafios implicam uma mudança de estratégias, nomeadamente: aumento de capacidade, eficiência e eficácia, melhoria da acessibilidade e ênfase nos recursos e na personalização [3].

Esses desafios mantêm-se actuais e ainda mais num contexto cada vez mais exigente em que a escassez de recursos adaptados aos estilos e necessidades dos alunos, a necessidade de formação ao longo da vida e o aumento da competitividade à escala mundial do ensino superior implicam que as instituições tenham a capacidade de dar formação a um número cada vez maior de alunos em simultâneo, sem aumento de recursos.

O e-learning tem assim um papel fundamental na estratégia das instituições de ensino superior, quer em contexto puramente a distância quer em contextos mistos (blended-learning).

As plataformas tecnológicas que suportam os ambientes virtuais de aprendizagem têm assumido especial interesse pelos órgãos de decisão das instituições de ensino superior devido ao papel nuclear que assumem na gestão do processo de ensino, aprendizagem e investigação. Estas plataformas admitem várias designações, tais como: ambientes colaborativos de aprendizagem (CLE), sistemas de gestão da aprendizagem (LMS), sistemas de gestão de cursos (CMS) ou ambientes virtuais de aprendizagem (VLE).

Os ambientes colaborativos de aprendizagem são considerados ferramentas fundamentais na mudança de um paradigma caracterizado pelas limitações espaciais e temporais para um paradigma que proporcione o ensino e a aprendizagem de forma colaborativa sem limitações de espaço e tempo.

A oferta de plataformas de gestão da aprendizagem é muito diversificada, incluindo soluções comerciais e *Open Source* [4]. Uma plataforma de gestão da aprendizagem deve possuir as seguintes características: centralizar e automatizar a administração, usar serviços orientados ao utilizador, reduzir e distribuir conteúdos de forma rápida, consolidar iniciativas de formação através de uma plataforma baseada na Web, suportar a portabilidade e as normas, personalizar os conteúdos e permitir a reutilização do conhecimento [5].

Um estudo efectuado pela ASTD [6] que envolveu 348 instituições e empresas, sendo 13,8% instituições de ensino superior, sobre as tendências do e-learning, revela que as tecnologias de e-learning mais utilizadas são os sistemas de gestão da aprendizagem, seguidas das ferramentas de avaliação e testes online, ferramentas de autoria de conteúdos e audioconferência, sendo as tecnologias menos utilizadas os laboratórios virtuais e os ambientes virtuais 3D. No que diz respeito aos principais desafios que o e-learning traz para a organização, destacam-se o custo de implementação, o tempo necessário para a sua implementação, as competências técnicas necessárias e o custo da manutenção.

Este estudo revela que a prioridade na implementação de um projecto de e-learning é dada aos sistemas de gestão da aprendizagem e que o custo de implementação é o principal factor considerado na implementação de um projecto de e-learning. É então nestes dois factores que a decisão de escolha entre ambientes colaborativos da aprendizagem comerciais, *Open Source* ou desenvolvidos internamente se coloca.

Se por um lado as plataformas comerciais têm um tempo de implementação menor, por outro podem ter um elevado custo de licenciamento.

As principais vantagens de um LMS *Open Source* são as seguintes [7]: não têm custos de licenciamento, tem maior flexibilidade, asseguram uma maior continuidade de serviço e podem ser melhoradas continuamente pela comunidade que a suporta.

Os ambientes colaborativos de aprendizagem têm tido um crescimento bastante acentuado, destacando-se o Moodle (*Open Source*), como plataforma mais usada, seguido do Desire2Learn (Comercial) e do Sakai (*Open Source*) [8] .

Os LMS *Open Source*, apesar de não terem custos de licenciamento, apresentam custos de suporte e de adaptação das plataformas que devem ser contabilizados num projecto de e-learning. Muitas instituições que utilizam LMS comerciais adoptam uma atitude de cautela em relação ao *Open Source* devido a factores de alguma incerteza que uma plataforma destas implica devido aos conhecimentos técnicos necessários e ao processo de adaptação às necessidades da instituição. Alguns responsáveis por projectos de e-learning argumentam que os custos de desenvolvimento e adaptação de uma solução *Open Source* ultrapassam, muitas vezes, os custos de licenciamento das soluções comerciais [9]. No entanto, nos projectos em que ocorreu uma migração para plataformas *Open Source*, os custos iniciais de desenvolvimento e adaptação

foram amortizados ao fim de dois anos, revelando-se uma poupança na ordem dos 50 %. Por exemplo, o North Carolina Community College System efectuou uma poupança de 35% no ano de transição e 75% nos anos seguintes [8].

B. O Ambiente Colaborativo de Aprendizagem SAKAI

O Projecto Sakai surgiu em 2004 através de um consórcio entre várias universidades: The University of Michigan, Indiana University, MIT, Stanford, uPortal Consortium e Open Knowledge Initiative (OKI), com o objectivo de desenvolverem um conjunto de ferramentas colaborativas destinadas a docentes, alunos e investigadores, para o apoio ao ensino e à investigação. É um projecto *Open Source* que visa a partilha de aplicações entre instituições de ensino superior [10].

As principais ferramentas disponibilizadas pelo ambiente colaborativo Sakai são as seguintes: Avisos, Avaliações/Trabalhos, Agenda, Chat, Cacifo, Arquivo de e-mail, Fóruns, Pautas, Mensagens, Notícias, Comentários, Apresentações, Recursos, Programas, Testes Online e Questionários, Conteúdo Web, Wikis e Blogues.

O Sakai utiliza uma arquitectura modular assente em Java (J2EE), orientada a serviços, e permite a fácil integração num ambiente organizacional. É composto por ferramentas, componentes, serviços e uma *framework*. Apresenta como principal vantagem uma melhor integração com os serviços de uma instituição de ensino superior, nomeadamente serviços académicos, recursos humanos e financeiros, apresentando uma maior longevidade das adaptações locais, relativamente a novas versões da plataforma.

III. Implementação e apreciação do Sakai Numa Instituição de Ensino Superior Público

A. Contexto Geral de Implementação

A disponibilização de uma plataforma numa instituição do Ensino Superior conducente a proporcionar melhores condições de ensino, aprendizagem e investigação a professores e alunos implica a necessidade de apreciação das ferramentas que integra pelos seus principais utilizadores – alunos e professores.

A instituição partiu de um cenário de utilização de cinco plataformas diferentes nas várias escolas, sendo três desenvolvidas internamente e duas *Open Source* (Moodle e ATutor). A dificuldade em dar suporte às diversas plataformas e a necessidade de racionalização de recursos estiveram na base deste projecto de análise das várias soluções no mercado com vista à escolha de uma plataforma única para a instituição.

Estudos efectuados nos Estados Unidos revelam que 90% das universidades americanas [11] e 95% das universidades inglesas [12] adoptaram mais do que um sistema de gestão da aprendizagem, dificultando o suporte e a adaptação dos utilizadores aos vários sistemas.

Tendo em conta a experiência com as diversas plataformas *Open Source* e com as desenvolvidas internamente, foi escolhido o Sakai, por se verificar que apresenta características de integração e de adaptação às necessidades da instituição mais eficazes que as outras plataformas conhecidas, atendendo que apresenta uma arquitectura orientada a serviços.

O Sakai atribui grande importância à colaboração e à interacção, não sendo apenas um sistema de gestão, facilita também a configuração do ambiente, permitindo uma boa usabilidade, flexibilidade e facilidade de integração [13].

A disponibilização de ferramentas de apoio às unidades curriculares e o suporte à colaboração em projectos de investigação, grupos de trabalho, órgãos de gestão, conselhos pedagógicos e científicos foram as potencialidades mais valorizadas na escolha da plataforma.

O projecto-piloto teve início no ano lectivo 2007/2008, tendo sido registados 6973 utilizadores e criadas 2615 áreas. Como projecto-piloto foram seleccionados 53 docentes para avaliar as funcionalidades desta plataforma.

A versão com que arrancou o projecto-piloto foi a 2.5.3, que já possuía uma grande parte da interface traduzida para a língua portuguesa, efectuada pela equipa da Universidade Fernando Pessoa, cuja colaboração foi fundamental para o arranque do projecto [14].

Tendo-se verificado uma reacção muito positiva em relação às funcionalidades do Sakai, a partir do ano lectivo 2008/2009 passou ao estado de produção, tendo sido disponibilizada para todos os docentes e alunos da Instituição.

A plataforma disponibiliza diversas ferramentas que são parte integrante do projecto Sakai e outras desenvolvidas internamente. As principais ferramentas, cada uma com características diferentes, são: Agenda, Avisos, Recursos, Trabalhos, Testes, Pautas, Wiki, Cacifo, E-mail, Fóruns, Estatísticas e Lista de Inscritos. As ferramentas desenvolvidas internamente incluem: módulo de inscrição automática de alunos e docentes, módulo de criação automática das áreas das unidades curriculares e inquéritos pedagógicos.

B. População e Amostra

Consideramos como população de professores e de alunos todos os professores e alunos da Instituição na qual se desenvolveu o estudo, sendo, aproximadamente, constituída por 7000 alunos e 500 professores. Dessa população, extraíram-se duas amostras, uma de 302 alunos e outra de 170 professores, respectivamente.

Das características dos 302 alunos da amostra salienta-se que 47% são do género masculino e 53% são do género feminino. Dos alunos, 14,6% frequentam cursos de mestrado, 82,1% cursos de licenciatura e 3,3% cursos de especialização.

Acerca da caracterização dos acessos dos alunos ao ambiente colaborativo Sakai, durante o semestre em que foi administrado o questionário, constatou-se o seguinte: 57,6% acederam diariamente à plataforma, algumas vezes por semana 22,5%, uma vez por semana 13,2%, e 6,7% manifestou outras opções.

Das características dos 170 professores da amostra salienta-se que 48,8% são do género masculino e 51,2% são do género feminino. Relativamente ao número de anos de serviço no ensino superior verifica-se que 47,1% não têm mais do que 10 anos de serviço, 43,5% situam-se no intervalo 11-20 anos e 9,4% têm mais de 20 anos de serviço.

Acerca da caracterização dos acessos dos professores ao ambiente colaborativo Sakai, durante o semestre em que foi administrado o questionário, verificou-se o seguinte: 35,3% acederam diariamente à plataforma, 33,5% algumas vezes por semana, 19,4% uma vez por semana e 11,8% manifestaram outras opções.

C. Recolha de Dados

A recolha de dados foi efectuada a partir de um questionário para alunos e outro para professores, elaborados por 24 Instituições do Ensino Superior de vários países, num projecto designado por Multi-Institutional Survey Initiative (MISI), levado a cabo pela comunidade Sakai.

Os principais objectivos de cada um dos questionários são identificar o tipo de utilização das tecnologias de informação e comunicação no apoio à aprendizagem e conhecer o grau de satisfação da utilização do ambiente colaborativo Sakai nas instituições envolvidas.

Assim, dos vários aspectos que poderiam ser desenvolvidos a partir dos dados recolhidos relativamente aos objectivos referidos, apenas serão tratados, neste artigo, os dados relativos a uma das instituições parceiras, obtidos como resposta à apreciação do valor das ferramentas Sakai como apoio às unidades curriculares.

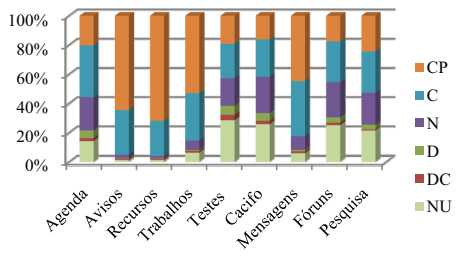
A administração do questionário teve lugar durante o período de 20/05/2010 até 02/06/2010, tendo sido enviados convites por e-mail para todos os docentes e alunos para responderem ao questionário. A plataforma usada para a disponibilização dos questionários foi o LimeSurvey, tendo sido usados os mecanismos de geração de senhas da plataforma para garantir o anonimato das respostas.

IV. Resultados Relativos à Valorização das Ferramentas do ambiente Sakai Numa Instituição de Ensino Superior Público

Os resultados acerca da valorização das ferramentas disponibilizadas no ambiente colaborativo Sakai por professores e alunos do Ensino Superior foram obtidos a partir da resposta à questão "Assinale o seu grau de concordância com as seguintes afirmações: As seguintes ferramentas são valiosas como apoio às unidades curriculares...". As ferramentas apreciadas foram: Agenda, Avisos, Recursos, Trabalhos, Testes, Pautas, Cacifo, Mensagens, Fóruns e Pesquisa. Para cada ferramenta existia apenas uma e uma só, das seguintes opções de resposta: "Discordo Completamente", "Discordo", "Neutro", "Concordo", "Concordo Plenamente" e "Não Usei". Segue-se a apreciação das ferramentas pelos sujeitos da amostra.

A. Apreciação Global das Ferramentas do Sakai

A distribuição das respostas dadas pela amostra de alunos é apresentada no gráfico 1. Pela observação do gráfico e análise dos dados verifica-se que a maioria dos alunos utilizou as ferramentas Sakai. Dos sujeitos da amostra de alunos apenas 1% não usaram Recursos e Avisos, 6% não usaram Trabalhos e Mensagens e, entre 22% e 28%, não usaram as restantes ferramentas.

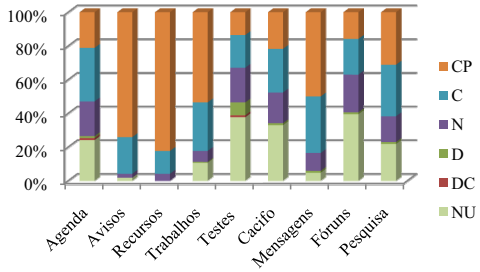


NU -Não Usei; DC - Discordo Completamente; D – Discordo; N – Neutro; C – Concordo; CP - Concordo Plenamente

Gráfico 1: Valorização das ferramentas Sakai pelos alunos (n=302)

Os Recursos e os Avisos são as ferramentas mais valorizadas pelos alunos no apoio às unidades curriculares. É de realçar que 72% dos alunos concorda plenamente que os Recursos são uma ferramenta valiosa de apoio às unidades curriculares e 65% manifesta a mesma opinião relativamente aos Avisos. As ferramentas que apresentam valores mais baixos relativamente à opção "Concordo Plenamente" são os Testes com 19% e os Fóruns com 18%. Constata-se ainda que as opiniões de discordância dos alunos são em número muito reduzido relativamente a todas as ferramentas analisadas, variando entre 1% e 6%.

A distribuição das respostas dos professores é apresentada no gráfico seguinte.



NU -Não Usei; DC - Discordo Completamente; D – Discordo; N – Neutro; C – Concordo; CP - Concordo Plenamente

Gráfico 2: Valorização das ferramentas Sakai pelos professores (n=170)

Pela observação do gráfico e análise dos dados constata-se que a maioria dos professores, também utilizou as várias ferramentas Sakai e que todos os professores usaram a ferramenta Recursos. Para além dos Recursos, os Avisos e as Mensagens foram utilizadas por um elevado número de professores pois, apenas 2% não usaram Avisos e 5% não usaram Mensagens. Não usaram a ferramenta Trabalhos 11%, Pesquisa 22%, Agenda 24%, Cacifo 33%, Testes 38% e Fóruns 39% dos professores. A ferramenta menos utilizada pelos professores foi Fóruns.

Relativamente à apreciação das ferramentas, os Recursos e os Avisos são as ferramentas mais valorizadas, verificando-se que a opção de "Concordo Plenamente" foi manifestada por

82% e 74% dos professores, respectivamente. Também não existe qualquer opinião desfavorável acerca destas ferramentas. Os Trabalhos e as Mensagens também são ferramentas apreciadas muito favoravelmente pelos professores, com percentagens na opção "Concordo Plenamente" de 54% e 50% respectivamente, já a Agenda, os Testes, o Cacifo e os Fóruns são ferramentas que apresentam menores percentagens na opção "Concordo Plenamente", assumindo valores entre 14% e 22%.

O modo e frequência de utilização de uma ferramenta informática podem depender dos conhecimentos informáticos dos potenciais utilizadores. Neste sentido e atendendo que o ambiente colaborativo Sakai foi disponibilizado a uma população de alunos e professores do ensino superior, um dos objectivos desta investigação foi apreciar a influência que os conhecimentos de informática dos utilizadores têm na valorização das ferramentas do ambiente Sakai. Segue-se a apreciação da valorização das ferramentas em função dos conhecimentos informáticos dos utilizadores.

Para além de uma apreciação descritiva dos dados, serão também realizados testes estatísticos recorrendo-se ao programa SPSS 19.0 for Windows (Statistical Package for the Social Sciences) que permitam apreciar as respectivas valorizações, tendo em conta os conhecimentos informáticos dos utilizadores.

B. Conhecimentos de Informática dos Utilizadores

A partir das respostas à questão "Classifique os seus conhecimentos gerais sobre informática" em função das opções: "Conhecimentos Básicos", "Conhecimentos Intermédios" e "Conhecimentos Avançados" foi possível classificar cada uma das amostras, professores e alunos, em três categorias, consoante a opção escolhida para os seus conhecimentos. Assim, tanto nos alunos, como nos professores consideraram-se as categorias: conhecimentos básicos, conhecimentos intermédios e conhecimentos avançados. Em cada categoria integraram-se respectivamente os sujeitos que manifestaram possuir cada uma das modalidades de conhecimento referidas.

A distribuição dos sujeitos da amostra pelos conhecimentos informáticos dos utilizadores é apresentada na tabela seguinte.

TABELA 1: CONHECIMENTOS DE INFORMÁTICA DOS ALUNOS E DOS PROFESSORES

Conhecimentos de Informática	Alunos (n=302) (%)	Professores (n=170) (%)
Básicos	17,5	15,9
Intermédios	58,0	64,1
Avançados	24,5	20,0

Pela observação da tabela conclui-se que tanto na amostra de professores como na amostra dos alunos, a maioria dos sujeitos classifica os seus conhecimentos como intermédios.

C. Valorização das Ferramentas do Sakai em Função dos Conheciments Informáticos dos Utilizadores

As respostas dos alunos e as dos professores relativamente à valorização das ferramentas foram divididas em três categorias, constituindo-se assim, tanto para a amostra de alunos como para a amostra de professores três grupos independentes, conforme são apresentados na tabela 1.

Para melhor se compreender a valorização das ferramentas do Sakai convencionou-se que os dados de uma escala ordinal, associados à valorização das ferramentas fossem transformados em dados de uma escala proporcional, de acordo com a convenção: as opções "Não Usei", "Discordo Completamente", "Discordo", "Neutro", "Concordo", "Concordo Plenamente" foram transformadas nas pontuações numéricas: 0, 1, 2, 3, 4 e 5, respectivamente. Desta forma, a valorização de cada ferramenta depende da pontuação obtida, tendo em conta a convenção referida.

A apreciação da valorização das ferramentas do Sakai pelos três grupos independentes de alunos e três grupos, também independentes de professores será efectuada em função dos resultados da aplicação dos testes estatísticos adequados, recorrendo ao programa estatístico SPSS.

Atendendo ao tamanho das amostras, considera-se essencial para se poderem utilizar testes paramétricos 0 que seja possível realizar operações numéricas com os dados experimentais e que a variabilidade dos resultados, em cada situação, seja idêntica.

A possibilidade de efectuar operações numéricas com os dados fica garantida pela convenção adoptada. Para averiguar sobre a variabilidade dos resultados em cada situação será utilizado o teste de Levene, cujos cálculos serão efectuados pelo programa estatístico SPSS.

TABELA 2: TESTE DE HOMOGENEIDADE DE VARIÂNCIA (ALUNOS)

Ferramentas	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Agenda	1,019	2	299	0,362
Avisos	2,049	2	299	0,131
Recursos	2,040	2	299	0,132
Trabalhos	0,608	2	299	0,545
Testes	0,465	2	299	0,629
Cacifo	1,882	2	299	0,154
Mensagens	0,208	2	299	0,813
Fóruns	1,711	2	299	0,182
Pesquisa	0,532	2	299	0,588

Considerando como hipótese nula "Há igualdade de variância nos dados dos três grupos de alunos", verifica-se que não é possível rejeitar a hipótese nula em qualquer das situações consideradas. Assim, podemos admitir a hipótese nula, ou seja que não existem diferenças significativas entre as variâncias dos dados, a um nível de significância (Sig) inferior ou igual a 0,05.

Para analisar as diferenças de variância entre a valorização de cada uma das ferramentas pelos alunos vamos utilizar o teste de variância ANOVA, utilizando os resultados provenientes do programa SPSS.

Foram testadas as nove ferramentas consideradas, verificando-se que apenas em duas, Testes e Cacifo há diferenças significativas, com um nível de significância inferior a 0,05, entre os grupos, conforme se apresenta na tabela seguinte.

TABELA 3: TESTE ANOVA (ALUNOS)

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Testes	Between Groups	34,845	2	17,422	4,898	0,008
	Within Groups	1063,619	299	3,557		
	Total	1098,464	301			
Cacifo	Between Groups	32,624	2	16,312	5,080	0,007
	Within Groups	960,148	299	3,211		
	Total	992,772	301			

Em síntese, podemos concluir que das nove ferramentas analisadas, a valorização de sete dessas ferramentas Agenda, Avisos, Recursos, Trabalhos, Fóruns e Pesquisa não é influenciada pelos conhecimentos informáticos dos utilizadores. Verificando-se tal influência apenas nas ferramentas Testes e Cacifo.

De seguida, serão desenvolvidos procedimentos idênticos para apreciar a valorização das ferramentas pelos professores. Na tabela seguinte são apresentados os resultados obtidos acerca do teste de homogeneidade de variância de Levene.

TABELA 4: TESTE DE HOMOGENEIDADE DE VARIÂNCIA (PROFESSORES)

Ferramentas	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Agenda	1,001	2	167	0,370
Avisos	1,390	2	167	0,252
Recursos	1,546	2	167	0,216
Trabalhos	4,259	2	167	0,016
Testes	0,667	2	167	0,515
Cacifo	4,848	2	167	0,009
Mensagens	2,828	2	167	0,062
Fóruns	4,184	2	167	0,017
Pesquisa	0,809	2	167	0,447

Pela observação da tabela 4, constata-se que se pode rejeitar a hipótese nula, igualdade de variâncias, relativamente à valorização das ferramentas Cacifo e Fóruns, não podendo ser rejeitadas, com o nível de significância inferior a 5% nas outras situações. Nas situações em que é possível rejeitar a hipótese nula, como não se verifica homogeneidade de variâncias, optou-se por utilizar os testes de Brown-Forsythe e Welch. Da aplicação destes testes e apreciação dos resultados infere-se que não é possível assumir que existem diferenças significativas entre a valorização destas ferramentas pelos três grupos envolvidos.

Nas sete situações onde não foi possível rejeitar a hipótese nula, admitiu-se a igualdade de variâncias e aplicou-se o teste ANOVA. Da aplicação deste teste não foi possível inferir que existem diferenças significativas, a um nível de significância inferior a 0,05, entre a valorização dos três grupos, para cada uma das ferramentas consideradas.

V. CONCLUSÕES

Neste estudo apreciou-se a valorização das ferramentas Agenda, Avisos, Recursos, Trabalhos, Testes, Cacifo, Mensagens, Fóruns e Pesquisa por uma amostra de alunos e outra de professores do ensino superior, caracterizaram-se os conhecimentos de informática dos alunos e dos professores nas categorias conhecimentos básicos, intermédios e avançados.

Apreciou-se a relação entre os conhecimentos de informática dos utilizadores e a respectiva valorização das ferramentas. Das ferramentas apreciadas os Recursos e os Avisos são as ferramentas mais valorizadas no apoio às unidades curriculares, quer pelos alunos quer pelos professores.

A ferramenta menos utilizada pelos alunos foi Testes e a menos utilizada pelos professores foi Fóruns. A maioria dos alunos e dos professores classifica os seus conhecimentos como conhecimentos intermédios.

Da análise estatística dos dados, a partir da utilização do SPSS e dos testes estatísticos adequados, verificou-se que só há diferenças significativas entre os três grupos de alunos na valorização das ferramentas Cacifo e Testes. Na valorização das restantes ferramentas concluiu-se que não existem diferenças significativas, a um nível de significância inferior a 0,05, entre a apreciação dos três grupos, quer de alunos quer de professores, ou seja o nível de conhecimentos informáticos dos utilizadores não tem influência na valorização das ferramentas Agenda, Avisos, Recursos, Trabalhos, Mensagens, Fóruns e Pesquisa do ambiente colaborativo Sakai.

BIBLIOGRAFIA

[1] Umic, Agência para a Sociedade do Conhecimento, Projecto Campus Virtuais (e-U), disponível em http://www.e-u.pt/, 2003.

[2] Peñalvo, F., Docencia, Libro Blanco de La Universidad Digital 2010, pp. 29-59, Ariel, 2008.

[3] Nichols, M., Teaching for Learning. New Zealand: Traininc.co.nz, 2001.

[4] EduTools, CMS: Product List, disponível em http://www.edutools.info, 2011.

[5] Ellis, R., Field Guide to Learning Management Systems, ASTD Learning Circuits, 2009.

[6] ASTD, E-Learning Trends 2011, disponível em http://www.astd.org/LC/0111 _trends.htm, 2011.

[7] Lakhan, S., Jhunjhunwala, K., *Open Source* software in education, EDUCAUSE Quarterly, vol. 31, no. 2 (April–June 2008), 2008.

[8] Feldstein, M.., The Evolving LMS Market, disponivel em http://mfeldstein.com/the-evolving-lms-market-part-i, 2010.

[9] EDUCASE, Open Source Learning Management Systems, EDUCAUSE Evolving Technologies Committee, 2009.

[10] Sakai Project, http://sakaiproject.org, 2011.

[11] Hawkins, B., Rudy, J, Educause core data service. Fiscal year 2006 summary report. Boulder, CO: Educause, 2007.

[12] Browne, T., Jenkins, M., Walker, R., A longitudinal perspective regarding the use of VLEs by higher education institutions in the United Kingdom. Interactive Learning Environments, 14(2), pp. 177–192, 2006.

[13] Xin, G., Lin, W., Junhua, Z., Chunlei, Y., Daping, W., Construction of university Collaboration and Learning Environment (CLE) Based on open source software sakai?, Education Technology and Computer (ICETC), volume: 1 , pp. 556-559, 2010.

[14] Fernandes, N., Gouveia, L., Gouveia, F., UFP- UFP in the Sakai Project. Porto: Universidade Fernando Pessoa. CEREM, p. 7, 2009.

Pereira, A., Guia prático de utilização do SPSS, Lisboa, Edições Sílabo, 2004.

Variable Menus for the Local Adaptation of Graphical User Interfaces

An Implementation Approach

Cristina Olaverri-Monreal [a,d]
[a] Instituto de Telecomunicações, DCC, Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, Rua do Campo Alegre 1021/1055, 4169-007, Porto, Portugal.
Email: cristina.olaverri@dcc.fc.u.pt

Christoph Draxler [b]
[b] Institut für Phonetik und Sprachverarbeitung Ludwig-Maximilians-Universität Schellingstr. 3, D-80799 Munich
Email: draxler@phonetik.uni-muenchen.de

Klaus-Josef Bengler [c,d]
[c] Faculty of Mechanical Engineering Technische Universität München D-85748 Garching, Germany
[d] BMW Forschung & Technik Hanauerstr. 46, D-80992 Munich
Email: bengler@lfe.mw.tum.de

Abstract—**Interaction with an insufficiently localized Graphical User Interface can lead to a decrease in the ease of navigation through the system. Poor interfaces entail frustration for the user and reduce the system's usefulness. Thus all elements of Graphical User Interfaces should be subjected to localization and a variable menu structure should be part of the goals of software localization efforts. Considering the extensive use of XML in the implementation of hierarchical menu structures, we propose to use an implementation approach for the local adaptation of menus that is equivalent to the procedure used to create an XLIFF file. The locally adapted menu structure can then be merged with the translated content into a target localized XML document.**

Keywords: XML, XSLT, XLIFF, localization, internationalization, menu structure

I. Introduction

The worldwide expansion of markets is one of the most important characteristics of the economical development. Above all when through the use of the World Wide Web, companies have the possibility to expand globally [1, 2, 3, 4]. This development implies the adaptation of their products to different markets: when introducing a product into a certain target market the user should be able to interact with it in his mother tongue and get the impression that the particular product was developed exclusively for his country [5]. This fact together with the increasing markets' globalization is leading to an increase of the significance of a linguistic, cultural and legal adaptation of a specific product to different countries (Localization) as well as the consideration of this adaptation early in the development phase of the product (Internationalization). In the course of the worldwide expansion of the markets, several studies have investigated the role of cultural diversity regarding the use of products concluding that interaction with a Human Machine Interface depends on the target culture [6], [7]. In the case of systems that are to be operated by users with different cultural background it is a common practice to evaluate the existing differences in a variety of cultures [8].

Currently, most of the graphical user interfaces (GUIs) are organized in the form of hierarchical menus. The fluency of communication between the user and the system is determined by the kind of navigation among the different options from the graphical user interface. Consequently, the organization of the menus inside an application determines a smooth interaction with the system.

Development of a user interface without proper consideration of component integration can increase the cognitive load, errors and annoyance for users [9]. Thus, ease of navigation through the menu improves the user experience with a certain product and the process of learning its use in contrast to the frustration that can originate a poorly designed user interface**.** The localization of menu structures can provide increased user friendliness [10]. Therefore, first priority when trying to increase the user experience is to organize the menus in the display in such a way that they facilitate the interaction between the user and the system. For example, the use of a certain option in a document preparation system can be widely spread in a specific country while in another the same option can be seldom used. Positioning this function prominently in the menu structure facilitates the menu navigation to this frequently used function. At the same time locating the same option in a less emphasized position when it is not frequently used assures a smooth navigation and interaction with the system. Currently only terminology aspects are considered when localizing user interfaces. An adaptation of the menu structure to the target culture is, in general, not taken into account.

The authors in [11] suggested an implementation approach that facilitates the adaptation of menu structures in Driver Information Systems using XML related technologies and accessing an independent vocabulary file. Relying on this approach and since XLIFF supports the elements for a variable menu structure that should be part of the goals of software localization efforts; we present in this paper an implementation approach for the local adaptation of menus that is equivalent to the procedure used to create an XLIFF file.

A. Internationalization

The cost of software localization can be strongly reduced by taking into account different rules in the previous internationalization process of a software product during its development [12, 13]. After internationalization, cultural adjustments can be made with relatively slight changes, while the localization of a finished product that has not been internationalized often requires a comprehensive creation of new different versions. The development of internationalized software follows several requirements that can be summarized as the separation of source code and elements that are to be altered during the localization process. These requirements for producing internationalized software applications were formulated by Esselink as follows [12]:

- The implementation methodology of an internationalized system must enable a fast and simple transfer into a localized system.
- In order to be able to display characters from various types of language systems, Unicode must be used.
- The structure of the menu must be stored separately from the language. This allows translating the text without modifying the document structure achieving therefore a dialog control that is independent from the respective language.
- Character size and field length should not be specified. The size of the texts and/or buttons should be adapted automatically to the user interface.
- For all elements of the user interface separate source files should be created. Also the diagrams and images should be stored separately.

B. Related Technology

One of the difficulties in the software localization process is the use of different platforms, data formats and character sets of non English software product versions. Sometimes an application that was designed in English can only be localized on another platform, version or environment in a different language. The diversity of these software platforms and technologies are reflected in the variety of tools that support the localization process and that are frequently incompatible with each other [14]. Thus, there is an urgent need for a language that assures a platform independency and ensures to save documents and data in a structured form.

XML, the Extensible Mark-up Language, meets all these requirements and enables a smooth document exchange. Furthermore, a complete multilingual compatibility is guaranteed through the Unicode default character encoding [15]. XML permits the creation of structured documents since it identifies the text parts of a document using elements ordered in a hierarchical form. This characterization makes it possible to represent each element's information in a graphical tree structure [16].

The XML-based XSL (Extensible Style sheet Language) is tree-oriented and is used to format XML documents independently of the content [17]; it is comparable to the Cascading Style Sheets (CSS) for HTML [18]. The XSL component XSLT (Extensible Style sheet Language Transformations) allows the manipulation and transformation of an XML document into a different XML having previously defined the rules for the transformation process [19, 20]. In the same way that XSLT is used for XSL Transformation of documents described in XML, it is also used to control the machine translation of XML documents such as XLIFF [21].

XLIFF is the XML Localization Interchange File Format developed by the Organization for the Advancement of Structured Information Standards (OASIS) [22]. XLIFF is based on TMX 1.2 open standard and the XML-based format for localizable content Open Tag version 1.2. TMX 1.2 adopted XML for the Translation Memories (TM) storage and exchange. Thus, XLIFF is compatible with existing XML localization industry standards vocabularies such as TMX for Translation Memory Exchange (TMX) and Term Base Exchange (TMX) [14]. Like the other mark-up languages it also represents menu hierarchies including marking signs for data description [23, 24, 25]. These marking signs can be used to define options and sub options hierarchically. XLIFF simplifies the localization process due to the fact that its structure includes a single source language and a single target language. Fig.1 shows a XLIFF sample code for describing one of its trans-unit elements. This simplicity avoids having different versions of multilingual files that lead to an unclear and confusing localization phases: In addition, CAT tools build around the XLIFF standard. The current resources within XLIFF 1.2 have extensive resources for dealing with inline elements that are important to translation. Moreover it can represent localizable menu structures.

II. XLIFF AS A METHOD TO LOCALIZE VARIABLE MENU STRUCTURES

XLIFF was conceived as a single interchange file format for software localization through XML vocabularies and it aims to be an interchange data format for the complete localization procedure. XLIFF provides useful resources for the software localization as an intermediary file format to translate multilingual documents [26]. In addition, since XLIFF contains elements for the description of the tree level documents, it seems ideal to be used as a format to represent localizable menu structures. Our approach encourages extending XLIFF in some worthwhile aspects that address the localization of menu structures: In the same way that the content of the source XML file is extracted into an XLIFF file, we propose accessing the tree nodes of the basic XML document using the template rules of an XSLT Style sheet to transform a source XML document into a XLIFF document with a local menu structure. Thus, the locally adapted menu structure can be merged with the translated content into a target localized XML document. Translatable text strings are extracted from an XML file into a XLIFF document applying XSLT Style sheets creating thus a new XML-based vocabulary file. Not only linguistic components are to be considered as localizable resources but also menu structures need to be adapted to a particular culture. Thus, if the XLIFF file contains not only text data but also a localized menu structure for every locale, an efficient translation of the menu can be made that already follows the appropriate dialog structure for a particular target culture.

```
<trans-unit>
<source xml:lang="en-US">Hello
world!</source>
<target state="translated" xml:lang="es-
ES">¡Hola mundo!</target>
</trans-unit>
```

Figure 1. XLIFF sample code describing a trans-unit element

XSL can be used to transform an XML file directly into an XLIFF file with the cultural adapted menu structure. The text in the XLIFF file will then be translated and merged back into the original XML format file. Fig. 2 illustrates the process of the menu structure transformation through XSLT template rules. These templates enable the extraction and reintegration of linguistic components in the process of creating a XLIFF file. It seems thus, a logical consequence to make the most of this action accessing not only the nodes that identify translatable text strings but also the nodes representing the menu of a particular application.

The XLIFF architecture considers the possibility of including attributes in both the source and the target elements. Thus, the menu structure can easily be defined within the <context-group> element that allows storing resource metadata related to the trans-unit. Currently the <context-group> named group element provides the regularity and specificity necessary to capture menu structures since it contains context elements corresponding to the level in the tree in which it occurs. It can be used for example to specify if a particular <context-group> element should be displayed or not. Thus, it describes the necessary resources to accomplish the localization of menu structures. As a consequence, the sub-language of elements in XLIFF relating to inline phenomena (<g>, <x/>, <bx/>, <ex/>, <bpt>, <ept>, <sub>, <it>, <ph>) offers the perfect frame for a menu structure description. In addition, the structural <group> element specifies a set of elements for being processed together. Since a <group> element can contain other <group> element it can be used to describe the hierarchy of a dialog based on menus. The subordinated to the group element attributes menu, menu-name and menu-option which describe the resources contained within the <group> provide the ideal environment to describe the culture based variation in menu structures.

Fig. 3 shows an example of a partial menu structure defined with XLIFF for the particular case study of a Driver Information System.

III. IMPLEMENTATION

In this paper we present an implementation approach that facilitates the adaptation of menu structures to local cultures. To determine the options that should be included in the different local versions a previous international study of user preferences, regarding the location of menu options in a GUI, should be performed. We describe in this paper a menu structure that, according to internationalization requirements, is independent of the content. This independency is achieved by the use of XML and XSLT and consequently XLIFF.

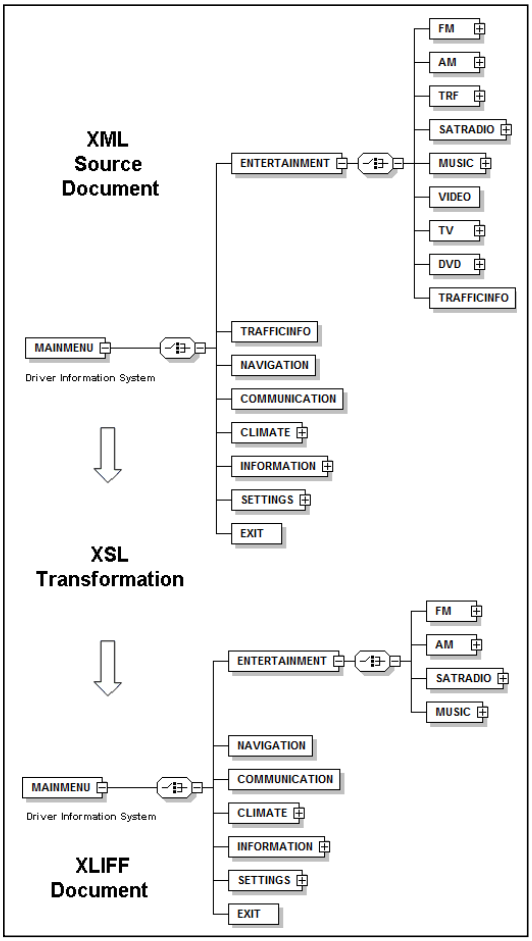


Figure 2. XML source document menu structure transformation into XLIFF target document. The tree nodes of the XML document are selected using the template rules of an XSLT Style sheet to transform a source XML document into a XLIFF document with a local menu structure.

The use of locale standards (character set, date and time format) and a particular language for a culture are built into each XSLT, the document that generates the representation for the respective country. In addition the elements can be organized in a certain order using the "sort" function and font size and field length can be programmed by a function, remaining variable. This is particularly useful and necessary for localization into other writing systems. Moreover it assures the system internationalization [12].

We build separate source files for all elements of the user interface to achieve independency between the texts of the individual options and the layout. With this method only minimal changes to the code are necessary in order to accomplish a fast localization of the menu.

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<xliff version="1.2">
 <file original="DISsample.xml" source-
language="en-US">
   <header>
    <skl>
      <external-file href="DISsample.skl"/>
    </skl>
   </header>
    <body>
      <group id="DISmainmenu" restype="menu"
resname="sid mainmenu">
       <trans-unit id="1" restype="menuitem"
resname="sid entertainment">
          <source xml:lang="en-
US">Entertainment</source>
          <target state="translated"
xml:lang="de-DE">Unterhaltung</target>
       </trans-unit>
       <trans-unit id="2" restype="menuitem"
resname="sid navigation">
          <source xml:lang="en-
US">Navigation</source>
          <target state="translated"
xml:lang="de-DE">Navigation</target>
       </trans-unit>
      </group>
   </body>
 </file>
</xliff>
```

Figure 3. Sample XLIFF code describing a partial Driver Information System's menu structure. The code includes the text strings for the source language English and target language German.

Transforming a common menu structure for all variants, we produce a localized menu for a certain locale. The rules to define the different positions of the options within the menu are included in the template and enable to create a XLIFF document with extracted localizable text elements, extracted additional localizable content and a localized menu structure.

A. XLIFF document generation

A menu structure, with all possible options' variants is designed in XML. This structure is modified through selection of relevant nodes and transformed into the respective local versions. The elements "main menu", "menu" and "menu item" describe the tree structure in all of the XML documents according to the appropriate XML Schema definition. The "Root" element or point of origin of the tree structure is represented by "main menu". All elements of lower hierarchies are designated with the name "menu" or "menu item". The element "menu item" describes a terminal tree node in a hierarchy level, and options where a function is executed.

The transformation into local structures is implemented by accessing the tree nodes of the basic XML document, namely the elements with the names "menu" and/or "menu item" using an XSLT Style sheet. Options from the basic menu are located in different positions depending on the target culture in the localized versions. The variable options are identified through pattern matching. Afterwards, the content of the XML document is selectively copied into a new XLIFF document which represents the localized structure. XSLT allows not only copying certain nodes but also sub trees that in our implementation correspond to "menu" and "menu item" elements inside a "menu" element. This is applied in the structure parts that are common for both, the basic XML and the localized version. In the same process the nodes representing the text strings are extracted for each locale.

B. Generation of the localized document

The independence of content and menu structure is achieved in XLIFF through the extraction of the text strings to be translated. In addition to these strings, XLIFF includes the correspondent elements' attributes for the menu structure definition. After the translation of the extracted text and the localization of the extracted additional content, the document is merged into the final localized XML document containing the respective text of both, the particular language and the menu structure of the culture. Fig. 4 illustrates the transformation process of a source XML document describing a menu.

In the source XML documents, the nodes corresponding to the menu options and to the text elements to be extracted into the XLIFF file are defined through ID attributes. The XLIFF file, in its turn, includes the same attributes with the correspondent string translation.

A fusion of both the XLIFF file with the target XML file is achieved through comparison of the ID attributes of both documents and latter insertion of the correspondent menu structure and translated text into the target XML document.

In this way a locale-specific resource file for the current user's locale can be loaded; in this case, the XLIFF files containing the translated texts.

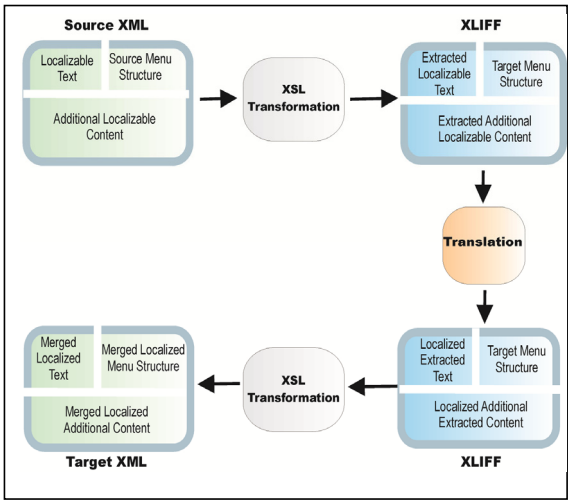


Figure 4. XML menu localization process via XLIFF. The content of the source XML file is extracted into an XLIFF file together with a local menu structure. After translation of the extracted localizable text and localization of the additional extracted content, the locally adapted menu structure is merged into a target localized XML document.

IV. CONCLUSIONS

A cross cultural survey related to the interaction preferences with Driver Information Systems showed how interaction with such systems can vary depending on the target culture and builds the foundation for a need in the cultural adaptation of menu structures [27]. Separation of variable elements and code is traditionally achieved by storing layout elements in different files. The storage of locale-specific information in resource bundles enables a program code that is independent from the user's locale.

We use XML to represent a common menu structure, which can be subsequently and independently transformed into XLIFF documents using XSLT templates.

The initial program structure enables us to add variable parameters from separate files [28, 29]. This can represent a special challenge in software with a multilingual user interface, since the international basis can concern also the structure of an object [30].

In our approach this structure is altered in selected nodes, in order to produce different versions. We achieve not only an independency of both, menu content from structure, but we also enable varying the structure itself without having to implement a complete system for each variant. The main advantage of this approach is that the basic structure is extendible and allows the modification of its elements (i.e. both the position and the number of nodes.) Thus, an application can be developed without requiring the full information about the final elements' positions because modifications can be easily implemented thereafter. For instance, we can create a unique XML structure that can be modified to be tested in usability tests for different cultures. In addition, depending on the development phase of the application, new functions that are going to be considered for latter versions can be included in the system.

XLIFF, due to its characteristics and since it aims to be an interchange data format for the whole localization process, constitutes the perfect framework to implement a basic expandable structure, since it facilitates the insertion and adaptation of new elements, in this case, menu options. However, if higher programming languages need to be used to implement an application, a more time consuming complete system for each variant has to be designed.

Complying with internationalization standards implies using a special solution through variants. We consider variants already in the development phase of a product storing the applications' data within many unique resource files that will be processed in the localization procedure. Thus, by the use of XML-based languages like XLIFF, XML and XSLT we assure not only a platform independency but also a structured data representation and multilingual consistency.

In cases where the interaction with a certain software application demands a considerable amount of cognitive processing tasks, like for example in a vehicular environment, our approach can avoid a delay or worse, an interruption of the cognitive processing of road-related information preventing thus longer reaction times.

Therefore, in-vehicle infotainment systems represent a particular well suitable framework to apply our implementation approach. The cultural adaptation might enable the driver to focus on the decision-making process; awareness and diagnosis of road situation, minimizing thus the distraction factors that may interfere with the primary duty of driving and jeopardize road safety.

REFERENCES

[1] T. Welzer, D. Riaño, B. Brumen, and M. Družovec, "Internationalization Content in Intelligent Systems – How to Teach it" M.Gh. Negoita et al. (Eds.): KES 2004, LNAI 3214, pp. 1039–1044, 2004. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

[2] O. De Troyer, and S. Casteleyn, "Designing localized web sites", Web Information Systems – WISE, 2004, Proceedings Lecture Notes in Computer Science 3306: 547-558.

[3] P. Norris, "Digital Dvide: Civic Engagement, Information Poverty and the Internet World Wide" Cambridge University Press, 2001.

[4] J. De la Torre, and R.W. Moxon, "Introduction to the Symposium E-commerce and Global Business: The impact of the information and communication technology revolution on the conduct of international business" Journal of international business studies 32 (4): 617-639, 2001.

[5] The Localization Industry Standards Association (LISA). Available: www.lisa.org [Accessed 19 January 2011].

[6] D. Ford, C. Connelly, and D. Meister, "Information systems research and Hofstede's culture's consequences: an uneasy and incomplete partnership," Engineering Management, IEEE Transactions on, vol. 50, no. 1, pp. 8–25, 2003.

[7] R. Heimgärtner, "Cultural Differences in Human Computer Interaction: Results from Two Online Surveys", Open Innovation: Neue Perspektiven im Kontext von Information und Wissen, p. 145, 2007.

[8] P. Bourges- Waldegg, and S. Scrivener, "Meaning, the central issue in cross-cultural HCI design" Interacting with Computers 9 (3): 287-309,1998.

[9] J. Lee, and B. Kantowitz, "Network analysis of information flows to integrate in-vehicle information systems". International Journal of Vehicle Information and Communication Systems, 1, 24-43, 2005.

[10] R. Heimgärtner, "Towards Cultural Adaptability in Driver Information and -Assistance Systems". Usability and Internationalization. Global and Local User Interfaces, 2007. Beijing, China: Springer.

[11] C. Olaverri Monreal, M. Breisinger, K. Bengler and C. Draxler, "Markup Languages and Menu Structure Transformation during the Internationalisation process of Driver Information Systems"; Localisation Focus, vol. 9, pp. 4–12, 2010.

[12] B. Esselink, "A practical guide to localization", John Benjamins, 2000.

[13] D. Tuffley, "Optimizing a Software Internationalization Curriculum. Designing for Global Markets 4" – Proceedings of the IWIPS 2002, July 11th-13th, 2002, Austin Texas.

[14] P. Reynolds, and T. Jewtushenko, "What Is XLIFF and Why Should I Use It? :A brief overview of the XML Localisation Interchange File Format (XLIFF)", 2005, XML Journal [Online] Available: http://xml.sys-con.com/node/121957 [Accessed May 2010].

[15] M. Bradin, "XML Improves Localisation Projects". Multilingual Computing &Technology 1, 2, 2002.

[16] H. Lobin, "'Informationsmodellierung in XML und SGML", Berlin, Heidelberg: Springer- Verlag, 2001.

[17] M. Van Otegem, "Sams teach yourself XSLT in 21 days". European Journal of Control, 15, 2002.

[18] Y. Savourel, "XML Technologies and the Localisation Process". MultiLingual Computing & Technology Nr. 35 11 (7), 2002.

[19] Y. Yu, J. Lu, J. Mylopoulos, W. Sun, J.H. Xue, and E.H. D'Hollander, "Making XML document markup international", Software: Practice and Experience 35 (1), 1-14, 2005.

[20] S. Adler, A. Milowski, J. Richman, and S. Zilles, "Extensible Stylesheet Language (XSL)-Version 1.0", 2001.

[21] P. Senellart, and J. Senellart, "SYSTRAN translation stylesheets: machine translation driven by XSLT". 2005.

[22] OASIS XLIFF Version 1.2 (http://docs.oasis-open.org/xliff/v1.2/os/xliff-core.html#context-group). [Accessed May 2010].

[23] R. Eckstein, and M. Casabianca, "XML: Kurz& gut", O'Reilly Germany, 2001.

[24] M. Sperberg-McQueen, C. Huitfeld, and A. Renear, "Meaning and interpretation of markup". Markup Languages 2/3, 215-234, 2000.

[25] P. Whitehead, E. Friedman-Hill, and E. Vander Veer, "Java and XML: your visual blueprint for creating Java-enhanced Web programs", Third Avenue New York, NY 10022: Wiley Publishing, Inc. 909, 2002.

[26] R.M. Raya, "XML Localisation Interchange File Format as an intermediate file format" [Online] Available: http://www.maxprograms.com/articles/xliff.html [Accessed Jun 2010].

[27] C. Olaverri Monreal and K. Bengler "Impact of cultural diversity on the menu structure design of Driver Information Systems: a cross-cultural study", in press.

[28] P.A.V. Hall, and R. Hudson, "Software without Frontiers - A Multi-platform, Multi-cultural, Multination Approach", Wiley, New York, 1997.

[29] P. Rößger, "Cross Cultural Differences in Human Machine Interfaces of Driver-Information-Systems and how to Cope with them from the Software Side." Paper presented on the ITSA Meeting, 2003, Minneapolis, MN.

[30] E.A. Karkaletsis, C.D. Spyropoulos, and G.A. Vouros, "A knowledge-based methodology for supporting multilingual and user-tailored interfaces" , Interacting with Computers 9 (3): 311-333, 1998.

Sustentabilidade Corporativa com Segurança para os Investidores: Uma Análise da Governança de Business Intelligence Atendendo às Exigências da Lei Sarbanes-Oxley

Adriano Arrivabene
Industrial Engineering Post Graduation Program
Nove de Julho University
Sao Paulo, Brazil
adriano.arrivabene@uninove.br

Renato Jose Sassi (IEEE member)
Industrial Engineering Post Graduation Program
Nove de Julho University
Sao Paulo, Brazil
renato.sassi@ieee.org

Resumo—**As empresas buscam sua sustentabilidade desenvolvendo, cotidianamente, novas estratégias de negócios. O incentivo natural para a persistência nessa busca, comum no meio dos negócios, é a globalização. O sucesso dessas estratégias acaba atraindo investidores, pois corrobora com o retorno para seus investimentos. Nesse processo, a segurança das informações garante um alicerce estável para o desenvolvimento dos negócios. Na década de 90 a segurança das informações não despertava a atenção necessária dos gestores, com respeito à sua confidencialidade e autenticidade, fato que fez com que algumas empresas norte-americanas, que comercializavam seus papéis na New York Stock Exchange (NYSE) e National Association of Securities Dealers Automated Quotations (NASDAQ), puderam fraudar seus resultados financeiros, gerando uma imagem de estabilidade irreal. Essa situação gerou um grande impacto, negativo, no grau de confiança dos investidores e colocou em cheque a governança corporativa mundial. Esse impacto foi o fator motivador da criação da lei Sarbanes-Oxley (SOX) como um organismo regulador e monitorador da integridade das informações. A lei SOX obrigou a adequação dos processos por meio de controles e registros, fato que gerou a necessidade de muitas adequações na área de Tecnologia da Informação (TI), principalmente com respeito às informações financeiras, envolvendo dessa maneira toda governança de Business Intelligence (BI). Este trabalho analisa a governança de BI, atendendo as exigências da lei SOX e conclui que a adequação à lei gera mudanças notáveis nos processos, criando registros de controle e mapeamento das atividades, tornando-as rastreáveis, além da responsabilidade direta dos gestores nas atividades envolvidas.**

Palavras-chave: Business Intelligence; Governança; Financeira; Sarbanes-Oxley; Segurança.

I. INTRODUÇÃO

As empresas buscam por sua sustentabilidade, cotidianamente, desenvolvendo novos planos estratégicos. Essa busca é incentivada naturalmente pela globalização. Empresas estáveis geram retornos lucrativos de seus investimentos e com isso, atraem mais investimentos e novos investidores. Elas sobrevivem no mundo globalizado com concorrência acirrada, face aos retornos positivos de seus planos estratégicos extraídos do *Business Intelligence* (BI).

Corporativamente, os investidores são conhecidos como pessoas de faro refinado para a identificação de oportunidades nos negócios, e buscam, cotidianamente, por empresas que lhes retornem segurança no tratamento de seus capitais. A segurança de retorno positivos nos investimentos gera uma grande responsabilidade às empresas, e fazem com que estas se preocupem em desenvolver estratégias voltadas diretamente à sustentabilidade e crescimento de seus negócios, fatores que corroboram, cada vez mais, com o crescimento dos relacionamentos com os investidores passando-lhes segurança.

Esse relacionamento sofreu um abalo imenso no final de década de 90, quando foram descobertas as fraudes nos resultados financeiros de algumas empresas norte-americanas que comercializavam seus papéis na *New York Stock Exchange* (NYSE) e *National Association of Securities Dealers Automated Quotations* (NASDAQ).

A manipulação dessas informações teve o objetivo de gerar uma imagem de estabilidade financeira, a ponto de dar continuidade no relacionamento dos investidores com as empresas, garantindo assim seus investimentos. Esse abalo no mercado gerou um impacto negativo mundial no grau de confiança dos investidores, colocando em cheque toda a governança corporativa das empresas.

Esses fatos originaram uma das maiores reformas financeiras da história norte-americana, foi criada a lei *Sarbanes-Oxley* (SOX) como um organismo regulador das empresas de auditoria, garantindo a integridade das informações e a responsabilidade penal da alta administração sobre elas [1].

A lei SOX passou a exigir registros e controles nos processos de todas as informações que, de alguma maneira, podem afetar os resultados financeiros da empresa. Gerou uma série de adequações na área de Tecnologia da Informação (TI), com a criação de muitos processos de controle e validação das informações financeiras, garantindo sua integridade, desde sua

origem até a composição do montante resultante financeiro, dessa maneira, envolvendo diretamente a governança de TI e a arquitetura de BI, ambos tidos como pilares de suporte a governança corporativa.

A pesquisa foi desenvolvida por meio de consultas bibliográficas relacionadas aos temas abordados e por um estudo de caso numa empresa do ramo financeiro, de onde foram obtidas as informações.

Este trabalho tem o objetivo de analisar a governança de BI atendendo os requerimentos da lei SOX. Para atingir tal objetivo, o trabalho está dividido da seguinte forma: após esta introdução, a seção II apresenta os conceitos de Governança Corporativa, na seção III será abordada a governança de BI, na seção IV, a pesquisa apresenta a história e conceitos da lei *Sarbanes-Oxley*, na seção V é apresentada a metodologia, na seção VI é feita a análise dos resultados e na seção VII será apresentada a conclusão do trabalho.

II. Governança Corporativa

A governança surgiu nos Estados Unidos e Inglaterra no final da década de 90, seu conceito é definido à forma como as empresas são dirigidas, reguladas e controladas. Ela visa garantir a ética da organização na geração e proteção dos benefícios para todos os investidores, certificando assim a continuidade dos relacionamentos entre eles e as empresas, conhecida mundialmente como governança corporativa.

O Instituto Brasileiro de Governança Corporativa define a governança como um sistema pelo qual as sociedades são dirigidas, envolvendo os relacionamentos entre Conselho de Administração, Diretoria, Auditoria Independente e Conselho Fiscal. As boas práticas de governança corporativa têm a finalidade de aumentar o valor da sociedade, facilitar seu acesso ao capital e contribuir para a sua perenidade [2].

A governança corporativa lida com os caminhos pelos quais os investidores das corporações asseguram que terão retornos significativos de seus investimentos [9]. Ela possui uma grande aliada: a governança de TI. Esta segunda está diretamente ligada aos conceitos de qualidade, pois, determina as regras e procedimentos à estrutura e processos informatizados, de maneira a assegurar a sustentação e garantir informações confiáveis às estratégias da organização [10].

Trata-se de um processo que não só abrange o ambiente tecnológico, mas também o ambiente técnico, os recursos humanos e toda a estrutura da empresa, para tal, é fundamentada num tripé formado por profissionais de TI e usuários, ambos envolvidos conjuntamente nas atividades de manipular, controlar e monitorar as informações das empresas. Desenvolvedores e recursos que atuam na área de produção (monitoramento das execuções dos processamentos) também estão incluídos.

A governança é composta também dos processos informatizados, ou seja, de sistemas aplicativos que suportam o gerenciamento das atividades das empresas, tais como: *Enterprise Resource Planing* (ERP), *Customer Relationship Management* (CRM), rotinas de execução dos processamentos em lote (*batch*), entre outros.

A Tecnologia completa o tripé, pois são os meios pelos quais as empresas transitam suas informações, nela estão às plataformas: *Mainframes* e Servidores, linhas de comunicação, transmissão via cabo, ondas e via satélite, dispositivos de envio e recebimento de mensagens, entre uma infinidade de recursos.

O comportamento desejável é todo aquele alinhado com a missão, estratégia, valores, normas e cultura da empresa [12]. A ligação efetiva entre a governança de TI e a arquitetura de BI da empresa, reforça e embasa a governança corporativa [11].

A governança de TI busca o compartilhamento de decisões de TI com os demais dirigentes da organização , assim como estabelece as regras, a organização e os processos que nortearão uso da TI pelos usuários, departamentos, divisões, negócios da organização, fornecedores e clientes, determinando como a TI deve prover os serviços para a empresa. A Figura 1 demonstra a ligação efetiva entre a governança de TI e as áreas de controle da empresa.

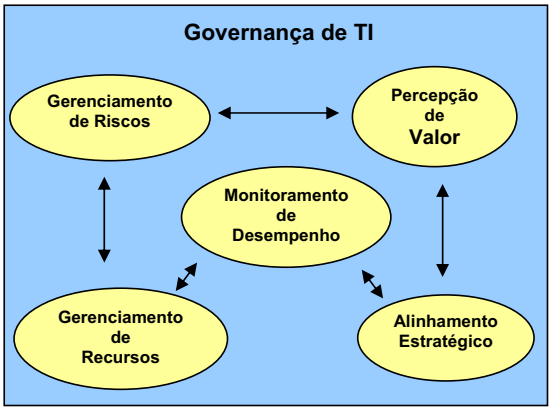


Figura 1. Estrutura básica da governança de TI (Adaptado de [4]).

A Figura 1 ilustra o ciclo de informações nas empresas, onde a garantia de se assumir e administrar os riscos, sem perda de foco nos valores corporativos, deve estar alinhado às estratégias de negócios, que por sua vez monitoram o desempenho corporativo, que também gerencia os recursos disponíveis, sob todos os riscos assumidos.

III. Governança de *Business Intelligence*

O termo *Business Intelligence* foi criado pelo do *Gartner Group*, e refere-se à inteligência corporativa com que as empresas manipulam suas informações, extraindo destas o conhecimento necessário para suportar as tomadas de decisões de seus gestores.

Trata-se de um mapeamento generalizado do fluxo das informações garantindo uma visão segura sobre as possíveis óticas estratégicas dos gestores [6]. É desta forma que executivos encontram conhecimento sobre o mercado, a concorrência, os clientes, os processos de negócio, a tecnologia a fim de antecipar mudanças e ações dos competidores [5].

A vantagem competitiva se dá pela forma com que as organizações analisam, planejam e reagem às constantes mudanças nos mercados e com a maior velocidade possível, e para que esta seja competitiva, o armazenamento seletivo de informações é fundamental para a geração do conhecimento.

Os bancos de dados de áreas específicas nas empresas foram chamados de *Data Marts* (DM), e podem fornecer informações importantes para suportar os processos de apoio às decisões [3]. Os DM enviam informações aos bancos de dados corporativos, chamados de *Data Warehouse* (DW). Estes armazenam somente informações importantes, sobre as operações da empresa, com o objetivo de assistir as tomadas de decisões estratégicas e seus planos de negócios [8].

O DW auxilia os gestores com o conhecimento incorporado, fato que possibilita a empresa ser mais competitiva, entendendo melhor seus clientes, e as demandas de mercado [7]. Extrair dos DW as informações realmente importantes, com o objetivo de poder focar na oportunidade de novos negócios e desenvolver novos planos estratégicos, passaram a ser um diferencial para as empresas no mundo da competitividade [8]. Atualmente o DW é uma ferramenta indispensável em qualquer arquitetura de BI [15].

Se na época dos escândalos financeiros norte-americanos, os gestores possuíssem uma arquitetura de BI íntegra e confiável, poderiam ter se antecipado e reagido às mudanças dos cenários e talvez, a história fosse contada com um final diferente. Esses fatos geraram um marco na administração financeira, a criação da lei *Sarbanes-Oxley*.

IV. *SARBANES-OXLEY* (SOX)

Elaborada pelos senadores norte-americanos *Michael Oxley* e *Paul Sarbanes*, a lei foi promulgada em 30 de julho de 2002. Conhecida como SOX, teve como objetivo restabelecer e aumentar a confiança do investidor e a sustentabilidade das corporações. Suas determinações afetaram a forma como as empresas de capital aberto passaram a relatar suas operações financeiras, impondo a responsabilidade penal na alta administração. Ela se esfera da governança corporativa das empresas, dessa maneira, acabou gerando um impacto significativo sobre a área de TI [14]. A Figura 2 ilustra a atuação de seus controles nos processos das empresas.

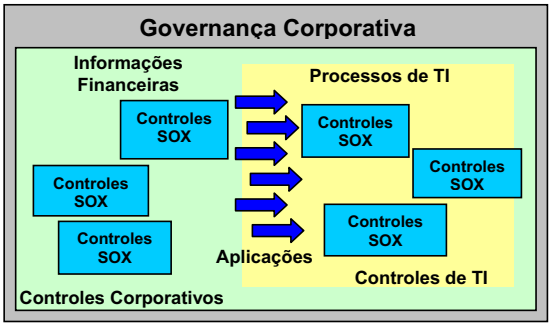


Figura 2. Atuação dos controles SOX nos processos corporativos (Adaptado de [13]).

Sua aplicabilidade foi imposta às companhias de capital aberto cujas ações são comercializadas na NYSE e NASDAQ e também algumas corporações estrangeiras que negociam recibos de depósito americano de ações de empresas estrangeiras (*American Depositary Receipts* – ADR) não negociáveis no país de origem.

A lei determina a obrigatoriedade de práticas de controle e segurança em sistemas de informações, aplicativos e redes, além de rígidos critérios na utilização de aplicações terceirizadas por empresas sob o âmbito da lei [1].

Existem dois pontos fundamentais que devem ser observados, com respeito ao uso dos sistemas de informações e aplicativos, inseridos no âmbito da lei SOX:

1 - Segurança: a aplicação do conteúdo da lei SOX deve ocorrer entre toda a cadeia de comunicação da empresa (processos) e nos recursos concernentes aos sistemas de gestão de informações financeiras:

- *Enterprise Resource Planning* (ERP);
- Aplicativos contábeis;
- *Customer Relationship Management* (CRM);
- *Supply Chain Management* (SCM);
- *Data Warehouse*;
- *Data Mart*.

2 - Controle de registros: como todo processo desenvolvido para ser auditado, a lei baseia-se no registro de informações.

Esses controles asseguram a garantia da integridade do fluxo das informações e a tranqüilidade dos administradores. A lei SOX enfatiza estratégias de contingência, planos alternativos para eventuais casos de pane que assegurem a continuidade das atividades envolvidas, essa estratégia contingente exige uma redundância monitorada de tecnologia, recursos e aplicativos de backup.

V. METODOLOGIA

O trabalho foi desenvolvido por meio de pesquisa bibliográfica sobre a literatura atual dos temas abordados: governança corporativa, governança de BI e a lei *Sarbanes-Oxley*.

Foi adotado um estudo de caso como base para a análise da governança de BI atendendo as exigências da lei SOX. Foram levantadas informações junto a um analista de sistemas da área de cobrança, especialista em cobrança e responsável pela validação da seqüência dos processos auditados pela lei SOX.

A análise foi feita em dois processos de controle de informações, numa empresa multinacional do ramo financeiro:

A. Adequação de programas

A implantação de um sistema de informação gerou a necessidade de adequação de 35 programas, definidos como parte desse sistema. A Tabela I apresenta uma visão parcial dos programas envolvidos no processo.

TABELA I. TABELA DE PROGRAMAS ENVOLVIDOS NO PROCESSO

Tabela de Programas	Características	
	Descrição	*Classificação*
Programa P13A	Atualização de clientes inadimplentes	SOX
Programa M45D	Atualização de faixa de crédito	SOX
Programa L82S	Consulta de pagamentos em atraso	Não SOX
Programa S46D	Inclusão de clientes adimplentes	SOX
Programa S46E	Alteração de endereço de cliente	Não SOX
Programa K65N	Consulta a campanha de cobrança	Não SOX
Programa P12R	Exclusão de cliente inadimplente	SOX

Os programas foram classificados em dois tipos:

- SOX: são aqueles que manipulam informações financeiras e podem influenciar nos montantes que compõem os resultados fiscais da empresa;
- "Não SOX": são aqueles que manipulam informações financeiras da empresa, porém, sem influenciar em quaisquer alterações nos resultados fiscais.

B. *Extração de informações*

A extração de informações do DM da área de cobrança da passou a ser monitorada, gerando assim registros de controle de acesso e das informações extraídas, por essa atividade. Esses processos foram classificados em dois tipos:

- SOX: são aqueles que acessam e extraem informações financeiras confidenciais. Geram cenários que suportam a tomada de decisão;
- "Não SOX": são aqueles que acessam informações financeiras não confidenciais. Não possuem informações que possam gerar cenários de suporte à tomada de decisão.

As informações levantadas, junto ao analista de sistemas, foram obtidas em quatro reuniões de 2.5, 1.5, 2.0 e 2.5 horas, respectivamente.

O estudo de caso se baseia na análise dos procedimentos de adequação dos processos "antes" e "depois" da adequação às exigências da lei SOX.

VI. ANÁLISE DOS RESULTADOS

A lei SOX determina que todos os processos que interfiram de alguma maneira, em informações financeiras devem ser controlados e registrados. As regras estabelecidas pela governança corporativa da empresa analisada determinam que a autorização de adequação de programas, é suficiente no nível de superintendente.

Os procedimentos analisados revelam a direta alocação de responsabilidade de gerentes e superintendente, das áreas envolvidas em processos adequados à lei SOX. Percebem-se a necessidade da geração de evidências e documentação de autorizações, como provas factíveis em tempos de auditoria.

A. *Adequação de programas*

A implantação de um sistema de informação, pertencente a uma arquitetura de BI da área de cobrança de uma empresa, gerou a necessidade de adequação de 35 programas. Destes, 15 manipulavam informações financeiras e poderiam influenciar nos montantes que compunham os resultados fiscais da empresa, foram classificados como SOX. Os demais 20 programas, embora manipulassem informações financeiras, não influenciavam quaisquer resultados fiscais e foram classificados como "Não SOX".

Os programas classificados como SOX fazem parte do processo de carga de um dos *Data Marts* que geram o *Data Warehouse*. Os programas "Não SOX" fazem parte de uma rotina diária de controle de pagamentos. Ambos os tipos foram desenvolvidos na linguagem de programação COBOL II para computadores mainframes.

Os procedimentos padrões definidos na empresa para a alteração do código fonte de um programa "Não SOX" são:

- Acessar a biblioteca de programas de produção no computador mainframe;
- Identificar a versão do programa que sofrerá a alteração no seu código fonte;
- Copiar a versão do programa para a área do programador responsável pela alteração;
- Alterar o código fonte do programa em questão;
- Catalogar o programa na biblioteca de programas do ambiente de desenvolvimento;
- Testar a execução da nova versão do programa no ambiente de desenvolvimento;
- Validar os resultados dos testes junto aos usuários da área produto;
- Gerar evidências dos testes executados no ambiente de desenvolvimento;
- Solicitar o "de acordo" via email, do gerente da área de cobrança para a catalogação da nova versão do programa na biblioteca de programas do ambiente de produção;
- Catalogar o programa na biblioteca de produção, com a nova versão.

Os procedimentos, adequados às exigências da lei SOX, definidos para a alteração do código fonte de um programa classificado como SOX são:

- Solicitar autorização via email, do gerente da área de cobrança para iniciar a alteração do programa;
- Acessar a biblioteca de programas de produção no computador mainframe;

- Identificar a versão do programa que sofrerá a alteração no seu código fonte;
- Copiar a versão do programa para a área do programador responsável pela alteração;
- Alterar o código fonte do programa em questão;
- Solicitar autorização via email, do gerente para catalogar o programa na biblioteca de programas do ambiente de desenvolvimento;
- Catalogar o programa na biblioteca de programas do ambiente de desenvolvimento;
- Testar a execução da nova versão do programa no ambiente de desenvolvimento;
- Validar os resultados dos testes junto aos usuários da área produto;
- Gerar evidências dos testes executados no ambiente de desenvolvimento;
- Encaminhar via email, as evidências dos testes executados no ambiente de desenvolvimento ao gerente da área;
- Solicitar o "de acordo" via email, do usuário com respeito aos testes executados;
- Solicitar o "de acordo" via email, do gerente da área do usuário com respeito aos testes executados;
- Solicitar o "de acordo" via email, do gerente da área de cobrança com respeito aos testes executados;
- Solicitar o "de acordo" via email, do superintendente da área de cobrança para a catalogação da nova versão do programa na biblioteca de programas do ambiente de produção;
- Catalogar o programa na biblioteca de produção, com a nova versão.

A análise revela que os procedimentos referentes à adequação do programa classificado como SOX possui um número maior de processos que geram registros das autorizações, provas factíveis em tempos de auditoria, quando comparado aos procedimentos que envolvem um programa "Não SOX".

B. Extração de informações

A área de cobrança nessa empresa é tida como estratégica e detentora de preciosas informações para o desenvolvimento de novos planos e ações, dessa forma, um dos seguros alicerces do BI, suportando os processos de tomada de decisão.

O DM implantado na cobrança fornece visões e previsões que asseguram novas frentes de ações desenvolvidas junto aos clientes.

Os processos de geração de relatórios, extraídos do DM de cobrança, foram classificados em dois tipos:

SOX: são aqueles que acessam e extraem informações financeiras confidenciais. São relatórios de cenários encaminhados à superintendência e diretoria e geram planos de ações junto a grupos de clientes, como:

- Classificação de cobrança;
- Recuperação de crédito;
- Redução de inadimplência;
- Acordos para refinanciamentos;
- Ações de cobrança para grupos específicos.

"Não SOX": são aqueles que acessam informações financeiras não confidenciais. São relatórios de situações específicas de clientes, focando cenários pontuais, não estratégicos. São gerados para suporte à análise da situação de clientes sob diversas óticas, como:

- Situação de cobrança;
- Inadimplência do cliente;
- Estatística de crédito do cliente;
- Previsão de crédito;
- Liberação de crédito.

Os procedimentos padrões, definidos na empresa, para a extração das informações do DM de cobrança classificados como "Não SOX" são:

- Acesso ao DM de cobrança;
- Identificação e validação de usuário e senha no sistema;
- Identificação como usuário "Não SOX";
- Acesso à lista de relatórios pré-definidos ou acesso à tela de codificação de comando, para geração de novo relatório;
- Seleção e execução do processamento que gerará o relatório;
- Opção de impressão ou envio para email do usuário.

Os procedimentos, adequados às exigências da lei SOX, definidos para a extração das informações confidenciais do DM de cobrança, classificados como SOX são:

- Acesso ao DM de cobrança;
- Identificação e validação de usuário e senha no sistema;
- Identificação como usuário "SOX": o sistema envia um email ao gerente da área de cobrança comunicando o acesso ao DM desse usuário e solicita sua autorização. O gerente acessa o DM de cobrança com seu usuário e senha e autoriza ou não o acesso:
    - Caso não seja autorizado, o usuário não consegue prosseguir no sistema;
    - Caso seja autorizado, o sistema gera um registro numa Tabela de Controle onde

constam: data, hora inicial, usuário e gerente autorizador da extração e libera o acesso.

- Acesso à lista de relatórios pré-definidos;
- Seleção de relatório: o sistema atualiza a Tabela de Controle com a hora e o relatório selecionado pelo usuário;
- Execução do processamento que gerará o relatório: o sistema atualiza a Tabela de Controle com a hora de início e término do processamento de geração do relatório;
- Ao término do processamento o sistema envia, automaticamente, um email ao gerente e ao superintendente da área de cobrança comunicando o acesso ao DM, pelo usuário, data e hora (inicial e final) e o relatório selecionado.
- Os relatórios gerados são gravados no computador e liberados para acesso somente pelo usuário autorizado pela sua extração. Não há a opção de impressão desse tipo de relatório.

A análise desse processo revela que os procedimentos referentes à extração de informações confidenciais, classificadas como SOX, possuem um número maior de processos e que estes são registrados numa Tabela de Controle, fato que torna o procedimento totalmente rastreável e auditável.

Ao final do procedimento há também a comunicação ao superintendente da área de cobrança, fazendo com isso, seu envolvimento direto nesse tipo de atividade, além do gerente autorizador.

VII. CONCLUSÃO

Passar a segurança para seus investidores é o objetivo de qualquer empresa, para tal, elas se preocupam em desenvolver estratégias voltadas diretamente à sustentabilidade e crescimento de seus negócios. Essas estratégias envolvem a aplicabilidade da governança corporativa e a implantação de projetos de BI, ambos dependentes da área de TI, atualmente infiltrada por todas as empresas.

A governança de TI está alinhada ao negócio da empresa e sua continuidade, é sua a responsabilidade de garantir a disponibilização dos sistemas de informações e aplicativos.

Para as empresas que comercializam seus papéis na NYSE e na NASDAQ, o alinhamento da TI aos marcos de regulação externa como a *Sarbanes-Oxley* garante a integridade das informações aos investidores e a responsabilidade penal da alta administração. Essa lei gerou um grande impacto na área de TI, obrigando a adequação dos sistemas de informações às suas exigências.

Este trabalho conclui que a governança tem um papel importante na implantação de um projeto de BI adequado à lei SOX, pois suas regras e procedimentos regulam as atividades envolvidas nesses processos.

A análise dos dois processos envolvidos no estudo de caso, evidenciam que, sob a adequação à lei SOX, a governança estabelece que mais procedimentos devem estar registrados, controlados e carentes de autorizações de gestores de diferentes camadas hierárquicas nas empresas, características específicas de processos auditáveis. A linha de pesquisa adotada permite o levantamento e inclusão de novos processos adequados aos requerimentos da lei SOX, tanto da área de TI como da área financeira.

O trabalho abre espaço para futuras pesquisas sobre governança de BI e sobre a lei SOX, seus impactos e mudanças geradas com as adequações necessárias.

AGRADECIMENTO

Agradecimento à Universidade Nove de Julho pela bolsa de estudos no Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção.

REFERÊNCIAS

[1] V. M. C. Borgerth, SOX Entendendo a Lei Sarbanes-Oxley. 1ª ed.Editora Thomson, 2007.

[2] IBGC, Instituto Brasileiro de Governança Corporativa. Disponível em http://www.ibgc.org.br, acessado em 2/11/2010.

[3] W. Inmon, R. Tenderman, C. Imhoff, Data Warehousing: como transformar Informações em oportunidades de negócios. São Paulo, Brasil: Editora Berkely, 2001.

[4] ITGI, IT Governance Institute. Disponível em http://blogs.technet.com/b/rodias/archive/2008/04/16/s-rie-governan-a-de-ti-parte-iv.aspx, acessado em 18/11/2010.

[5] S. C. Lee, Modeling the Business value of information technology, Department of Information Systems, College of Business Administration, California State University, Long Beach, CA, USA, 2001.

[6] M. Petrini, M. Pozzebon, Managing sustainability with the support of business intelligence:Integrating socio-environmental indicators and organisational context. Fundação Getulio Vargas FGV EAESP, São Paulo, Brasil e HEC Montreal, 3000, Chemin de la Cote-Sainte-Catherine, Montreal, Quebec, Canada, 2009.

[7] R. J. Sassi, A. Arrivabene, Uma Análise da Aplicação das Melhores Práticas no Processo de Implantação de um Projeto de Data Warehouse. Em: XVII Simpósio de Engenharia De Produção (XVII SIMPEP), 2010, Bauru. Anais do XVII SIMPEP, 2010. vol. 1.

[8] R. J. Sassi, R. E. Souza, Do Data Warehouse ao Business Intelligence de Real Time Decision Processing: Análise da Tecnologia Aplicada em Engenharia de Produção. Em: XV Simpósio de Engenharia De Produção (XV SIMPEP), 2008, Bauru. Anais do XV SIMPEP, 2008. vol. 1.

[9] M. Sêmola, Gestão da Segurança da Informação: Uma visão Executiva. Rio de Janeiro: Campus, 2003.

[10] A. Shleifer, W. Vishny, A Survey on Corporate Governance, The Journal of Finance, vol. 52, no 2, 1997.

[11] F. J. Teixeira, V. M. R. Ponte, Alinhamento Estratégico: Estudo Comparativo das Percepções dos Executivos de Negócios e de TI, ENAMPAD 2004.

[12] P. Weill, Don't Just Lead, Govern, How Top-Performing Firms govern IT, Center for Information Systems Research, Sloan School of Management, Massachusetts Institute of Technology, 2004.

[13] Imasters, disponível em: http://www.imasters.com.br/artigo/5096/direito/o_que_e_lei_sarbanes-oxley_e_quais_os_impactos_na_ti/ , acessado em 8/02/2011.

[14] A. Arrivabene, R. J. Sassi, D. S. Nakama, H. M. Silva, S. L. Fernandez, A Importância da Governança na Implantação de um Projeto de Business Intelligence adequado às Exigências da Lei Sarbanes-Oxley, Em: XXIV International Sodebras Congress (XXIV Sodebras), 2010, São Paulo.

[15] R. Weir, Best Practices for Implementing a Data Warehouse. Journal of Data Warehousing Vol. 7, n.1, winter 2002.

Controladoria na Administração Municipal: Um Estudo sobre as Informações Contábeis e Financeiras no Atendimento à Legalidade das Atividades das Prefeituras do Rio Grande do Norte (Brasil)

Aldemar de Araújo Santos
Departamento de Ciências Contábeis e Atuariais (DCCA)
Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)
Recife, Brasil
aldemar@ufpe.br

Francisco Jean Carlos Souza Sampaio
Departamento de Ciências Contábeis e Atuariais (DCCA)
Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)
Recife, Brasil
sampaiojean@yahoo.com.br

RESUMO: Esta pesquisa teve o objetivo de analisar as informações contábeis e financeiras dos sistemas de informação (SI) utilizados por setores de controladorias municipais do Rio Grande do Norte (RN), em relação à legalidade das atividades desenvolvidas pelas prefeituras incluídas no estudo. Foi utilizado o método indutivo, pesquisa bibliográfica, documental e estudo de campo com aplicação de questionários nas controladorias dos municípios de população superior a 20.000 habitantes. Foram pesquisadas as regiões e os municípios: Oeste (7), Central (4), Agreste (5), Leste (11). No atendimento da LRF as regiões Oeste e Central apresentaram os melhores resultados, pois poucos municípios ultrapassaram 54% desta lei; e a região Agreste e Leste tiveram muitos municípios acima deste valor legal. Recomenda-se aplicar no futuro a pesquisa nos mesmos municípios para se avaliar possíveis evoluções dos resultados, ou outros Estados brasileiros para efeito de comparações de cenários.

Palavras-chave: Contabilidade Pública, Controladoria, Informação Contábil, Legalidade, SI.

1 INTRODUÇÃO

Os gestores públicos têm a responsabilidade de administrar as instituições governamentais e os seus recursos, de forma a atender as demandas da sociedade. Essa gestão pode ser feita por meio de política de racionalização de recursos públicos, com acompanhamento de setores onde se possam realizar processos e ações transparentes. Nas prefeituras brasileiras, um desses setores têm sido as controladorias municipais que dão suporte à elaboração de Planos Diretores, instrumentos de gestão definidos na Constituição Federal de 1988.

Este estudo teve como foco a análise de informações contábeis e financeiras utilizadas pelas controladorias das prefeituras do Estado do Rio Grande do Norte (RN), cujos municípios apresentam população superior a 20.000 habitantes, buscando avaliá-las mediante procedimentos e pressupostos legais, objetivando conhecer metas estipuladas pelas prefeituras, com a orientação dessas unidades de controle no que se refere à realizações de tarefas eficientes e dentro da legalidade.

O RN possui quatro regiões e dezenove microrregiões que totalizam 167 municípios [1]. A Constituição Federal de 1988 determina que os municípios com população acima de 20.000 habitantes devem ter Plano Diretor (PD). A Lei nº 10.257/2001, conhecida como a Lei Federal do Estado e da Cidade, define o PD é o instrumento da política de desenvolvimento e expansão urbana.

Nesta investigação, se analisou as informações utilizadas pelas controladorias dessas prefeituras com o intuito de responder a questão de investigação: *qual a avaliação feita por controladorias municipais do RN sobre as informações contábeis e financeiras geradas pelos SI, sobre a legalidade das atividades desenvolvidas pelas prefeituras no atendimento de suas populações?*

1.1 Objetivo do Estudo

O objetivo deste estudo foi evidenciar a importância da informação contábil e financeira gerada pelos SI utilizados nas controladorias municipais do RN em relação à legalidade, necessárias às atividades das prefeituras, foco deste estudo. Tomou-se como base estudos de: [2], [3], [4], [5], [6], além de outros autores das principais áreas do estudo: sistemas de informação e legalidade.

1.2 Desenvolvimento da Pesquisa

A pesquisa de campo foi desenvolvida assim:

1ª fase: buscou-se auxílio da Controladoria do RN e do Tribunal de Contas (TCE), para o envio do questionário aos setores das controladorias nos municípios da pesquisa; *2ª fase*: se visitou cada prefeitura para aplicar o questionário. O Estado

possui 167 municípios distribuídos em 19 microrregiões que compõem as 4 regiões da pesquisa (Figura 1).

Além dos dados oficiais constantes nos portais oficiais (municipais, Tribunal de Contas do RN, Tesouro Nacional), se aplicou aos contadores e gestores das controladorias municipais um questionário para saber sobre a estrutura, uso e qualidade da informação utilizada pelos municípios. Adotou-se a escala *Likert* (máximo 5 pontos):

O - Desconheço a informação;*

1 – Sem Importância;

2 – Pouco Importante;

3 - Importância Regular;

4 - Importante;

5 - Muito Importante;

▲ *- Julga necessária a informação seja fornecida.*

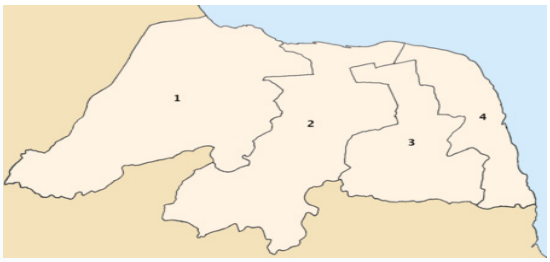


Figura 1: Mapa do RN subdividido em regiões.

Legenda:

1. Região Oeste - 7 microrregiões – 62 municípios
2. Região Central - 5 microrregiões – 37 municípios
3. Região Agreste - 3 microrregiões – 43 municípios
4. Região Leste - 4 microrregiões – 25 municípios

1.3 Delimitação da Pesquisa

Objeto: informação contábil e financeira dos SI utilizada pelas controladorias municipais do RN. Período: 2008 e 2009. Área: municípios do RN com população superior a 20.000 habitantes das regiões: Oeste, Central, Agreste, Leste (Tabela 1).

Tabela 1: Municípios do RN acima de 20.000 habitantes

Região	Município	População (habitantes)	Nº Municípios
Oeste	A	259.886	07
	B	53.245	
	C	34.777	
	D	27.733	
	E	25.263	
	F	24.187	
	G	22.159	
Central	H	62.727	04
	I	42.668	
	J	28.974	
	K	20.347	
Agreste	L	35.541	05
	M	35.759	
	N	32.203	
	O	22.214	
	P	20.670	
Leste	Q	803.811	11
	R	202.413	
	S	87.700	
	T	67.844	
	U	69.538	
	V	39.771	
	W	31.076	
	X	30.900	
	Y	23.818	
	Z	24.550	
	AA	22.467	

Fonte: Censo IBGE (2010)

2 ELEMENTOS TEÓRICOS

2.1 Sistemas de Informação

Na concepção de [7], SI trata de um conjunto de componentes inter-relacionados que coletam (ou recuperam), processam, armazenam e distribuem informações destinadas a apoiar a tomada de decisões, a coordenação e controle de uma organização, bem como, auxiliam os gerentes e trabalhadores a analisar problemas, visualizar assuntos complexos e criar novos produtos. A função dos SI integrados de gestão é armazenar e processar dados de diversos setores da empresa; a integração é a ligação conjunta de informação e processos distintos que podem ocorrer entre diferentes funções ou entidades operacionais da organização [8], [9].

No setor público nacional existe o SIAFI (Sistema Integrado de Administração Financeira) do Governo Federal, com o objetivo de promover a modernização e a integração dos sistemas de programação financeira, execução orçamentária e contabilidade de órgãos e entidades públicas. Em nível de município, existe o SIAFEM (Sistema Integrado de Administração Financeira para Estados e Municípios), de mesmas características do SIAFI [10].

As entidades públicas e privadas, especificamente o setor contábil/financeiro diante de muitas tarefas, prazos e atendimento de legalidade, buscam adquirir sistemas de informações contábeis (SIC) que auxiliam na escrituração contábil, acompanhamento de patrimônio e geração de demonstrativos e relatórios utilizados pelos contadores e gestores, de forma a lhes orientar na análise de futuros cenários para tomada de decisão.

2.2 LEGALIDADE

A legalidade abordada refere-se a: Lei 4.320 (17/03/1964); a Lei Complementar n° 101 (04/05/2000) conhecida como LRF (Lei de Responsabilidade Fiscal) que trata da aplicação dos recursos públicos e obriga o gestor a agir com transparência e obediência a dispositivos legais: planejamento, receita, despesa pública, transferências voluntárias, destinação de recursos públicos para o setor privado, endividamento, gestão patrimonial, transparência, controle e fiscalização; o Decreto nº 3.591(06/09/2000) e a Lei nº 10.180 (06/02/2001),

que dispõem sobre Controle Interno; Regimento Interno de Controladoria do Rio Grande do Norte e a Resolução nº 012 (27/12/2007) do Tribunal de Contas deste Estado.

2.2.1 A Lei 4.320 de 17 de março de 1964

Estatui normas de direito financeiro para elaboração e controle dos orçamentos e balanços da União, dos Estados, dos Municípios e do Distrito Federal, abrangendo: Lei do Orçamento e sua composição; Proposta orçamentária; Elaboração da Lei do Orçamento; Exercício Financeiro; Créditos Adicionais; Execução do Orçamento; Fundos Especiais; Controle da execução orçamentária; Contabilidade; Autarquias e outras entidades.

2.2.2 Lei de Responsabilidade Fiscal (LRF)

Planejamento

O planejamento que representa da Lei de Responsabilidade Fiscal – LRF (Lei Complementar No. 101 de 04/05/2000), envolve três instrumentos básicos:

- O Plano Plurianual - PPA, que tem a função de estabelecer as diretrizes, objetivos e metas da administração para as despesas públicas, abrangendo um período de quatro anos e que nesse período, o gestor atual trabalha, em seu primeiro ano de mandato, o último ano do PPA elaborado pelo gestor anterior.
- A Lei de Diretrizes Orçamentárias, que o disposto na Constituição Federal elaborada anualmente para o orçamento do ano seguinte, incluir o anexo de Metas Fiscais e o de Riscos Fiscais.
- A Lei Orçamentária Anual, que respeitando as diretrizes estabelecidas na LDO, e os parâmetros e limites fixados na LRF, deverão ser elaborados para administrar o equilíbrio entre receitas e despesas públicas.

Receita Pública

De acordo com o que está previsto no capítulo III da LRF, a instituição, a previsão e a arrecadação de tributos é requisito essencial da responsabilidade na gestão fiscal e, caso não seja cumprida, o ente da Federação será impedido de receber transferências voluntárias. É de responsabilidade do Poder Executivo efetuar no prazo de 30 dias após a publicação do orçamento anual, o desdobramento das receitas em metas bimestrais de arrecadação e informar quais medidas serão utilizadas para evitar a sonegação, a cobrança da dívida ativa e os créditos tributários passíveis de cobrança administrativa.

Despesa Pública

Sobre a Despesa Pública, segundo a LRF, a sua geração é autorizada para a criação, expansão ou aperfeiçoamento de ação governamental, de forma que se estime o impacto do orçamento financeiro no exercício em que deva entrar em vigor e nos dois subseqüentes, e que exista declaração do ordenador da despesa de que o aumento da despesa tem adequação orçamentária e financeira com a lei orçamentária anual e compatibilidade com o plano plurianual e com a lei de diretrizes orçamentárias; e a obrigação de caráter continuado que vigore por um período superior a dois exercícios.

O art. 19 da LRF define que para os fins do disposto no *caput* do art. 169 da Constituição Brasileira, a despesa total com pessoal, em cada período de apuração e em cada ente da Federação não poderá exceder os percentuais da receita corrente líquida (RCL), assim determinado (Quadro 1): I - União: 50%; II - Estados: 60%; III - Municípios: 60%.

Completando, no art. 20 da referida lei, a repartição dos limites globais do art. 19 não poderão exceder os seguintes percentuais: na esfera municipal, os 60% tem limites: a) 6% para o Legislativo, incluído o Tribunal de Contas do Município, quando houver; b) 54% para o Executivo.

Quadro 1: LRF - Limites da despesa com pessoal da receita corrente líquida (RCL)

Esfera Federal	Limite 50%
Poder Legislativo e Tribunal de Contas	2,5%
Poder Judiciário	6,0%
Ministério Público da União	0,6%
Custeio de despesas do DF e ex-territórios	3,0%
Poder Executivo	37,9%
Esfera Estadual	Limite 60%
Poder Legislativo e Tribunal de Contas	3,0%
Poder Judiciário	6,0%
Ministério Público	2,0%
Poder Executivo	49,0%
Esfera Municipal	Limite 60%
Poder Legislativo e Tribunal de Contas	6,0%
Poder Executivo	54,0%

3 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A seguir, serão analisados os resultados relativos à informação contábil e financeira gerada pelos SI dos municípios e regiões do RN, tomando-se como foco à legalidade relativa às atividades das prefeituras, foco deste estudo.

Neste estudo foram analisadas as informações das prefeituras dos portais oficiais das prefeituras, do Tribunal de Contas do RN e do Tesouro Nacional. Adicionalmente, foram aplicados questionários aos contadores e gestores das

informações contábeis e financeiras nas controladorias municipais, para conhecimento da estrutura, utilização, característica e qualidade da informação pesquisada. Os resultados são detalhados nas tabelas e gráficos.

4.1 Região Oeste

A Tabela 2 mostra os limites percentuais da LRF, comparativamente com valores dos municípios pesquisados da região Oeste (população acima de 20.000 habitantes).

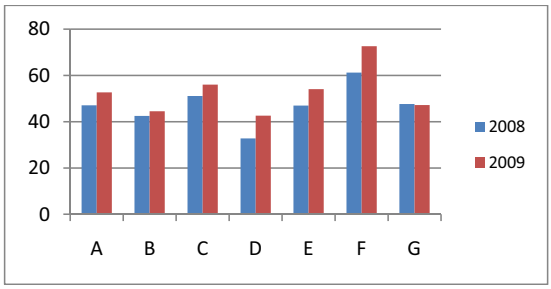
Tabela 2: Despesa com Pessoal em relação à RCL: Região Oeste

Munic	2008		2009	
	% Despesa Pessoal - RCL	Folga p/ limite 54%	% Despesa Pessoal - RCL	Folga p/ limite 54%
A	47,06	6,94	52,67	1,33
B	42,50	11,50	44,52	9,48
C	51,12	2,88	56,01	-2,01
D	32,75	21,25	42,64	11,36
E	46,97	7,03	54,07	-0,07
F	61,20	-7,20	72,62	-18,62
G	47,64	6,36	47,17	6,83
Média	47,03	7,00	52,81	1,18
Região: Despesa / Folga		49,92 / 4,09		

Fonte: Dados da pesquisa

Na Tabela 2 o município "F" ultrapassou o limite de 54% da despesa com pessoal em relação à Receita Corrente Líquida (RCL) em 2008 e 2009, sendo neste exercício o maior valor dos municípios e períodos pesquisados, (-18,62%). Conforme o Gráfico 1 se constata que outros municípios ultrapassaram o limite da LRF (Gráfico 1).

Gráfico 1: Despesa com Pessoal em relação à RCL: Região Oeste



Conforme os dados dos municípios e as respostas dos entrevistados em relação à legalidade, a região Oeste apresentou globalmente a maior média das maiores das quatro regiões (5,0), e a maior média das menores (4,14); a maior média geral (4,64) dos respondentes.

4.2 Região Central

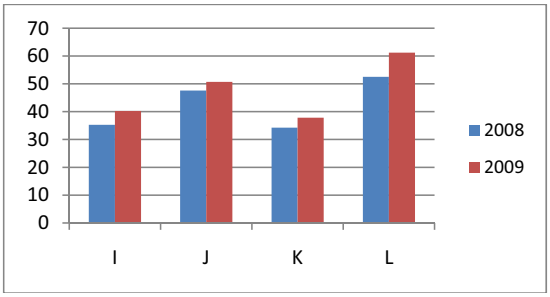
Na região Central foram incluídos 4 municípios (população acima de 20.000 habitantes) e apresentou o resultado menos agravante em relação ao cumprimento da LRF. Apenas o município ("L") ultrapassou em 2009 o limite de 54% (-7,20%), conforme mostra a Tabela 3.

Tabela 3: Despesa com Pessoal em relação à RCL: Região Central

Munic	2008		2009	
	% Despesa Pessoal	Folga p/ limite 54%	% Despesa Pessoal	Folga p/ limite 54%
H	35,28	18,72	40,25	13,75
I	47,61	6,39	50,70	3,30
J	34,27	19,73	37,84	16,16
K	52,54	1,46	61,20	-7,20
Média	42,42	11,57	47,50	6,50
Região: Despesa / Folga		44,96 / 9,03		

Fonte: Dados da pesquisa

Gráfico 2: Despesa com Pessoal em relação à RCL: Região Central



Comparando com as demais regiões em relação à legalidade, de acordo com os usuários das controladorias municipais, a região Central, obteve das respostas:

- terceira maior média das quatro regiões (4,75) juntamente com a região do Agreste;
- segunda maior média das menores (4,0);
- terceira maior média geral do estudo (4,45).

4.3 Região Agreste

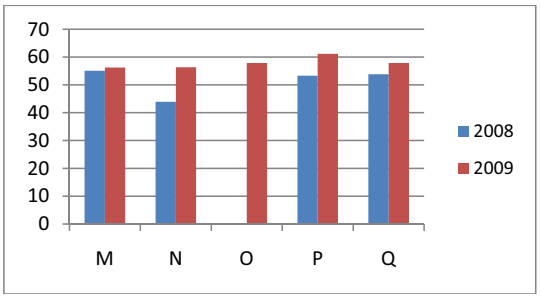
Em 2008, a Tabela 4 só um município ultrapassou os 54% da LRF (-1,07); em 2009 todos os municípios ultrapassam este limite. Portanto, a região Agreste é a 2ª pior em ocorrências de ultrapassagem do limite de 54% da LRF.

Tabela 4: Despesa com Pessoal em relação à RCL: Região Agreste

Munic	2008		2009	
	% Despesa com Pessoal	Folga p/ limite 54%	% Despesa com Pessoal	Folga p/ limite 54%
M	55,07	-1,07	56,24	-2,24
N	43,94	10,06	56,32	-2,32
O	-	-	57,86	-3,86
P	53,33	0,67	61,19	-7,19
Q	53,85	0,15	57,88	-3,88
Média	51,54	2,45	57,90	-3,90
Região: Despesa / Folga		54,72 / - 0,72		

Fonte: Dados da pesquisa

Gráfico 3: Despesa com Pessoal em relação à RCL: Região Agreste



Em termos de legalidade, a região Agreste, obteve:

- segunda maior média dentre as maiores (4,8) juntamente com a região Central;
- segunda maior média dentre as menores (4,0);
- segunda maior média geral do estudo (4,53).

4.4 Região Leste

Conforme a Tabela 5, a região Leste foi a que mais ultrapassou o limite dos 54% da LRF (4 municípios em 2008 e 10 em 2009). No atendimento à legalidade, a região Leste, obteve das respostas dos entrevistados:

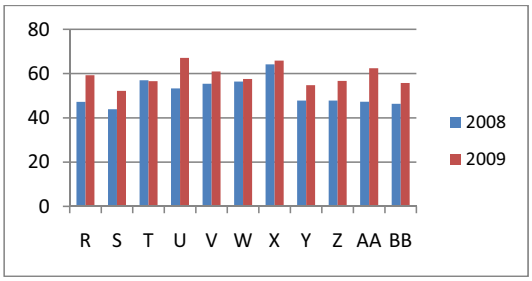
- menor média dentre as maiores (4,73);
- menor média dentre as menores (3,91);
- menor média geral do estudo (4,36).

Tabela 5: Despesa com Pessoal em relação à RCL: Região Leste

Munic	2008		2009	
	% Despesa com Pessoal	Folga p/ limite 54%	% Despesa com Pessoal	Folga p/ limite 54%
Q	47,25	6,75	59,27	-5,27
R	43,90	10,10	52,19	1,81
S	56,96	-2,96	56,59	-2,59
T	53,31	0,69	67,09	-13,09
U	55,42	-1,42	60,93	-6,93
V	56,38	-2,38	57,56	-3,56
W	64,18	-10,18	65,88	-11,88
X	47,84	6,16	54,79	-0,79
Y	47,79	6,21	56,67	-2,67
Z	47,27	6,73	62,41	-8,41
AA	46,35	7,65	55,78	-1,78
Média	51,51	2,49	59,01	-5,01
Região: Despesa / Folga		55,26 / -1,26		

Fonte: Dados da pesquisa

Gráfico 4: Despesa com Pessoal em relação à RCL: Região Leste



4 CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

O objetivo do estudo foi evidenciar a importância da informação contábil e financeira dos SI dos setores de controladoria dos municípios do RN com mais de 20.000 habitantes, em relação à legalidade das atividades das prefeituras.

No atendimento da LRF as regiões Oeste e Central apresentaram os melhores resultados, pois poucos municípios ultrapassaram 54% desta lei; e a região Agreste e Leste tiveram muitos municípios acima de 54%. Contudo, os resultados do estudo mostraram que as informações geradas pelos SI informação utilizados pelas controladorias municipais das regiões estudadas são importantes no atendimento da legalidade e nas atividades de *controle* das prefeituras.

Finalmente, recomenda-se aplicar a pesquisa nos mesmos municípios após algum tempo para constatar se houve ou não evolução dos resultados, e em outros Estados para efeito de comparação e ajudar aos Tribunais de Contas a criarem cenários de qualidade da informação em relação à legalidade. Pode-se ainda, replicar a pesquisa em outros Estados.

REFERÊNCIAS

[1] Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), acesso: 15/12/2010, http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010.

[2] J. D. OLIVEIRA NETO, E. L. RICCIO. Desenvolvimento de um Instrumento para Mensurar a Satisfação do Usuário de Sistemas de Informações Através do Método Survey. In: 13 Asian-Pacific Conference in International Accounting Issues, Rio de Janeiro (RJ), out/2001.

[3] G. M. MORAES, M. L. LOBLER, D. BOBSIN. Percepção dos usuários quanto ao desempenho de Sistemas de Informação em Secretarias de Finanças de três grandes municípios do Rio Grande do Sul. Revista Eletrônica Sistemas & Gestão 1 (2) 156-173. Universidade Federal de Santa Maria. Programa de Pós-graduação em Sistemas de Gestão, 2006.

[4] L. J. CORRAR, C. R THEÓPHILO. Pesquisa Operacional para Decisão em Contabilidade e Administração: Contabilometria. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

[5] L. C. MIRANDA, A. A. SANTOS, F. J. C. S. SAMPAIO, O. J. E BARROS. Concepções dos Usuários sobre o Desempenho dos Sistemas de Informação Contábeis das Secretarias de Finanças Municipais e as Possíveis Características para um Sistema Contábil Ideal. VIII Convenção dos Contabilistas de Pernambuco. Olinda, PE, 2009.

[6] A. J. M. SILVA, Estruturação dos Sistemas de Controle Interno de Prefeituras Municipais do Estado de Pernambuco: Uma verificação baseada no modelo conceitual do COSO, adotado pela INTOSAI. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Ciências Contábeis, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2009.

[7] K. C. LAUDON, J. P. LAUDON, Jane P. Sistemas de informações gerenciais. Trad. Thelma Guimarães. Revisão técnica Belmiro N. João. 7. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007.

[8] A. A. SANTOS. Informática na Empresa. 5ª Ed. São Paulo: Atlas, 2009.

[9] A. F. CARDOSO, C.C. SANTOS, J. R.TOLEDO. O Sistema de Informação Contábil sobre o enfoque da Controladoria para tomada de decisões Empresariais. Revista de Contabilidade do Mestrado em Ciências Contábeis da UERJ, Rio de Janeiro, v.11, n.1, p.1, jan./jun. 2006.

[10] D. V. LIMA, R. G. CASTRO. Contabilidade Pública: integrando União, Estados e Municípios (SIAFI e SIAFEM). São Paulo: Atlas, 2000.

Wikis supporting research workshops in higher education

Prospective use in Cuban universities

Roberto C. Rodríguez-Hidalgo, Aida M. Torres-Alfonso
Departamento de Tecnología Educativa
Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas (UCLV)
Santa Clara, Cuba

Chang Zhu, Frederik Questier
Department of Educational Sciences
Vrije Universiteit Brussel (VUB)
Brussels, Belgium

Abstract—**This paper reports the results of a pilot study conducted on a Cuban Higher Education setting. A classroom of twenty students of the Sciences of Information career at Central University "Marta Abreu" of Las Villas (UCLV[1]) was inquired during the use of a wiki tool supporting a research workshop in the course of Databases Theory (DBT). The purpose of this study is to test the following hypotheses: (1) the collaboration supported by social software reinforces the peer relationships among the students of the class and (2) improves the time efficiency of the students and instructors (stakeholders) participating in these collaborative activities. A survey and several interviews were conducted to gather data about the social network the students formed for studying DBT, and about the time they spent on that. The results of these instruments were contrasted with the results of an observation conducted during the collaborative activities. The data of the students' achievements and social network state using the wiki tool were compared to similar data from other two precedent, non-wiki-supported research workshops. The use of the wiki tool was found effective to reinforce the peer learning relationships, and consequently, to improve their achievements on the subject. Finally, the time spent for accomplishing the collaborative learning activities did not decrease significantly during the use of the social software.**

Keywords-collaboration; collaborative learning; Cuban higher education; Databases; graphs theory; networked learning; peer learning relationships; research workshop; social networks analysis; Sciences of Information career; social software; teaching and learning process; Web 2.0; wiki.

I. INTRODUCTION

The role played by the human beings within the social spaces is characterized by a typical phenomenon of our days: the globalization. Education is one of the most influenced sectors by this phenomenon. The growth of the Information Society (IS) [1] has required the support of ICT in the recent years, for avoiding the communication gaps occasioned by its evolution. It caused the development of the Knowledge Society (KS). The virtual nearness –provided by our "global village"- has a great importance because of the paradigmatic change promoting the collaborative practices as pillars of the knowledge building. The strategic transformations in this field of the teaching and learning process are aligned with the necessary synergy among the people who collaborate online.

II. COLLABORATION

Collaboration is a catalyst element in the KS. It contributes to the acceleration of the knowledge building processes; being defined as "an interactive process that engages two or more participants who work together to achieve outcomes they could not accomplish independently" [2].

The achievements of the learning communities depend on its members' activity, whose membership objectives are similar [or identical], accomplished by the collaborative learning support. The collaborative learning is "(…) an instruction method where small groups of students work together for the accomplishment of shared objectives". This term is situated within e-learning by the association with social software, allowing distance collaboration for research, teaching and learning activities [3]. The field of action of Computer-Supported Collaborative Work (CSCW) typifies the ways of acting under collaborative settings in the teaching and learning process.

The collaborative learning in higher education trains the students of the classroom in the ways for effective collaboration. It supposes the joint work for achieving their goals within their Zone of Proximal Development (ZPD) [4]. Learning under these conditions contributes to the dynamics of the students' future work relationships, since the point of view of the acquisition of new competences in the field of collaboration. The development of the students in their specific collaboration group depends on the roles they are capable of playing within different academic levels. The academic levels for Cuban higher education context are the classroom, the academic year, the career, the faculty and the Higher Education Academy (CES[2]).

III. SOCIAL WEB

The expansion of ICT since the 90's submits the KS to constant changes, so that from a sociological point of view

[1] UCLV: Spanish acronym for *Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas*.

[2] CES: Spanish acronym for *Centro de Educación Superior*.

This research was supported by the collaboration project "ICT in Education" between Central University "Marta Abreu" of Las Villas (UCLV) and the Vrije Universiteit Brussel (VUB).

confers KS a sense of *social network*[3] where the members participate in the construction of knowledge. The social Web has emerged as a consequence of using ICT –especially Internet- as a communication medium of social spaces. Actually, it is a reference term used to point out the change from a passive Web –whose users are mostly information consumers- to a collaborative Web –whose users contribute to the creation of knowledge networks. The social software plays a fundamental role supporting the online communities, and so, it contributes to the success of online learning experiences [5].

A. Web 2.0. Tools for the social Web

The Web 2.0 emerges as a result of the evolution of social networks, which are sustained by the communication facilities of the Web supporting the users' interactions. The last decade has been typified by the successive improvement of collaborative practices supported by social software.

Actually, the research on ICT for education is a prioritized field in educational research. The research on Computer-Supported Collaborative Learning (CSCL) has been a revolutionary branch of this field in the last years because of –among others- the efforts of social researchers on studying the behaviors and ways of acting of the people, who use the ICT for collaborating during teaching and learning [6-9].

Many European researchers investigate the Networked Learning (NL) using this term –for practical reasons- as a synonym of CSCL [10]. The NL is understood as the use of internet-based information and communication technologies to promote collaborative and cooperative connections: between learners; between learners and tutors; between a learning community and its learning resources [10-13].

The analysis of social networks in schools and classrooms has been object of research since 70's [14]. Although, the emerging Web 2.0 tools have increased the studies on this topic due to the need on analyzing a great amount of data coming from social interactions in the Web.

IV. Inquiring the Web. Networks analysis

The origin of the networks analysis comes from the evolution of the graphs theory for representing the relationships (edges) among a group of elements (nodes). In online learning these elements represents the stakeholders and the resources they use. Their attributes are considered or not, depending on the nature of the study.

The field of Network Analysis (NA) accumulates the knowledge on examining the networks for the subsequent decision-making. This term appears contextualized in teaching and learning related to Social Networks Analysis (SNA) [15,16]. Many instruments, metrics and methods have been designed for inquiring social networks [14-18]. The growth of social Web has opened a field of research on SNA for studying the structures and dynamics of online communities.

[3] Social network: A set of bonds between social actors providing interpretations about the social behaviors of the actors implied in the network [55].

A. Basic metrics for networks analysis

Almost all metrics for networks analysis derive from primitive metrics whose computation is relatively simple. These metrics are easy to understand when the basic elements of the graphs theory are known.

Better interpretations of social networks are provided by the use of weighted digraphs, where the edges are denoted with weights depending on the strength of the relation they represent [19]. A digraph is a network N integrated by a set of nodes V, and a set of directed edges, E. A directed edge e (e E) is an edge whose endpoint is designated as the tail, denoted as $tail(e)$, and whose other endpoint is designated as the head, denoted as $head(e)$, where $tail(e)$, $head(e)$ V.

1) Degree and isolated nodes

The degree (or valence) of a node v in a network N, denoted $deg(v)$, is the number of proper edges incident on v plus twice the number of self-loops[4]. The higher the degree of a node, the more its possibilities to access the information flowing in the social network. Other degree-metrics are the indegree and the outdegree[5].

A node v is an isolated node when $deg(v)=0$. Isolated nodes in social networks are understood as nodes with minimal possibilities of accessing the information hosted in the other nodes of the network.

2) Graph Density

The density measures how close the network is to complete every possible edge among all pairs of nodes. A full-connected graph/network has a density value equal to 1. The higher the density of a network, the better the connectivity among its nodes. Hence, an added-value of teaching and learning process could be inferred taking into account the principle of "connecting entities" considered in the theory of connectivism[6] [20-23].

B. Graph distance metrics

SNA is supported by many statistical methods which vary on the use of different measures. A lot of these are established on the bases of centrality measures [24-27]. At date, the social researchers have employed these measures for inquiring performance and collaboration in the academy [28-32].

1) Average Shortest Paths

The graph distance, γ, between two nodes u and v is defined as the minimum number of edge-hops required to traverse the network starting from node u and ending at node v (in an undirected network these two values are identical, but not so in a directed network). The average shortest path between all nodes in a network is seen as a measure of the small world effect.

[4] Self-loop: An edge that joins a single endpoint to itself. For a self-loop e, $tail(e) = head(e)$.

[5] Indegree and outdegree: The indegree of a node v in a directed graph is the number of edges directed to v; the outdegree is the number of edges directed from v.

[6] Connectivism: Social learning theory focusing on the emergent forms of learning networks [56].

2) Node Betweeness Centrality

This metric indicates how often a node is found on a shortest path between two nodes in the network.

3) Node Closeness Centrality

This metric indicates how long it will take for information from a node *u* to reach other nodes in the network.

C. Modularity

Real world networks have been shown to separate into logical clusters in which nodes are tightly connected to each other but only loosely connected to nodes outside of their module. Newman's modularity is currently the most widely used metric to measure how modular a network is [33,34]. The meaningful value of Newman's algorithm is set over 0.4 units.

D. Clustering Coefficient

This metric measures how close the neighborhood of a specific node *u* is to a complete subgraph, where the neighborhood of a node is defined as the set of nodes that are immediately adjacent to *u* [35]. It is possible to determine the number of communities integrating a given graph based on the clustering coefficient.

Another cluster-related metric is the number of full connected triads of the network (triangles). It offers a measure of completeness of the network through the three-by-three association of the nodes.

E. Networks visualization

The need of visualizing networks comes from the finding of better ways to understand its structure and main characteristics. The use of nodes and edges as core elements in networks visualization seated the bases for current advances on analyzing large and dense networks [36,37], content authorship [38], as well as networks' clusters and structures [39]. Moreover, the use of eigenvector and eigenvalues has reached a remarkable importance in networks visualization due to the advantages it offers to obtain fast graphic representations [26,28,39,40]. For instance, it is frequently used to explore the structure of huge social networks on Internet.

V. WIKIS

Although the tools provided in the Web for the social interchange are heterogeneous and multi-functional, some of these can be classified as core tools, according with its spread. These are the blogs, the threaded discussions, the chats and the wikis. The extensive presence of technological solutions provided in the Web for installing and using these tools in few steps has generalized its use before others.

A "wiki is a software application that permits to create collectively documents on the web using a simple scheme of labels and marks" [41]. It is a valuable tool for promoting the students interactions for sharing and distributing the knowledge during collaboration [42], even in extra-large classrooms [43]. Wikis have the potential of building up communities where the students collaborate for achieving common objectives [42]. Its use in the classroom comprises an extent variety of activities. Some of these are the independent study to apprehend the knowledge, and the research workshops conducted as problem-solving, both for theoretical and practical solutions finding.

The most diffused wiki software solutions in the Web are MediaWiki, PmWiki, WackoWiki, TWiki, JSPWiki, EditMe, Wikispaces, Socialtext, and WikiWikiWeb. The choice of these solutions for supporting the collaborative learning in higher education depends on the purpose of the course, the topic studied, the functionalities required by the users, the integration with other services and tools, the way of acquiring the software, etc. The planning for its use should be integrated in the instructional design of the study subject, as well as the training of the stakeholders on collaboration and ICT use [44-47].

VI. CLASSROOM WORKSHOPS IN CUBAN HIGHER EDUCATION

The workshop –contextualized in the teaching and learning process- is referred to as the way of intellectual work where small groups of students follow the objectives of developing the scientific research, the teamwork, the group dynamics, and their participation [48]. This type of class is one of the most dynamic instructor-guided activities in the classroom.

Various authors have exposed the classroom workshop as an organizational, educational way of teaching complementing other ways such as the lecture, the training class and the laboratory [49,50]. Other classifications are based on the methodologies followed for its execution. Many kinds of workshops are referred in literature; these are the asking & responding workshops, the dialogue workshops, the presentation workshops, the panels, the round tables, the video debates and their combinations [50].

The asking & responding and the presentation workshops are the most spread types of workshop in Cuban higher education. The panels are developed too, but with a minor frequency. Moreover, their combination allows the students to interchange their ideas about the performed presentations. This kind of interaction is very much used at UCLV, which is one of the most heterogeneous Cuban universities due to the diversity of the careers coexisting on the same campus. The teaching and learning process of this university is characterized by frequent workshops following instructional objectives aligned with the Norms for Educational, Methodological Work in Higher Education [49].

The use of another type of workshop is extended in this setting: the "research workshop". Despite it is not referred in scientific literature, it could be classified as a presentation workshop; according to the methods the instructor follows for the class. It consists of orienting research topics to the students for the later presentation of their findings in the classroom. One or more discussion sessions are organized for the presentations, depending on the complexity of the proposed topics.

VII. TECHNOLOGICAL SETTING IN THE CENTRAL UNIVERSITY "MARTA ABREU" OF LAS VILLAS

The last two decades have imposed new challenges to Cuban higher education. Many instructional processes are evolving from the traditional model. The mission of higher

education today is: to preserve, develop and promote the culture of humanity through the substantive processes, in close relation to the society [51]. Nowadays, ICT is one of the key components for improving the higher education. It is caused by the close relation between the quality of the teaching and learning and the technological settings at the universities.

The UCLV is located in Santa Clara, at the middle of Cuba. It is around five thousand students' university, distributed in five academic years, 13 faculties and 33 careers. This CES[2] regulates the higher education activities of the province of Villa Clara. The UCLV is one of the three principal CES in Cuba, and the most important campus at the central region of the country.

There are almost three thousand personal computers connected at the local Intranet at UCLV, with a similar speed to the other CESs in the country (100 Mbps). It means an improvement of the services, sustained on the fast data interchange between the faculties. Moreover, many faculties are using virtual spaces on the Intranet (shared folders, web sites and e-learning platforms) to publish learning resources. The last changes in Cuban higher education demand a transformation in the curricula. The authorities of the Cuban universities dedicate huge efforts in designing a new generation of curricula –the curricula D- which promotes the b-learning[7] and finds new ways for organizing the teaching and learning process to stimulate the students' specialization. So, it is necessary to offer innovative ways for improving the process efficiency. Are the ICT the correct support to face this challenge?

VIII. WIKIS SUPPORTING WORKSHOPS. A PILOT STUDY

According to the previous introduction, the conditions to face the issue of adopting instructional practices supported by social software are given. Taking into account the diffusion of the social Web in the educational environments, the vast knowledge in the field of ICT in Education and the technological conditions of the UCLV, it is possible to improve the teaching and learning process using this kind of technologies.

The purpose of this pilot study is the subsequent promotion in the Faculty of Sciences of Information and Education (FCIE[8]) [and so in the UCLV] of the use of social software for supporting the collaborative activities in the teaching and learning process. Its specific objectives are the gathering of relevant preliminary data, the designing of the research protocol for a later experiment, and developing and testing of the instruments for this experiment. It is based on the use of a wiki for supporting the collaboration among the students of a classroom during a research workshop. The course of Databases Theory (DBT) hosted this study.

The instructional design of DBT includes three research workshops during the course. Two of them try to promote the discovery learning among the students through the research on transforming methods related to the conceptual, logical, and physical models of databases. The third one tries to deepen the acquired knowledge through the problem solving: the instructor proposes the students the solution of problems related to the acting modes of the professionals of the field of Sciences of Information, and they should apply their knowledge to solve it. All these workshops are supported by the collaboration that the students are capable of managing in their research, while they are assisted by the information resources the instructor of the subject delivers. The students' performance on workshops are evaluated by the instructor, who delivers the independent scores (one score per student per workshop), according to their skills on the following criteria: (1) the knowledge about the topic, (2) the demonstrated collaboration skills, (3) the time management during the final presentation, (4) the coherence in discourse during these presentations, (5) the ICT use and (6) the quality of the research report. All of these criteria are systematized for delivering each student's score –which is among 2 and 5 points[9].

A. Research methodology

A mixed research methodology was used to conduct this study [52,53]. Observational and quasi-experimental research methods were combined to analyze the data gathered through its triangulation, comparing the views on the topic.

The quantitative data collection was performed throughout the study. Two questionnaires were administered for obtaining relevant data on the social network composition and the time employed by the students in their DBT's weekly self-study. Moreover, the data on students' achievements were collected from the instructor's learning outcomes history about the students. These quantitative data was analyzed through descriptive statistics and SNA's methods.

The collected, qualitative data registered the students' collaboration strategies and their perceptions of the course development, as well as their thoughts about the wiki tool. The semi-structured interviews, the interchanged e-mails and the students' contributions in the wiki served as data collection instruments for this purpose, as well as an observation controlled by the instructor of the course.

Content analysis provided a better interpretation of the students' contributions to the wiki and their thoughts about using these kinds of tools for supporting the learning process. Both quantitative and qualitative data were contrasted to obtain the final results on testing the hypothesis of the study.

B. Sample

The sample for this study was 20 students of the career of Sciences of Information (SI) of the FCIE, at UCLV. The study was conducted while the students attended the course of DBT during the second semester of their first academic year. This

[7] Blended-Learning: Instructional method mixing various learning environments.

[8] FCIE: Spanish acronym for Facultad de Ciencias de la Información y de la Educación.

[9] In this system a score of 2 points qualifies the student who did not accomplish the course objectives. The students who inefficiently accomplished the objectives are qualified with 3 points. A score of 4 points is delivered for the students who accomplished the objectives with minor difficulties; and 5 points for the students who did not have difficulties for accomplishing the objectives of the learning activity.

group of students was 18 to 20 years old; including one (1) male and nineteen (19) females.

The students of this course never used social software tools before. They just had the basic competences for using office software (e-mail included). Moreover, they were attending other seven courses during the semester.

C. *Study design and instrumentation*

This study is designed with the purpose of conducting a broader research intending the inclusion of the social software for supporting the collaborative learning in the UCLV in the digital space. It examines the performance of the students during three different moments: (1) before, (2) during and (3) after the social software use for developing the research workshops. A wiki tool was used to support the students' collaborative learning. The data gathered on collaboration after the use of the wiki are contrasted with the data gathered before. An instructor's intervention was executed during the use of the wiki for guiding the students on the acquisition of collaborative skills, because they did not experience the use of this kind of tools before.

1) *Before the wiki use*

This period was characterized by the execution of the first and the second research workshops. Both were performed without using any kind of social software. Moreover, the students just had the information resources on the research topics that the instructor delivered. Three teams were constituted for working on these workshops. Two of them were consisting of seven students; the other was consisting of six. The teams' members worked together during the course since this moment. However, the instructor guided two intermediate sessions to offer the students little tips about the collaboration and research protocols.

Two instruments for data gathering were applied after the second research workshop. The first instrument measured the composition of the social network for learning DBT. The second examined each student's habits learning the subjects whose courses they were attending for in the semester, this one included items for measuring the students' spent time during the semester. Both instruments were applied, as questionnaires, before the execution of the third research workshop.

The figure 1 shows a graph representing the students' network for studying DBT. The image was generated from the data gathered with the first questionnaire. The researcher mapped each student's preferred peers for studying with the weights of the edges among them. The scale used was eight points for the preferred peer and five, three and two for the subsequent ones; the rest of the preferences received one point. A tool for graphs and networks analysis – Gephi[10]- was used in this phase for obtaining and exploring the classroom network. The size of the circle representing each student (node) signifies the connotation of the knowledge socialized by him/her; the greater nodes are the most accessible nodes within this network. So, these are the students whose biggest amount of information flows through.

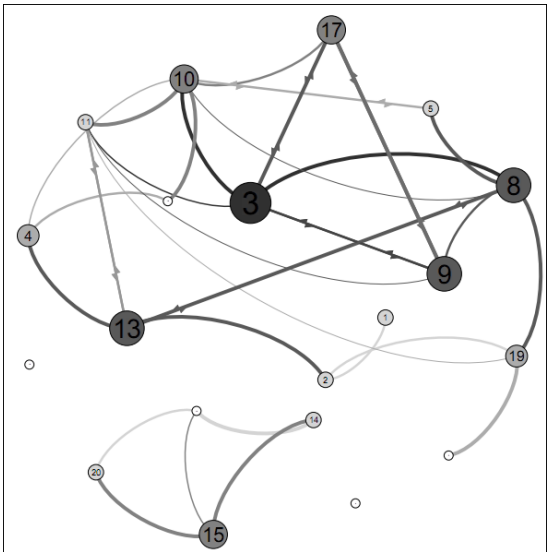


Figure 1. Students' network for studying DBT before using the wiki tool (the numbers identify the students).

2) *During the wiki use*

This phase of the pilot study took place during the execution of the third research workshop of the course, which was supported by a social software tool dubbed "Wiki Docente"[11] –a wiki tool built over the core of MediaWiki[12], designed for this setting. The research teams kept the same membership during this workshop as in the previous workshops. This time the students could ask for instructive sessions on the wiki use, and for being supported in the ways to face the research around the proposed topics. The instructor supported them with the required tips.

Although the "Wiki Docente" allows the communication through discussion forums, this function was not used; the students used the e-mail to ask for help. This issue reduced the complexity of the process taking account that in the course were not planned specific sessions for the students' training in the use of this kind of social software, first time used by them. Then, the intermediate sessions were eliminated under the communication improvement supposed by this new framework, thus the b-learning replaced the classroom attendance sessions. Even though the use of the e-mail in place of the wiki forums just allows the peer-to-peer communication, it was necessary to avoid an additional complexity for the students who never use this kind of tools before.

This workshop –like the others- finished with a final presentation where the research teams presented their findings

[10] Gephi: Free software tool developed over the Java platform. It offers many functions for graphs and networks analysis. Although it is in the testing phase (beta version 0.7) includes facilities for connecting to MySQL and Postgre databases for the users who need to gather data from this kind of sources.

[11] "Wiki for Instruction" could be an approach of the translation of "Wiki Docente" (in Spanish).

[12] The sources of MediaWiki could be found at the website of WikiMedia Foundation (http://www.wikimedia.org/).

in terms of the solution to the proposed problems. This session was planned in the course schedule and all the students attended at the same time, at the same place, for discussing their research with the other teams and with the instructor as moderator of the session. The students were supported by the Wiki Docente for presenting their findings. It was the digital space where they elaborated the final report of the research, whose main issues were previously highlighted by the instructor.

A controlled observation was conducted in this phase for analyzing the students' performance in the virtual collaborative environment (the Wiki Docente). The observation script included items for collecting information about the students' dynamics and the collaborative learning strategies, among others. It was executed during the non-presencial sessions. Although the instructor was in the classroom for executing the observation, he was inactive, according with the research protocol. He just interacted with the students through the digital media.

3) After the wiki use

The student's contributions on the digital environment were analyzed after the pilot study. The artifact used for this purpose was the Wiki Docente, where all the students' inputs were collected and structured by the collaboration of the research teams. Likewise, the composition of the network for studying DBT was explored, as well as the time the students spent for accomplishing the workshops objectives. The data gathered both in this phase and in the "before" phase, were compared for testing the hypotheses of this study.

A semi-structured interview was conducted for inquiring the students about the use of the Wiki Docente and the collaborative research process during the workshop period. It had as main items the students' thoughts about the software and the time spent by them for accomplishing the workshop objectives. Moreover, the Wiki Docente was explored for analyzing the reflections and the knowledge of the students, in addition to the composition of the network. Hereby, the students had the opportunity to compare the collaborative process both with and without the use of the Wiki Docente.

D. Tools for data analysis

The instruments used to analyze the composition of the network and the time spent by the students for studying DBT were applied during each phases of this pilot study. The data collected both before and after the third workshop about the usage of the Wiki Docente were compared.

The analysis of the composition of the network is mainly based on the students' relations for studying, emerged during the execution of the third workshop. Similarly, the quality of the final research reports was compared. It is remarkable that the final reports of the third workshop were shaped from the contributions in the Wiki Docente, so that at the end of the collaborative research period the teams obtained their reports immediately.

The results of the semi-structured interviews and the observation were used for validating the data obtained through the application of the rest of the instruments.

E. Limitations of the study

There is a noteworthy limitation of this study. It concerns to the order of the workshops activities planned in instructional design of the course of DBT. Although the questionnaire for exploring the social network was administered once finished the second workshop, the students who interacted within this course achieved experience in teamwork during the first and second workshops, which could facilitates the collaboration process faced during the third workshop –with the Wiki Docente supporting. Moreover, this issue exposes the study to the Hawthorne effect, which supports the theory of the predisposition of the sample being studied during the experimental activities [54].

IX. RESULTS

The results of this study are organized in four principal issues, which mainly influence the acquisition of new learning strategies by the students and contribute to enlarge the knowledge in the field of CSCL. Likewise, the findings exposed here have a considerably importance due to the stimulation of the stakeholders' reflection about their collaborative learning interactions, independently of the nature of the developed activities.

A. Composition of the network for studying DBT

The data gathered from the content analysis on students' contributions to the Wiki Docente revealed the interactions of the students during the third workshop. The final network structure was obtained from the transformation of these data into relationships. It was taken into account the dynamics of each couple of peers' interchange for assigning the weights of the edges.

An increase on the students' study relationships was perceived. Betweeness and closeness centrality measures indicated a meaningful change according to the network's composition when compared the moments before and after the use of the Wiki Docente (Table 1). It means an improvement of the students' access to the information flowing through the network nodes, and so a potential improvement of the students' learning possibility, perceived from the increase of the knowledge access probability.

TABLE I. VALUES OF THE NETWORK METRICS, BEFORE AND AFTER THE WIKI USE.

Metric	Before	After
Isolated nodes	5	1
Directed edges	36	102
Graph Density	0.095	0.268
Shortest Paths	123	326
Average Shortest Paths	2.528	1.995
Average Betweeness Centrality	0.055	0.126
Average Closeness Centrality	0.987	0.450
Modularity	0.389	0.435*
Clustering Coefficient	0.225	0.617
Number of Communities	7	3
Triangles	12	149

There is a perceived augment in the directed edges between the students interacting in this network (from 36 to 102); it

contributes to increase the graph density and clustering coefficients of the nodes (a comparing of the Figure 2 with the Figure 1 offers a better interpretation of this issue). Likewise, the quantity of triangles augmented from 12 to 149. These issues contribute to the improvement of the learning possibilities through the increase of the information flowing among the network nodes.

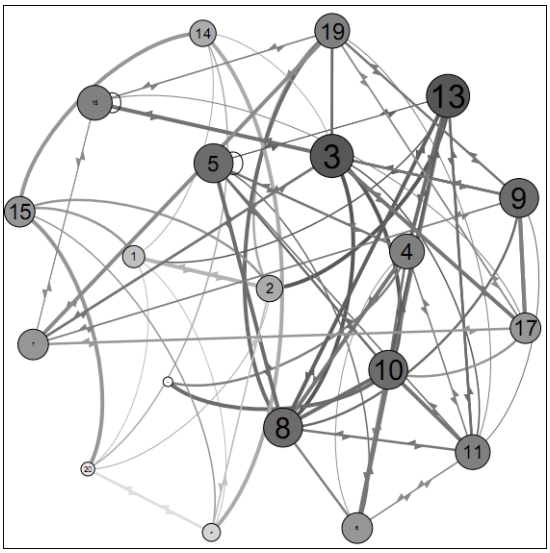


Figure 2. Composition of the network for studying DBT after using the wiki tool (the numbers identify the students; this enumeration matches with the Figure 1 enumeration).

It was found that after the use of the Wiki Docente the number of communities in the network decreased from seven to three, according to a comparing based on the modularity test. The significant value (0.435) indicated by the modularity test surpasses the value before using the wiki (0.389). Moreover, there was a meaningful augment in the quantity of shortest paths of the network (from 123 to 326), which could be considered as an improvement taking account the efficiency of the time spent by the students for finding information through the interaction with their classmates. The perceived improvement of the density of the network (from 0.095 to 0.268 units) influences the reduction –from five to one- of isolated students (nodes) within the network after the third workshop, which means an improvement in terms of the students' success in the third workshop.

The integration of new research teams for subsequent studies –alternating the number of members and the teams' membership- is recommendable, taking care of each student's characteristics. It supposes an improvement of the network for studying the subject due to the growth of new study relations among the students, which could increase the completeness degree of the network. Also, it is suggested the use of new collaboration strategies during the workshop development, taking into account that the observation in this study registered the use of a unique, collaborative strategy. It consisted on the distribution of the proposed topics among the students of each team for the subsequent posting of their findings in the Wiki Docente –as chunks of the final report. It could be a lack in terms of the necessary consensus in favor of the effective achievement in collaborative learning activities.

B. Spent time

The time spent by the students for researching the third workshop topics were not considerably minor than in the other workshops. The questionnaire they filled was analyzed statistically, correlating the spent time during the first two workshops with its results in terms of the students' scores. This correlation did not have a meaningful value, it was of 0.407 (SD=0.887). Likewise, there was no correlation between the spent time during the third workshop and its scores, resulting in a non-significant correlation of 0.212 (SD=0.513). Moreover, the spent time for the third workshop realization does not differ of the spent time for the previous workshops; it was tested by the spent time means: 1.95 hours per student before and 1.66 hours after the third workshop. However, the standard deviation decreased from 1.37 to 0.73, as well as the differences between the minimum and maximum values of the spent time (6.00 hours before and 2.50 hours after), indicating a higher homogeneity for this variable. This homogeneity was corroborated through the semi-structured interviews, where the students stated that during the third workshop their teamwork was intensified, compared with the previous workshops. It contributed to eliminate the collaborative learning lacks like passive or null participation of the students during these activities.

The analysis of the time refutes the second hypothesis proposed in this study, which states that the use of the Wiki Docente for supporting the collaborative activities improves the time efficiency of the students in this context. However, there is a perceived improvement in the collaboration process for achieving the objectives proposed for the activity, where the students' participation is more active than in activities without ICT supporting. This issue was referred by the students in the semi-structured interviews, whose 75% –six (6) of eight (8) interviewed students- expressed that the additional complexity of using the wiki tool required a higher amount of time for the workshop realization. Contrariwise, it was found a reduction of the time the instructor spent on guiding this kind of activities. It is a consequence of the introduction of b-learning practices supported by ICT tools for coordinating and controlling the teaching and learning process.

C. Students' contributions to the Wiki Docente

The analysis of the students' contributions to the digital space provided by the Wiki Docente is based on the results obtained by them in the final report of the workshop, one of the evaluated issues during the research process. The mean of the scores of the final reports shows a significant improvement on this issue. It was increased from 3.03 points (SD=1.08) to 5.00 points (SD=0.00) for the third workshop, achieving a constant behavior.

A better knowledge of the students is appreciated on the topics of the third workshop, according with the means analysis made about this issue for the first two workshops (M=3.53

points) and for the third workshop (M=3.90 points). Although there is no a significant difference between these means, is remarkable that the topics proposed for researching during the third workshop had a higher complexity than in the other two workshops due to the requirements for organizing the theoretical and practice contents of the subject of DBT.

Resuming, there is an appreciable improvement in the quality of the students' contributions, verified by the structure of the Wiki Docente and by the scores achieved during the third research workshop. This improvement comes from the instructor possibilities for a better guiding and controlling through the wiki scaffolding.

D. Peer to peer interchanges

Although the Wiki Docente provides effective tools for supporting the discussions and coordination within the digital space, the e-mail was used in place of these tools. This decision was in correspondence with the specific setting, where the students have incorporated the e-mail as the preferred communication tool they use during the teaching and learning process. The e-mail was used by the students for clearing their doubts about the wiki use, and occasionally, about the topics for researching in the workshops. The instructor responded them with the required tips about the wiki use, taking into account that this was the first time they used this kind of tool and they did not have a previous training on collaboration supported by ICT. A mailing-list was used for this porpose.

It is recommendable the use of the online forums provided by the Wiki Docente for its subsequent use in the teaching and learning process. This way the instructor could monitor the student-student interactions in addition to the student-instructor interactions, increasing the feedback among every peer in the process. Moreover, these communication choices could be used in other setting where the access to the e-mail is not effective [or preferred]. Likewise, it is suggested the use of RSS [13] channels integrated with the proposed topics of the workshop for controlling the activity through the monitoring of the contributions in the digital space of the Wiki Docente.

X. DISCUSSION AND CONCLUSSIONS

This pilot study inquired into the collaborative activities during the teaching and learning process using social software tools. In this case, a wiki tool –dubbed Wiki Docente- was used for supporting a research workshop of the DBT subject of the SI career at UCLV. Four issues characterizing this setting were investigated: (1) the composition of the network for studying DBT, (2) the time spent by the students for studying this subject, (3) the students' contributions within the digital space provided by this collaborative tool and (4) the peer to peer interchanges during the workshop development.

The analysis of the results of this study related to the current conditions of the Cuban higher education supposes extensible the experience of using this kind of social tools –the wikis- within other undergraduate subjects. It is demonstrated that a better engagement of the students is obtained by this way, based on the homogenization of their participation in the research process, as well as in the quality of the elaborated research reports. Although the time spent by the students during the use of the wiki tool does not differ significantly from the common setting, it is possible to shape strategies allowing its efficient use in this direction.

The findings of this pilot study include the data gathered from the referred setting, which will be used for a subsequent needs analysis about the use of ICT for collaborating in the teaching and learning process. It will be used for validating the instruments and the social software tools, designed for a subsequent experiment whose research protocol is validated too. The following recommendations have emerged from the analysis of the faced situations during the use of the Wiki Docente; these could be useful for improving the wiki effectiveness in subsequent undergraduate activities:

- Forming new research teams, alternating its number of members and membership.
- Providing the students with various collaboration strategies for executing the research process.
- Using the online forums of the Wiki Docente instead of the e-mail for supporting the students' communication.
- Using the RSS channels for controlling the contributions and discussions on the digital space.
- Promoting the use of references to the resources for a better supporting of the students' contributions. The Wiki Docente should include this function.
- Warranting the training of the students for acquiring the necessary skills to use this kind of tools.
- Providing the instructors with less complex tools for analysing the composition of the classroom network.
- Improving and increasing the ways of feedback between students and instructors through the digital space –e.g. through online questionnaires.

Another remarkable issue in this kind of activities is the attitude of the peers towards collaboration. The higher the capability and interest of the students and instructors towards the collaborative practices development, the better achievements will be obtained in the teaching and learning process. It warrants new acting modes for the future professionals whose potentialities are in the hands of the higher education.

REFERENCES

[1] D. Bell, The coming of post-industrial society: A venture in social forecasting, New York, NY: Basic Books, 1976.

[2] J. Salmons and L. Wilson, Handbook of research on electronic collaboration and organizational synergy, New York, NY: Information Science Reference, 2009.

[3] K.L. Murphy, L. Cifuentes, and Y.-C.D. Shih, "Online collaborative documents for research and coursework," TechTrends, Atlanta, GA: 2004, pp. 40-46.

[4] L.S. Vygotsky, Mind in society: The development of higher psychological processes, Cambridge, MA: Harvard University Press, 1978.

[13] RSS: Acronym for Really Simple Syndication.

[5] O. Muniz-Solari and C. Coats, “Online experiences,” International Review of Research in Open and Distance Learning, vol. 10, 2009.

[6] M. Valcke and R. Martens, “The problem arena of researching computer supported collaborative learning: Introduction to the special section,” Computers & Education, vol. 46, 2006, pp. 1-5.

[7] C.L.Z. Gress, M. Fior, Aa.F. Hadwin, and P. Winne, “Measurement and assessment in computer-supported collaborative learning,” Computers in Human Behavior, 2007.

[8] B.G. Silverman, “Computer supported collaborative learning (CSCL),” Computers and Education, vol. 25, 1995, pp. 123-129.

[9] G. Kanselaar, G. Erkens, J. Jaspers, and H. Schijf, “Computer supported collaborative learning,” Teaching and Teacher Education, vol. 17, 2001, pp. 123-129.

[10] M.D. Laat, V. Lally, L. Lipponen, and R.-J. Simons, “Investigating patterns of interaction in networked learning and computer-supported collaborative learning: A role for social network analysis,” Computer-Supported Collaborative Learning, 2007.

[11] S. Liping, Song; Yinchi, “Structure study on e-invisible college by SNA,” Journal of the China Society for Scientific and Technical Information, vol. 26, 2007, pp. 902-908.

[12] S. Chen, Zuo Lian; Watanabe, “A case study of applying SNA to analyze CSCL social network,” International Conference on Advanced Learning Technologies, ICALT, eds., Niigata, JP: 2007, pp. 18-20.

[13] H. Xia, R. Wang, and S. Hu, “Social networks analysis of the knowledge diffusion among university students,” 2009 Second International Symposium on Knowledge Acquisition and Modeling, Nov. 2009, pp. 343-346.

[14] M.T. Hallinan, “A structural model of sentiment relations,” American Journal of Sociology, 1974, pp. 364-378.

[15] K. Numela, E. Lehtinen, and T. Palonen, “Evaluating CSCL log files by social network analysis,” Computer Supported Collaborative Learning, 1999.

[16] S. Wasserman and K. Faust, “Social network analysis: methods and applications,” 1995.

[17] G. Bartal, Alon; Sasson, Elan; Ravid, “Predicting links in social networks using text mining and SNA,” 2009 International Conference on Advances in Social Networks Analysis and Mining, ASONAM, eds., Athens, GR: 2009, pp. 131-136.

[18] C. Thovex and F. Trichet, A multidisciplinary model of dynamic and semantic social networks analysis for institutions, IEEE, 2010.

[19] J.L. Gross and J.A.Y. Yellen, eds., Handbook of graph theory, New York, NY: CRC Press, 2003.

[20] G. Siemens, “Knowing knowledge,” Lulu.com, 2006.

[21] G. Atwell and P. Pumilia, “The new pedagogy of Open Content: bringing together production, knowledge, development, and learning,” Data Science Journal, vol. 6, 2007.

[22] J. Cross, Informal learning, Pfeiffer, 2007.

[23] S. Downes, “E-learning 2.0,” ACM eLearn Magazine, 2005.

[24] L. Freeman, “Centrality in social networks: ii. experimental results,” Social Networks, vol. 2, 1980, pp. 119-141.

[25] L. Freeman, “Centrality in social networks conceptual clarification,” Social Networks, vol. 1, 1979, pp. 215-239.

[26] C.T. Butts, “Social network analysis: A methodological introduction,” Asian Journal Of Social Psychology, vol. 11, Mar. 2008, pp. 13-41.

[27] L.C. Freeman, “A set of measures of centrality based on betweenness,” Sociometry, vol. 40, Mar. 1977, pp. 35-41.

[28] E. Yan and Y. Ding, “Applying centrality measures to impact analysis: A coauthorship network analysis,” Journal of the American Society for Information Science and Technology, vol. 60, Oct. 2009, pp. 2107-2118.

[29] A. Coromina, L; Guia, JCoenders, G; Ferligoj, “Duocentered networks,” Social Networks, vol. 30, Jan. 2008, pp. 49-59.

[30] L. Lella and I. Licata, A new model for the organizational knowledge life cycle, Singapore: World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., 2009.

[31] H. Wi, J. Mun, S. Oh, and M. Jung, “Modeling and analysis of project team formation factors in a project-oriented virtual organization (ProVO),” Expert Systems with Applications, vol. 36, Apr. 2009, pp. 5775-5783.

[32] A. Abbasi and J. Altmann, On the correlation between research performance and social network analysis measures applied to research collaboration networks, IEEE, 2011.

[33] P.J. Mcsweeney, Gephi network statistics, 2010.

[34] P. Van Mieghem, X. Ge, P. Schumm, S. Trajanovski, and H. Wang, “Spectral graph analysis of modularity and assortativity,” Physical Review E, vol. 82, Nov. 2010, pp. 1-11.

[35] D.J. Watts and S.H. Strogatz, “Collective dynamics of ‘small-world’ networks.,” Nature, vol. 393, Jun. 1998, pp. 440-2.

[36] J.-D. Fekete, Visualizing networks using adjacency matrices: Progresses and challenges, IEEE, 2009.

[37] H. Fuji, S. Nakai, H. Matoba, and H. Takano, Real-Time Bifocal Network-Visualization, IEEE, .

[38] R.R.T. Santamaría, “Overlapping clustered graphs: Co-authorship networks visualization,” SG ’08 Proceedings of the 9th international symposium on Smart Graphics, Berlin, DE: Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, 2008, pp. 190 - 199.

[39] A.J. Seary and W.D. Richards, “Spectral methods for analyzing and visualizing networks: an introduction,” Workshop on Dynamic Social Network Modeling and Analysis, B.R.C.K.P. P, ed., Burnaby, BC: 2002, pp. 1-20.

[40] R.A. Hanneman, Introduction to social network methods, 1998.

[41] L. Moreno, C. Gonzalez, I. Castilla, E. Gonzalez, and J. Sigut, “Applying a constructivist and collaborative methodological approach in engineering education,” Computers & Education, vol. 49, 2007, pp. 891-915.

[42] L. Logan-Rich, W. Cowan, S.D. Herring, and W. Wilkes, “Collaborate, engage, and interact in online learning: Successes with wikis and synchronous virtual classrooms at Athens State University,” 14th Annual Instructional Technology Conference, 2009, pp. 1-14.

[43] P. Aborisade, “Investigating a Nigerian XXL-cohort wiki-learning experience: Observation, feedback and reflection,” Electronic Journal of e-Learning, vol. 7, 2009, pp. 191-202.

[44] F. Prinsen, M. Volman, J. Terwel, and P. Vandeneeden, “Effects on participation of an experimental CSCL-programme to support elaboration: Do all students benefit?,” Computers & Education, vol. 52, 2009, pp. 113-125.

[45] B. Teclehaimanot and G. Mentzer, “Teacher education faculty perceptions of the integration of technology into their courses: An exploratory study,” 31st annual Proceedings: Selected research and development papers presented at the Annual Convention of the Association for Educational Communications and Technology, M. Simonson, ed., Orlando, FL: Nova Southeastern University, 2008, pp. 188-192.

[46] A.Z. Özgür and B. Batmaz, “How effective is the use of videconferencing in distance education? Capabilities and limitations: an overview of Anadolu University Experience,” 31st annual Proceedings: Selected research and development papers presented at the Annual Convention of the Association for Educational Communications and Technology, M. Simonson, ed., Orlando, FL: Nova Southeastern University, 2008, pp. 167-177.

[47] K. Cekerol, “Face-to-Face Support for distance learners in a mega University,” 31st annual Proceedings: Selected research and development papers presented at the Annual Convention of the Association for Educational Communications and Technology, M. Simonson, ed., Orlando, FL: Nova Southeastern University, 2008, pp. 64-70.

[48] S. Sánchez-Cerezo, J.L. Castillejo-Brull, and J. Mesanza-López, Dictionary of the Educational Sciences, Mexico, D.F.: Santillana, S.A. de C.V., 2003.

S. Sánchez-Cerezo, J.L. Castillejo-Brull, and J. Mesanza-López, Diccionario de Ciencias de la Educación, México, D.F. Editorial Santillana, S.A. de C.V., 2003.

[49] MES, "Norms for educational, methodological work in Cuban higher education," 2007, pp. 1-37.

MES, “Reglamento para el Trabajo Docente y Metodológico en la educación superior,” 2007, pp. 1-37.

[50] M. García-Hernández, M. Lugones-Botell, and L. Lozada-García, "Theorethical and methodological considerations about the workshop," Cuban Journal of General, Integral Medicine, vol. 22, 2006, pp. 1-7.

M. García-Hernández, M. Lugones-Botell, and L. Lozada-García, “Algunas consideraciones teóricas y metodológicas sobre el seminario,” Revista Cubana de Medicina General Integral, vol. 22, 2006, pp. 1-7.

[51] P. Horruitiner-Silva, "The university in the current age," The Cuban university: the professionals formation model, La Habana, CU: 2007, pp. 1-12.

P. Horruitiner-Silva, “La universidad en la época actual,” La Universidad Cubana: el Modelo de Formación, La Habana, CU: 2007, pp. 1-12.

[52] Z. Todd, B. Nerlich, S. McKeown, and D. Clarke, Mixing methods in psychology, Hove: Psychology Press, 2004.

[53] I. Silverman, “Why social psychology fails,” Canadian Psychological Review, vol. 18, 1977, pp. 353-8.

[54] M. Hansson and R. Wigblad, “Recontextualizing the Hawthorne effect,” Scandinavian Journal of Management, vol. 22, Jun. 2006, pp. 120-137.

[55] F. Requena-Santos, "The concept of social network," Reis, 1989, pp. 137-152.

F. Requena-Santos, “El concepto de red social,” Reis, 1989, pp. 137-152.

[56] R. Klamma, “Emerging research topics in social learning,” Proceedings of the 7th International Conference on Networked Learning 2010, 2010, pp. 224-231.

SIGLuz-EE – Aplicação WebSIG para gestão de uma rede de iluminação pública camarária, desenvolvida num contexto de Aprendizagem Baseada em Projectos

Luís Jorge Gonçalves
Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Águeda /GeoBioTec
Universidade de Aveiro
Águeda, Portugal
luisjorge@ua.pt

Flávio José Estanqueiro Lé
Divisão de Estratégia e Planeamento
Câmara Municipal de Águeda
Águeda, Portugal
flavio.le@ua.pt

Pedro Colarejo
Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Águeda
Universidade de Aveiro
Águeda, Portugal
pcolarejo@ua.pt

Estima de Oliveira, J.P.
Instituto de Engenharia Electrónica e Telemática de Aveiro
Departamento de Electrónica, Telecomunicações e Informática, Universidade de Aveiro
Águeda, Portugal
jeo@ua.pt

Resumo — **As redes de iluminação pública camarárias encontram-se mal cadastradas, com duplicação de informação pelos vários actores da sua gestão. Neste artigo descreve-se o desenvolvimento de uma aplicação SIG para gestão deste tipo de infraestruturas para um dos concelhos líderes no sector da iluminação (Águeda), que permite a caracterização e localização dos seus elementos de cadastro. A aplicação é baseada no paradigma de software aberto, em ambiente Web, desenvolvida num contexto de aprendizagem baseada em projectos.**

Palavras-chave - SIG; software aberto; rede de iluminação pública

I. Introdução

A Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Águeda (ESTGA) implementa, desde o ano lectivo 2001/2002, na sua oferta formativa de cursos tecnológicos um Modelo de Aprendizagem Baseado em Projectos, onde o ponto de partida consiste na resolução de problemas tanto quanto possível relacionados com situações concretas reais e multidisciplinares.

Os projectos são desenvolvidos em trabalho de grupo, sendo atribuído um espaço físico de trabalho a cada grupo de alunos. Cada grupo é acompanhado por um docente, o Orientador do projecto, cujo papel é o de apoiar os alunos no desenvolvimento das suas aprendizagens. A avaliação dos projectos tem por base um relatório final e uma defesa pública que inclui uma apresentação do trabalho por todos os alunos do grupo, seguida de um período de discussão com um júri. Este júri é composto por três elementos, entre eles o Orientador do projecto. É prática corrente e incentivada que um dos restantes elementos do júri seja externo à instituição. Nas disciplinas, quer associadas, quer autónomas, são incentivadas práticas de aprendizagem activa.

Neste contexto, no ano lectivo de 2009/2010 o *Lighting Living Lab* (LLL) e a Câmara Municipal de Águeda (CMA) propuseram um desafio aos docentes do Projecto Temático em Aplicações SIG, do Curso de Licenciatura em Tecnologias da Informação (2º ano/ 2º semestre), consistindo no desenvolvimento de uma aplicação informática para suporte à gestão da infra-estrutura de iluminação pública camarária.

A rede de iluminação pública é um exemplo típico de gestão actualmente ainda em vigor a nível nacional das instalações consumidoras de energia, encontrando-se mal cadastrada, com duplicação de informação pelos vários intervenientes, sendo necessária uma nova abordagem para a sua gestão, de forma a se atingirem objectivos nacionais e europeus relativamente à utilização da energia e preservação do meio ambiente.

O projecto tinha como objectivo fundamental o desenvolvimento de uma aplicação informática para gestão da rede de iluminação pública camarária, permitindo a caracterização e localização dos seus elementos de cadastro. Deveria ter por base o paradigma de software de código aberto, com recurso a uma base de dados com a capacidade de

armazenar informação e funções de índole geográfica, disponibilizando essa informação através de um *browser*. Seria então possível elaborar consultas/actualizações com base nas características definidas para os elementos identificados e apresentar geograficamente a informação com a respectiva informação alfanumérica.

Identificaram-se imediatamente duas premissas fundamentais:

- acesso universal (Web) a utilizadores credenciados (público em geral e técnicos), com níveis de visualização/actualização necessariamente diferentes; e,
- implementação em código aberto (*open source*).

O desenvolvimento de uma aplicação SIG com estes requisitos funcionais, sendo a solução que oferece maior flexibilidade de consulta/actualização de dados, implica que as dificuldades de implementação sejam inversamente proporcionais, sobretudo tendo em conta as condicionantes relativas ao plano curricular do curso:

- os alunos (2º ano do Curso TecnoIogias de Informação) iriam ter o primeiro contacto com a tecnologia SIG e as idiossincrasias da informação geográfica (sistemas de projecções, *data*, modelos e estruturas de dados, etc.) **e** com as aplicações Web, neste caso noutro projecto a decorrer paralelamente (Projecto Temático em Tecnologias Web);
- uma vez que o objectivo primordial do Projecto em Aplicações SIG é dar a conhecer o enquadramento desta tecnologia no âmbito dos outros sistemas de informação, seria necessário demonstrar a grande panóplia de funcionalidades dos SIG em várias áreas/sectores de actividade, com diferentes requisitos e funcionalidades.
- desenvolvimento de algoritmos/funções SIG em código aberto, sendo necessário programação de rotinas unicamente disponíveis em software comercial.

II. METODOLOGIA

Uma vez que as necessidades das entidades proponentes eram, à partida, diferentes, houve necessidade de harmonizar os requisitos (de dados e funcionais) da aplicação informática. Os requisitos específicos acordados entre os proponentes enumeram-se seguidamente, de forma sumária:

- Caracterização individualizada dos pontos de Iluminação Pública e Exterior do Concelho de Águeda e disponibilização da informação por equipamento de forma detalhada quando solicitado pelo utilizador;
- Acesso à base de dados para consulta e introdução/actualização de dados;
- Acesso à informação sobre os equipamentos existentes no terreno e colocados na base de dados,

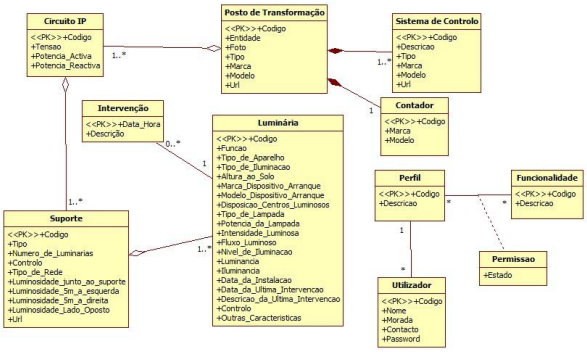


Figura 1 – Diagrama de conceitos da aplicação SIGLuzEE

com vários níveis de utilização (consulta, gestão, operação);

- Disponibilização da informação por área geográfica, indicando de uma forma agregada as características base e os respectivos equipamentos (por exemplo seleccionando uma área no mapa/monitor);
- Disponibilização da informação associada ao funcionamento do equipamento (consumos de energia, horas de funcionamento, sistema de controlo, circuito eléctrico de alimentação, etc.);
- Ser implementado numa arquitectura de software de código aberto;
- Disponibilizar o acesso via Web ao público em geral, para visualização da informação básica (quantidades de equipamentos por rua, por área, com a descrição do tipo de equipamento instalado) do sistema de iluminação pública; disponibilizar o acesso via Web a utilizadores credenciados para acesso a informação mais detalha e com possibilidade de actuação sobre a rede de iluminação pública (IP);
- Disponibilização da informação de forma simplista, com possibilidade de acesso a mais detalhes (por exemplo, seleccionando uma luminária, deve ser dada a informação básica sobre as luminárias e o seu estado, ligada/desligada); deverá ser ainda possível solicitar que seja expandida até ao fim a rede de IP (por exemplo, seleccionando um determinado posto de transformação (PT) ou contador, devem aparecer todos os seus "filhos", desde controladores, luminárias, lâmpadas, etc.) e o inverso deve também ser possível.
- A ferramenta informática deve permitir e prever o seu desenvolvimento futuro, sendo criado um manual de programação/expansão da ferramenta.

Procedeu-se ao levantamento físico de alguns elementos de uma área piloto (centro da cidade de Águeda) e carregamento de alguma informação relevante:

- implementação da cartografia de base, importando levantamentos topográficos à escala 1:2000, da CMA;
- levantamento físico e georeferenciação dos PTs/caixas IP, luminárias e respectivos atributos;
- medição da performance (luminância) dos pontos de luz (em quatro pontos diferentes para cada luminária) na área piloto, utilizando equipamento específico.

Realizaram-se várias reuniões com as entidades proponentes para novo escrutínio dos requisitos e respectiva validação. A figura 1 apresenta o diagrama de conceitos que representa as classes, atributos e relacionamentos inferidos a partir do estudo de definição do sistema.

Foram criados vários diagramas de casos de utilização e procedeu-se à definição do modelo dinâmico (com as funções do sistema e esquematização dos vários cenários) e do modelo estrutural. A título de exemplo, pela sua importância, apresenta-se apenas a organização da solução através do diagrama de pacotes, que incluem componentes que partilham características específicas, seguindo o esquema lógico apresentado na figura 2.

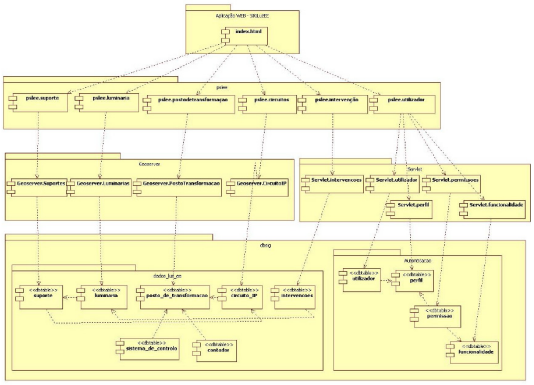


Fig. 2 - Diagrama de pacotes

O núcleo do sistema desenvolvida é uma aplicação Web. A camada de apresentação é construída com recurso às bibliotecas Javascript *ExtJS*, *GeoExt* e *Openlayers*. As primeiras duas API's permitem o desenvolvimento de uma interface na web muito semelhante aos programas tipo desktop (sendo que a biblioteca *GeoExt* inclui algumas classes dirigidas a funções de índole geográfica) e a biblioteca *OpenLayers* providencia o contexto geográfico, sendo possível a visualização integrada de *layers* cartográficos de diferentes origens. Os dados utilizados pelo sistema estão armazenados numa base de dados *PostgreSQL* (com a extensão espacial PostGIS), sendo os dados geográficos e de cadastro apresentados ao utilizador com simbolização adequada, recorrendo ao *middleware GeoServer*, utilizando serviços web definidos pelo Open Geospatial Consortium (OGC) .

O contexto cartográfico é apresentado recorrendo ao protocolo Web Map Service (WMS) e o cadastro das infraestruturas ao protocolo transaccionável Web Festure Service (WFS-T), já que os gestores do sistema terão necessidade de capacidades de edição sobre os elementos da rede. No entanto, para o público em geral, com credenciais de acesso mais limitadas, estes últimos elementos são "servidos" ns interface com base no primeiro protocolo.

O modelo de instalação é descrito na figura 3.

III. RESULTADOS

A aplicação desenvolvida neste artigo, desenvolvida numa parceria entre a ESTGA, Câmara Municipal de Águeda e o Lighting Living Lab, encontra-se numa fase operacional, tendo servido inclusivamente, na sua fase de implementação, de suporte ao estudo de novos projectos de instalação de led's para a rede pública de iluminação.

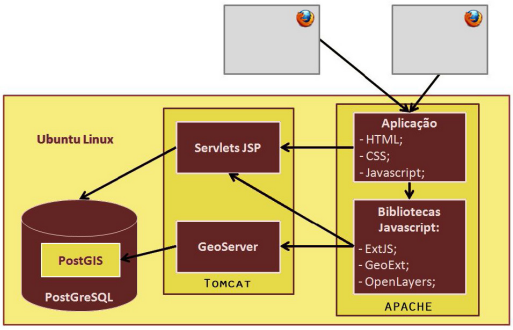


Fig. 3 - Diagrama de instalação

O contexto cartográfico, as funções espaciais disponíveis na base de dados PostgreSQL/PostGIS e o acesso universal promovem a escalabilidade para outro tipo de funcionalidades, tais como a notificação pelos cidadãos sobre avarias na rede através do e serviço de correio electónico ou pela rede GSM/GPRS, serviços de *routing* para a fiscalização da EDP ou camarária ou implementação de telemetria.

Neste momento o Lighting Living Lab estuda a possibilidade de integração de uma aplicação de controlo remoto das luminárias instaladas nos paços do concelho de Águeda e noutras instalações com a aplicação SIGLuzEE, de forma a fornecer contexto espacial ao serviço de telemetria e estender estes serviços ao cadastro da rede de iluminação pública.

No segundo semestre do ano lectivo de 2010/2011 será integrada na aplicação SIGLuzEE uma base de dados referente à facturação do consumo de energia eléctrica camarária (implementada em SQL Server), desenvolvida num outro projecto lectivo da ESTGA, concretamente no Projecto de Concepção de bases de dados.

IV. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A abertura do Curso de Tecnologias de Informação no ano lectivo de 2007/2008 e inclusão, por um lado, do Projecto Temático em Aplicações SIG no tronco comum da licenciatura e, por outro, a implementação de um ramo de tecnologias da informação geográfica no 3º ano do mesmo curso, permitiu o desenvolvimento de novas competências (inovadoras a nível nacional) aos discentes da ESTGA.

Com efeito, analisando as macro competências estabelecidas para o ramo de tecnologias da informação geográfica:

(o licenciado em TI possui as competências que lhe permitem:)

- instalar e administrar sistemas operativos e redes de computadores de pequena e média dimensão;
- conceber e desenvolver aplicações isoladas, aplicações Web e aplicações SIG, recorrendo a diferentes paradigmas de programação e a bases de dados relacionais;
- adquirir directa ou indirectamente, representar, editar, completar e manipular informação geográfica, assim como controlar a sua qualidade;
- trabalhar em equipa, aprender autonomamente, adaptar-se a novas situações, ter iniciativa, espírito empreendedor e motivação para a qualidade

é seguro afirmar que se abriram novos horizontes para a utilização de informação de índole geográfica (organismos públicos ou empresas privadas produtores de informação geográfica; departamentos de informática de organismos públicos ou de empresas privadas, empresas utilizadoras de sistemas de informação geográfica, etc.).

Concretamente no caso das Câmaras Municipais, salvo casos excepcionais (onde a CMA é um caso paradigmático), é frequente as Divisões de Informação Geográfica e sectores dependentes desta informação não terem técnicos com competências adequadas ao desenvolvimento de aplicações personalizadas ou, em caso contrário, estarem dependentes duma plataforma proprietária para implementar este tipo de soluções. Esta situação reflecte a oferta formativa actualmente existente no mercado, onde os cursos de Engenharia Geográfica ou Geografia oferecem ainda poucas competências ao nível do desenvolvimento de aplicações, sobretudo no que se refere a conceitos de programação.

Nas Câmaras Municipais, produtoras e utilizadoras de informação geográfica (que se estima representar 80% do volume total da informação), o desenvolvimento está normalmente a cargo de elementos de formação informática, normalmente com atribuições muito diversas e sem os conhecimentos adequados às especificidades da informação geográfica. A diversidade de funções atribuídas a estes técnicos não permite, em muitos casos, a criação de grupos de trabalho constituídos por técnicos informáticos (sobretudo programadores) e técnicos de sectores camarários utilizadores e produtores de informação geográfica (Urbanismo, Planeamento, Transportes, etc.)

Ainda mais problemático á a capacidade de desenvolvimento *in situ* (e com os técnicos disponíveis) de soluções informáticas personalizadas em software de código aberto (*open source*), sobretudo implementadas em arquitecturas Web. Na realidade, olhando aos custos associados à utilização de software proprietário na área da informação geográfica (nomeadamente no que concerne aos Sistemas de Informação Geográfica), as entidades públicas e privadas estão a considerar cada vez mais o desenvolvimento de soluções sem custos obrigatórios à actualização/manutenção de *sofwtare*.

As competências adquiridas pelos alunos do curso de TI da ESTGA procuram colmatar estas deficiências, conjugando conhecimentos em áreas fundamentais ao desenvolvimento de aplicações, como programação em linguagens estruturadas e orientadas a objectos, bases de dados, Sistemas de Informação Geográfica (sobretudo *open source*) e implementação e administração de redes informáticas.

Concluindo, considera-se que o projecto apresentado neste artigo poderá ajudar ao desenvolvimento de novas soluções para as Câmaras Municipais, estabelecendo uma base para outro tipo de parcerias nesta ou noutras áreas. No momento em que se escreve este artigo decorrem negociações com duas Câmaras Municipais para a continuação do projecto, de forma a se desenvolverem novas funcionalidades.

AGRADECIMENTOS

Os autores deste artigo agradecem à Câmara Municipal de Águeda, na pessoa do seu Presidente da Câmara, Doutor Gil Nadais o empenhamento, disponibilização de dados e presença na defesa pública do trabalho.

Ao *Lighting Living Lab*, na pessoa do seu Presidente, Prof. Doutor João Pedro estima de Oliveira, pelo constante incentivo e recomendações técnicas durante todas as fases de projecto.

Finalmente e não menos importante, agradecemos aos alunos André Diogo, João Pereira, Jhony Martins, Luís Pereira e Vítor Morgado, do Curso de Licenciatura em Tecnologias da Informação, o entusiasmo, dedicação e espírito de grupo demonstrados na concepção, desenvolvimento e implementação do SIGLuzEE.

REFERÊNCIAS

[1] G. C. Correa e A. L Pastro , "Geoprocessamento Aplicado a Operações de Redes de Distribuição de Energia Elétrica – Companhia de Eletricidade do estado do Paraná," disponível em Http://www.copel.com/pagcopel.nsf, 2007.

[2] H. M. F. Ferreira, "SIG aplicado a gerência de rede de distribuição elétrica rural da área litorânea de Utinga, localizada nos municípios do Conde e Alhandra – PB.", monografia apresentada ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, Biblioteca Nilo Peçanha, IFPB, 2009.

[3] M. F. Worboys, "GIS: A computing perspective" London:Taylor and Francis, 1995.

[4] Open Geospacial Consortium (OGC), disponível em http://www.opengeospatial.org.

[5] P. A. Burrough and R. A. MacDonnel, "Principles of Geographical Information Systems," Oxford University Press, 1998.

[6] S. Aronoff, "Geographical Information Systems: a management perspective", Ottawa: WDI Publications, 1989

Las Empresas Exportadoras de Galicia Apenas Aprovecham las redes Sociales

Francisco Campos Freire
Facultad de Ciencias de Comunicación
Universidad de Santiago de Compostela

francisco.campos@usc.es

Sara González Gómez
Facultad de Ciencias de Comunicación
Universidad de Santiago de Compostela

sara.gonzalez.gom@gmail.com

Resumen- El crecimiento de las redes sociales en los últimos años ha llamado la atención de las empresas que cada vez más ven en ellas un nuevo espacio para establecer relaciones con sus clientes y grupos de interés. Facebook es la red social más popular del mundo y permite a las compañías llegar a mucha gente, conocer sus intereses, y desarrollar estrategias comerciales personalizadas. Esta comunicación es el resultado de un estudio en el que se analizaron 305 empresas exportadoras de la Comunidad Autónoma de Galicia para comprobar si utilizan las nuevas herramientas que ofrece la web 2.0, en este caso concreto su presencia en la red social más importante en España: Facebook. El objetivo de esta investigación en curso fue comprobar si las empresas exportadoras de Galicia aprovechan el potencial de la citada red social. El siguiente paso de la investigación será estudiar las potencialidades y las valoraciones de las empresas con respecto al uso actual y posibilidades futuras de las redes sociales.

Palabras clave: Web 2.0, redes sociales, empresas exportadoras, Facebook, Twitter

Abstract - The growth of social networks on the last two or three years has caught the attention of companies whom more and more see in them a new ground to establish links with their clients and interest groups. Facebook is the most popular network in the world and it allows companies to reach lots of people, get to know their interests and develop personalized commercial strategies. This paper is the outcome of an study in which 305 exporting companies from Galicia were analyzed in order to confirm whether they use the new tools from the web 2.0, in this case, their presence in the most important social network in Spain: Facebook. The objective of this ongoing research is to confirm if the exporting companies from Galicia fully exploit the potential of the mentioned social network. The next step of the research will be to study the potential and the assessments from the companies about the actual use and future possibilities of social networks.

Key words: Web 2.0, social networks, exporting companies, Facebook, Twitter.

I. INTRODUCCIÓN

Durante los últimos años se han producido una serie de cambios en Internet que han implicado el paso de la web 1.0 al concepto más evolucionado desde el 2004: la web 2.0[1]. Se habla ya de una nueva transición hacia la web 3.0 o la web semántica mejorada, pero el concepto 2.0 sigue reinando en una red dominada por inmigrantes digitales y en la que todavía se entremezclan vestigios del 1.0 con las nuevas herramientas, medios y elementos de lo que también se ha dado en llamar web social. Para marcar esa transición de la Web se ha elegido la determinación numérica consecutiva sin más significación que su carácter evolutivo.

En la web 2.0 hay una serie de herramientas para compartir información y comunicación entre las que destacan blogs, wikis, plataformas educativas y redes sociales virtuales. Estas últimas han supuesto toda una revolución para las relaciones sociales del siglo XXI, pero no sólo han afectado al aspecto social y de ocio, también se han convertido en una plataforma comercial importante en la que muchas empresas están tratando de integrarse.

En un entorno cada vez más acelerado, donde la nueva economía se fundamenta en gran medida en la atención, colaboración y afiliación (vinculación) de los consumidores, las empresas han fijado su mirada en uno de los núcleos más importantes en estos aspectos: las redes sociales.

Ahora mismo, gracias a los medios sociales, las empresas pueden establecer relaciones con los potenciales colaboradores y empleados a través del establecimiento de intereses en común por grupos de Facebook, búsquedas de Twitter y otras redes temáticas segmentadas. Y también tienen la posibilidad de relacionarse con otras empresas o instituciones y de promover negocios con un gasto de publicidad mucho más reducido así como la posibilidad de alcanzar un conocimiento

1 Se data la "aparición" del concepto web 2.0 en este año, el término fue acuñado por Dale Dougherty de O'Reilly Media en una tormenta de ideas con Craig Cline de MediaLive, y Tim O'reilly lo definió en su artículo *¿Qué es la web 2.0?* (2005)

mucho más directo del consumidor para ofrecerle una atención personalizada.

Todo esto es sólo el principio de lo que parece que llegará a suponer la revolución 2.0, un nuevo entorno en el que tanto empresas como consumidores se están integrando para conformar una nueva forma de consumo y favorecer un cambio dentro de los modelos de negocio, y que ahora mismo supone que toda empresa haya de responder a la siguiente pregunta: *¿Estar o no estar en las redes sociales?*.

Las empresas conocen o han oído hablar de las redes sociales pero desconocen su potencial real o temen que éste les provoque riesgos incontrolados en el uso y gestión de la comunicación. Es el temor al riesgo de las nuevas tecnologías y a sus nuevos usos. Es, en definitiva, una evidencia de la falta de alfabetización en el uso de las nuevas herramientas de gestión de la comunicación. Por eso, antes de dar el paso hacia el nuevo ciberespacio virtual, toman precauciones y dudan sobre las nuevas estrategias Web 2.0.

Pero la duda hamletiana no es ventajosa para las empresas y para sus gestores, acostumbrados a tomar decisiones. En el contexto de una economía tan competitiva como la actual, esperar a que la competencia se sitúe por delante es, para cualquier empresa, perder oportunidades. Las nuevas teorías de la gestión propugnan que en la acelerada economía actual no sólo hay que estar al nivel de la competencia, sino más allá de ella, es decir, por delante de ella (De Bono, 2010).

Con este trabajo se pretende saber si las empresas de la Comunidad Autónoma de Galicia utilizan las nuevas herramientas de la web social en sus actividades comerciales y valorar su presencia en la red social más importante del momento: Facebook. Se establecerán una serie de variables mediante las cuales podemos efectuar una evaluación aproximada de la presencia de una muestra significativa de empresas gallegas exportadoras en la popular red social, para comprobar así si se trata de una presencia activa fruto de una estrategia empresarial o de un simple registro en la red.

II. Marco contextual

Las redes sociales son uno de los elementos característicos más importantes a la hora de definir la web 2.0, un concepto que surge en el 2005 como tal, poco después de la crisis de las empresas *puntocom*, y que define la web de la actualidad.

Cualquier definición de la web 2.0 tiene que incluir como base los siguientes conceptos: la web como plataforma, la importancia de la creación colectiva, y las nuevas herramientas como blogs, wikis, widgets, rss, tags, etc.

En esta nueva era, los usuarios son los protagonistas principales, y por tanto los que añaden valor a lo que se encuentra en la red. Ha surgido un nuevo concepto de consumidor acuñado por Víctor Gil y Felipe Romero que es el *crossumer,* un consumidor que carece de confianza en la comunicación de las marcas, que conoce el *backstage* del marketing, que demuestra un papel activo en la validación de los mensajes y que participa de forma activa en el *storytelling* de las marcas[1]. Siendo así, las empresas ven cada vez más claro la capacidad de la web 2.0 y sus herramientas para transformar el modo en el que interactúan con sus clientes y también la forma en la que se trabaja y se relacionan los empleados entre ellos y con la empresa.

Las compañías utilizan las herramientas de la nueva web principalmente a través de la creación de comunidades *online* que utilizan tanto para marketing como para desarrollo de producto y de imagen de marca. También tienden cada vez más a utilizar herramientas como blogs o wikis para establecer conversaciones y crear contenido colaborativo tanto dentro como fuera de la empresa.

Entre las redes sociales más populares del mundo se encuentra Facebook, y en España los datos no dejan lugar a duda. Es la red con más número de usuarios del país, seguida por una de creación española, Tuenti, con un target de público algo más reducido pero una cantidad de seguidores y, sobre todo, una frecuencia de visitas que no tienen nada que envidiar a la red estadounidense.

Gráfico sobre el uso de redes sociales en España.

Fuente: IABSpain

Facebook es, por otro lado, una red más amplia en cuanto a público y características, ya que se trata de una comunidad de ocio utilizada para mantener contacto con amistades, compartir datos, crear grupos de intereses comunes y dar a conocer eventos. En el último año los creadores de la red social han modificado el aspecto de las llamadas *páginas de fans* para acercarse cada vez más a un modelo enfocado a las empresas, de modo que puedan introducir más elementos más fácil y visualmente.

La mayor parte de los usuarios de Facebook la visitan varias veces al día y navegan por ella. Las empresas tienen la oportunidad de introducirse en esta red creando páginas o

grupos con sus marcas o de la propia empresa, y en ellas congregar seguidores a los que pueden proporcionar todo tipo de datos: enlaces, vídeo, fotografías, textos, organizar concursos, etc.

Las empresas que cuentan con páginas, grupos o perfiles en la popular red social las utilizan para establecer conversaciones directas con los consumidores o potenciales consumidores de modo que se entabla una relación muy directa. Hay tres principales lineas en las que trabajan las empresas dentro de la web 2.0 : la orientación al cliente, la segmentación y el marketing viral[2], y se llevan a cabo en diferentes plataformas según la estrategia de cada compañía, y en Facebook tienen lugar muchas de estas campañas.

En Galicia hay unas 209.870 empresas con sede social en la comunidad autónoma. Dentro de estas, el 98% tiene acceso a ordenadores y el 94'9% tiene acceso a internet[2]. Estos datos son bastante importantes en lo que respecta al acceso a las TIC dentro del tejido empresarial gallego. No obstante, el número de páginas web es bastante menor de lo que cabría esperar de estos indicadores, y se debe a que muchas empresas sólo emplean el acceso a Internet para el uso de correo electrónico. Según datos de un informe realizado por AMETIC, Red.es y Everis (2010) sólo un 41,3% de las empresas gallegas tiene una web corporativa, mientras que un 18,4% prevé tenerla en 2-3 años y un 40,3% no dispone de web.

III. Metodología

Las empresas analizadas forman parte de una muestra consolidada, respaldada por una organización sectorial de solvencia, como es la Confederación de Cámaras de Comercio. La muestra comprende 305 empresas exportadoras con sede social en Galicia.

Todas ellas fueron analizadas mediante la búsqueda en la red y la exploración de sus páginas web para comprobar si enlazaban a redes sociales o no. Además, se realizó una búsqueda directa en el propio buscador de Facebook utilizando como palabras clave los nombres de la empresa o bien los nombres de marca o marcas de dicha empresa.

Las variables establecidas son principalmente cuantitativas, de modo que permiten obtener datos del tráfico de información de cada página o grupo dentro de la red social. Así pues, la primera y más básica es el número de seguidores o amigos de cada una de las páginas, perfiles o grupos. Dado que se trata de un número que suele variar en cuestión de horas, los datos son orientativos, puesto que se han tomado durante el mes de noviembre de 2010.

También se ha estudiado el número de publicaciones en general, que en este caso analizamos durante el trimestre de agosto a octubre de 2010. Además se analizan, por otra parte, las actualizaciones durante la semana del 1 al 7 de noviembre de 2010 por ser esta la última en la que se llevó a cabo el estudio y, por tanto, la más actual (no se incluye en los datos de publicaciones generales porque nos ceñimos sólo a meses completos) .

Dentro de estas publicaciones se analizó también su contenido: si se adjuntaban fotografías o vídeo, si eran meramente redaccionales, si enlazaban con sus páginas web u otras páginas, o los idiomas de las piezas.

Por último, para obtener información de la respuesta de usuarios y la recepción de *feedback* por parte de la empresa, se analizaron las conversaciones durante la quincena del 25 de octubre al 7 de noviembre, contabilizando como tal toda aquella publicación de un usuario que obtenga respuesta por parte de la empresa o representantes de la misma. Para valorar las conversaciones se recogen los temas más habituales dentro de las interacciones analizadas en cada página.

Con todo ello, se obtiene una idea aproximada de la actividad de cada una de las páginas y de su relevancia para los usuarios.

IV. Resultados

De las 305 empresas exportadoras gallegas analizadas en este estudio, tan sólo 23 poseen una página, grupo o perfil de Facebook. Este bajo porcentaje de presencia en las redes sociales es un indicador negativo en lo que respecta a la incorporación de las empresas en el mundo de la web 2.0 y la utilización de herramientas que ofrece.

A la hora de conocer una empresa o marca, hoy en día el elemento básico en la red son las páginas web, que han de aportar toda la información básica y después añadir otros elementos que aporten valor a dicha web. Destaca, por tanto, el hecho de que muchas de las empresas de la muestra de este estudio, pese a poseer página de Facebook, no cuentan con un enlace a ella en su web corporativa o de marca. De este modo, un usuario que conozca dicha marca o empresa pero no la busque en la red social si no que se dedique a explorar su web, le es muy difícil encontrar la página , lo cual supone un impacto negativo para la empresa que acaba de perder a un potencial seguidor fidelizado y con posibilidad de convertirse en prescriptor del producto de dicha empresa.

Lo principal en un perfil, página, o grupo en una red social, es publicar información sobre la empresa, la marca, o cualquier otro tipo de información que se considere de valor para los seguidores. De las empresas analizadas que están conectadas a Facebook, más del 50% ha registrado una actividad baja o muy baja durante el trimestre analizado, y un 26% no tiene más de 100 seguidores, una cifra que sugiere un escaso uso de la red social por parte de las empresas, y por tanto podríamos concluir que un mal uso de la misma.

2 Fuente: Instituto gallego de estadística.

Por otro lado, en lo que respecta a las conversaciones posibles con los usuarios, son una de las potencialidades para las empresas a la hora de tener en cuenta los elementos positivos de la inserción en redes sociales, ya que permiten un contacto directo con los consumidores o virtuales clientes que representa un valor de peso para dirigir a las empresas a un modelo en el que el *feedback* es mucho más sencillo y directo. Visto esto, es llamativo el hecho de que en la franja analizada de dos semanas ninguna de las empresas de la comunidad gallega que recogimos en la muestra y que poseen perfil en Facebook registrase más de cinco conversaciones, y que un 65% no haya establecido ni una sola conversación con sus seguidores y potenciales consumidores. Los temas de las conversaciones encontradas en algunas de las páginas giran generalmente en torno a información sobre el producto o promociones y ofertas, lo cual es un indicador de la potencialidad de iniciar estos intercambios, ya que los usuarios sí demandan activamente información sobre lo que ofrece una empresa.

V. CONCLUSIONES

Las redes sociales virtuales se han convertido en todo el mundo como una herramienta popular tanto para usuarios y consumidores como para las empresas que aprovechan el atractivo de estas comunidades online para sus negocios. Facebook se está perfilando como una de las redes con más potencial para las empresas y así lo demuestran los diversos cambios que la propia red ha sufrido para dar cabida a mejoras enfocadas principalmente a la afiliación de empresas para facilitar sus acciones de marketing en dicha red. Los datos recogidos en este estudio resultan indicativos a la hora de situar a la comunidad gallega en el movimiento 2.0. La principal conclusión a la que se llega es que las empresas exportadoras gallegas no aprovechan en su gran mayoría las ventajas que ofrecen las redes sociales, en general, y Facebook en particular.

De todos modos, no se puede dejar de mencionar la particularidad de muchas de las empresas que se incluyen en la muestra analizada, ya que en ocasiones se trata de organizaciones pertenecientes a sectores como el agrícola, el de extracción de piedras y minerales o a ámbitos como el metalúrgico o el de la construcción, que tienen un tipo de target muy específico y, por tanto, es probable que por el momento no consideren útil una red social como herramienta para llegar a sus consumidores. Al tratarse la muestra analizada de empresas exportadoras de tangibles resulta más complicado encontrar marcas que consideren que precisan valor añadido en la red y que se preocupan por su imagen en Internet, cosa que suele ocurrir más con empresas de intangibles y servicios. Es cierto que hoy en día el uso de las redes sociales por parte de las empresas no es tan generalizado y es muy poco común en este tipo de sectores, pero probablemente se trate de una cuestión de tiempo, y pronto el crecimiento y las utilidades de plataformas como Facebook serán tan indispensables para una empresa como lo es hoy una página web.

Es menester, por tanto, que las empresas den un paso adelante y estudien y valoren las redes sociales para sacarles todo el partido que su potencial ofrece.

Dentro de las empresas estudiadas que han dado el paso a la web 2.0 podríamos distinguir dos tipos de estrategias. Por un lado están aquellas empresas que se han introducido en Facebook por el mero hecho de estar ahí, y que no han elaborado ningún plan concreto con respecto a ellas, no tienen ningún profesional contratado específicamente para gestionar las comunidades online, y no están interesados en establecer conversaciones y cercanía con los usuarios. Por otra parte encontramos empresas que sí han cuidado más su presencia en la red social y se muestran más activas y a su vez fomentan la participación de los usuarios. Estas últimas generalmente siguen un plan de medios algo más definido y no se limitan a un estado meramente presencial y de emisión unilateral de información a modo de publicidad clásica, sino que avanzan en otro tipo de estrategias de marketing que pasan por dar al consumidor un papel importante dentro del ciclo de comunicación empresa-consumidor.

Las redes sociales tienen un importante potencial de marketing para las empresas porque estrechan las relaciones con los usuarios y clientes. Por lo general en las redes sociales los usuarios se congregan alrededor de intereses y aficiones comunes y son ellos mismos los que aportan valor a los contenidos autogenerados por unos y otros (incluyendo aquí las empresas que así lo hagan). Siendo así una elección voluntaria la de unirse a un grupo o seguir una página de Facebook, la atención que estos potenciales consumidores prestan a la publicidad y la información que en ellos se da es mucho mayor que la que prestarían a publicidad menos deseada como es la tradicional (TV, radio, etc.) en la que los anuncios son un ruido molesto que interrumpe nuestra actividad, y no una información que deseamos y que encontramos en comunidades en las que buscamos esa información. Además, los consumidores se convierten en prescriptores de las marcas en sitios como Facebook, y el clásico boca a boca que lleva funcionando desde siempre, se magnifica y amplía su influencia gracias a estas plataformas sociales.

Este análisis del *status* de las empresas gallegas en la red Facebook resulta negativo tomado en su conjunto, dada la escasa actividad registrada en esta red social de masas por parte de compañías de la zona.

El paso siguiente de esta investigación será estudiar si las empresas gallegas están lo suficientemente formadas e informadas sobre las TIC y sus posibilidades para incrementar la actividad comercial a través de las nuevas redes virtuales, para entender y aplicar todos los conceptos que han surgido en los últimos años en lo que se conoce como web 2.0 y el nuevo

marketing, y para incorporarlos a sus actividades diarias de manera profesional y eficaz.

REFERENCIAS

[1] GIL, V. ROMERO, F. *Crossumer, claves para entender al consumidor español de nueva generación*, Barcelona 2008.

[2] Castelló Martinez, A. *Estrategias empresariales en la web 2.0.* Alicante, 2010.

BIBLIOGRAFÍA

ALBORNOZ, L.A. (2007): *Periodismo digital. Los grandes diarios en la Red.* Buenos Aires: La Crujía

BECERRA, M. (2003): Sociedad de la información: proyecto, convergencia, divergencia. Buenos Aires: Norma Editorial

BURGOS, ENRIQUE Y CORTÉS MARC (2009): *Inicíate en el marketing 2.0. Los social media como herramientas de fidelización de clientes*. A Coruña: Netbiblo.

BUSTAMANTE RAMÍREZ, E. (2002): *Comunicación y cultura en la era digital.* Barcelona: Gedisa

CAMPOS-FREIRE, F. (2010): *El cambio mediático.* Zamora-Sevilla: Comunicación Social

CARDOSO, G. (2011): *"Más allá de Internet y de los medios de comunicación de masas"*. En revista *Telos,* 86, enero-marzo

CARRILLO, M. (2011): *"Internet: la respuesta del derecho al espacio público virtual"*. En revista *Telos,* 86, enero-marzo

CASTELLÓ MARTÍNEZ, A. (2010): *Estrategias empresariales en la web 2.0*. Alicante: Editorial Club Universitario.

CASTELLS, M. (2000): *La sociedad red.* Madrid: Alianza Editorial

CASTELLS, M. (2009): *Comunicación y poder.* Madrid: Alianza Editorial

CELAYA, Javier (2008): *La empresa en la web 2.0.* Barcelona: Gestión 2000.

DE BONO, Edward (2010): *Más allá de la competencia. La creación de nuevos valores y objetivos de la empresa.* Barcelona: Paidós.

GIL, V. ROMERO, F. (2008): *Crossumer. Claves para entender al consumidor español de nueva generación.* Barcelona: Gestión 2000.

NAFRÍA, Ismael (2007): *Web 2.0. El usuario, el nuevo rey de Internet.* Barcelona: Gestión 2000

ROCA, Genís, FUMERO, Antonio (2007): *Web 2.0.* Madrid: Fundación Orange.

Sustainable enterprise KPIs and ERP post adoption

A survey study on Portuguese SMEs

Pedro Ruivo
Microsoft, ISEGI/UNL
Lisbon, Portugal
pruivo@microsoft.com

Miguel Neto
ISEGI/UNL
Lisbon, Portugal
mneto@isegi.unl.pt

Abstract – **Enterprise Resource Planning (ERP) systems and Key Performance Indicators (KPI) in general are currently experiencing an increasing interest from both the academic and business communities. This paper examines the relative influence of eight KPIs determinants and the use of ERP in Portuguese Small and Medium-sized Enterprises (SMEs). Through a web survey, data was collected and validated from 85 firms. A Structural Equation Model (SEM) analysis was used to tests the hypotheses related with KPIs pertinent to the ERP post adoption. The results show that six of eight variables related with KPIs contribute to ERP usage and value. Additional, enterprise sustainability is a determinate to whether ERP system is used or not. This work is the first empirical research study that focus on sustainable enterprise KPIs. This is a synthesis of existing practice from Portuguese industry, consultancy and academia into a coherent framework for the achievement of sustainable performance and ERP post adoption.**

Keywords: ***ERP, SMEs, KPI, SEM, Enterprise Sustainability, Information Systems.***

I. Introduction

It is known that the main objective of an ERP system is to integrate as many as possible management enterprise functions. These functions are usually grouped into three domains: Financial Management (FM), Supply Chain Management (SCM) and Customer Relationship Management (CRM) [1].

Decision maker's daily task is to understand company performance that comes into their desk from several sources with different perspectives. They have to scrutinize a considerable amount of data to have a snap shot of overall performance. This short term focus implies no freedom to think business at long term. A portion of ERP failure is due to implementations that do not have as a goal to provide consistent KPIs that measure enterprise sustainability.

Taking in account that Portuguese landscape is majority composed by SMEs, it is essential that technology should play a key role to provide accurate and reliable data in real time to better fact based decisions. It is often essential that firms adopt various information systems (IS) to upgrade or improve their business performance in order to be globally competitive [2]. Adopt and implement an ERP system presents itself as the most appropriate tool to adapt management strategies [2]. A successful ERP implementation can be determined by the alignment between ERP and business strategies that are measured by performance indicators [3].

ERP packages generally offer standard reports that point out KPIs based on best industry practices, standard formulas and/or legal requirements for each three functional domains [4]. The set of KPIs that each domain affirms, explain how they contribute to company success, for example, it is usual FM show good profitability figures, SCM lead time reduction and CRM pleasant customer satisfaction surveys rates. The sum of all these management KPIs give the idea that company is performing well. But this snapshot does not reflect the true on a numerous companies because it fails to see not only how these figures are been accomplish but also if the company grow is sustainable [5].

What is needed to successfully make use of ERP system is an adoption process that integrates both technical and organizational elements with new management KPIs that contribute to make decisions with focus on attaining a sustainable business. According to this issue, an exploratory research study made by Ruivo and Neto on 2010 shaped a collection of four sets of enterprise sustainable KPIs [6].

This conclusive work precede the above exploratory study where ten leading SMEs CEOs thought a face-to-face interview defined witch value factors can be mined from ERP system in terms of sustainable KPIs [6]. The present study aims to provide further inside into the post adoption of ERP and its relationship to these new sets of KPIs in Portuguese SMEs with focus on a conclusive investigation.

II. Research Framework

A. ERP systems post adoption and KPIs

Numerous firms have successfully adopted ERP systems for a variety of reasons. ERP is considered as one of the most important innovations that will allow companies to achieve substantial benefits by automatize, standardize and monitor the overall enterprise performance. On other hand, among many failures of ERP implementations is the lack of alignment between ERP and business KPI [7]. In research conducted by

The authors would like to thank Prof. Tiago Oliveira of ISEGI/UNL and Prof. Virgilio Cruz Machado of FCT/UNL for their suggestions and assistance on this work.

Davenport and Harris in 2007, show that successful firms, decision maker's respondents reported that their systems produced thirteen percent of analytical KPIs related with enterprise sustainability. Instead of competing on traditional KPIs, these companies employ enterprise sustainable indicators as elements for decisions to change the way they manage themselves and compete in the marketplace [8].

Those firms that adopt ERP systems as part of a strategic component can monitor internal and external forces, as previous studies showed that internal KPIs needs of a firm are generally important factors that affect ERP usage and value. [9, 10]. These internal factors include employee motivation, empowerment and collaboration and customer satisfaction. On the other way, the external factors aim to pursuit opportunities to use ERP for strategic goals. These factors include information system scalability and flexibility, social and environmental responsibility. Sustaining continuous performance improvement requires measuring and monitoring against these set of KPIs and ERP is the adequate software platform to serve the above strategic needs of a firm [1,3].

B. Conceptual framework and hypothesis

Based on the literature and on the exploratory study, [6] a framework was developed that combines factors identified in theoretical and empirical research as important determinants of the ERP usage and sustainable KPIs. The framework incorporates four constructs: Collaboration and Satisfaction; Scalability and Flexibility; Employee Empowerment and Work life Balance; Social and Environmental Responsibility. Eight independent variables are categorized into the four set of constructs, and one dependent variable is tested in the research model (see Figure 1). The justification of using these variables as well the eight hypotheses is presented in the following paragraphs. As determined from the review of existing literature, we classified KPIs in pairs by the tie relation they present to enterprise sustainability.

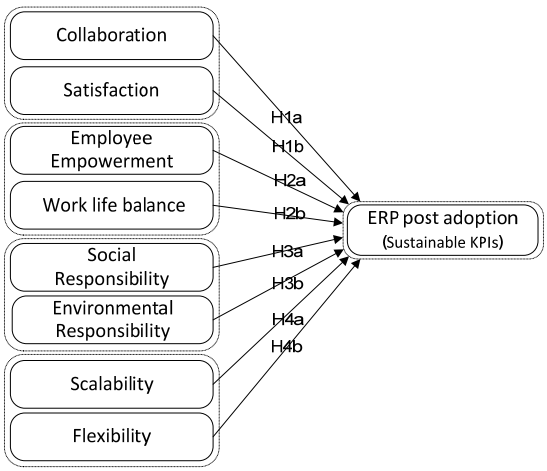


Figure 1. Research model

1) Collaboration & Satisfaction

ERP systems help end users to collaborate – up, down, and across their department, company, and industry ecosystem – increase their productivity and the health of their companies and business ecosystems. Collaboration is therefore a critical concern among firms for both internal and inter-company needs. When companies align efforts with the business drivers around growth, efficiency, compliance, and future strategy they are collaborating [9,10]. In this way ERP is a kind of gateway to specialist functions. That is, ERP is a sine qua non for other applications. Convergence of FM, SCM and CRM modules provides internal collaboration from meeting service-level agreements to enterprise performance.

Implementing business practices, such as delegating decision-making down the ranks of front line employees, contribute to control wasted labor. ERP systems provide people with the right information at the right time so they are motivated to manage their responsibilities. Having satisfied employees will result in increase of employee productivity and commitment. With information from ERP system, employees can solve customer problems quickly. A collaborative work environment can open up parts of ERP systems for customers to use directly. Customer self-service can yield a huge productivity increase, not only for the employees, but also for customers [11].

Managers and decision makers receive considerable amounts of business data; understanding how managing all that information contributes to increased customer satisfaction and ultimately better top and bottom-line financial performance is the key to success. ERP systems are prepared to be used as a platform that helps integrating isolated silos of information to support powerful analytics, and bring the power of the analytics to every management task. In that way it is possible to build a fact–based, decision-making organization by putting the insight of company data into the hands of staff. Equipped with the data available in ERP systems, and supported by collaboration, employees throughout the organization can achieve higher productivity and give customers faster and higher quality service. In this way companies are prepared to extend customer satisfaction into customer loyalty and then to their withholding [12, 13, 14].

Based on the guide lines provided by previous research the factor Collaboration included two questions items: "increase of real time data availability" and "improve sharing data across company", while the factor Satisfaction consisted of the following two items: "provide and promote quality customer centric product and service" and "ensure that products are certified to meet quality standards and improve its functions".

We measured all the above questions items on a ten-point Likert scale, where a score of ten means that the item is the most important, and a score of one means it is the least important. On the assumption that sustainable enterprise KPIs of a firm in the Portuguese SMEs affects its decision to adopt ERP, we formulated the first set of two hypotheses:

H1a. Collaboration – between employees positively affects firm decision to use and extract value from ERP system.

H1b. Satisfaction – of customers positively affects firm decision to use and extract value from ERP system.

2) Employee empowerment & Work life balance

The management concept of employee empowerment can be defined as the creation of an environment in which people at all levels feel they have real influence over standards of quality, service, and business effectiveness within their areas of responsibility. It is a strategy and philosophy that enables employees to make decisions about their jobs [15,16].

ERP systems provide guidelines and boundaries so that everyone knows the limits of how they can operate. A process needs to be established that allows management to set the direction for the organization but lets the workforce finds unique ways to achieve these goals and objectives. These characteristics can be deployed in a process-based organization structure where control exists through responsibilities and accountabilities, approvals limits, statistical information in real time, etc [16]. On other way, proper training gives better output from the ERP system. Lack of proper training to users results on wrong entries, bad decisions and create problems [15].

Many organizations are adopting virtual workforces to address workers' demands to work from home to improve flexibility and work life balance. There are several technologies that allow such objective, as ERP and its connected applications [16].

Also for these two factors we measured then on a ten-point scale where the factor Employee Empowerment is composed by two questions items: "improve readiness" and "assist in reducing repetitive task", while the factor Work life balance contained of the following two items: "provide and promote flexible schedules" and "allow working from home". For this construct we have formulated the second set of two hypotheses:

H2a. Employee Empowerment – on firms positively affects its decision to use and extract value from ERP system.

H2b. Work life balance – of employees firms positively affects its decision to use and extract value from ERP system.

3) Social & Environmental Responsibility

ERP systems can contribute to manage environmental and social business objectives. An internal control system based on a pre-existing ERP framework can centralize the information companies need to manage these activities within any functional area (finance, HR, supply chain management, manufacturing) and across all enterprise [18].

A central repository of all governance, risk management and compliance related data that is accessible to auditors and managers, and where data can be updated as close to real time as possible. Tracking testing activities, including what was tested, when and by whom, results and corrective actions when testing failed and to communicate all key information to the appropriate audiences [17].

More companies run their operations fitting into the grand scheme of environmental responsibility at the same time they save money, and improve their "green" reputation in the eyes of their customers. With fuel costs up and environmental responsibility gaining ground as a moral imperative, companies are increasingly looking for ways to monitor and reduce their energy usage [17,18].

ERP systems can be used to build a dashboard that charts energy consumption and greenhouse gas emissions. A properly configured ERP can collect and present a company's relevant energy use information. These dashboard commonly package information into four categories: Direct energy consumption, indirect energy consumption, total direct and indirect greenhouse gas emissions and other relevant greenhouse gas emissions [17,18].

The factor Social Responsibility included two questions items: "exploit the societal potential of corporate data repositories" and "improve firm notability and integrity", while the factor Environmental Responsibility consists on the following two items: "contribute to a 'green' reputation" and "ensure that tracing products meet an eco-process".

These questions items were measured also on a ten-point Likert scale and constructed the third set of hypotheses:

H3a. Social Responsibility – of a firm positively affects its decision to use and extract value from ERP system.

H3b. Environmental Responsibility – of a firm positively affects its decision to use and extract value from ERP system.

4) Scalability & Flexibility

ERP solutions are largely designed to grow with the company, should not be stand-alone applications, and not succumb to volume and change pressures, leaving companies to start over from scratch. They are modular in order to add or remove business and technical functionalities at the same time as business needs transform. Providing scalability, ERP software also extends the reach of information within an enterprise, giving more people access to critical data for planning and reporting. ERP solutions must scale to new levels to support broader internal and partner access. Creating a private network where enterprises can share information with suppliers and customers is a common task. However, utilizing the public network for these purposes requires enhanced security. Firms will need to secure connections to their ERP systems without jeopardizing the performance or scalability of the application across the entire infrastructure [19].

In general ERP systems are good at what they do; the issue is how they do what they do. They do things in a rigid manner, from an architectural standpoint. Everything in the ERP is very coded. Very often companies have to make changes to a business process to respond to a competitive pressure, or often a regulatory change creates a need to change a financial process. ERP systems should accommodate these types of changes. Might have to go in and reconfigure something. Often, have to implement, re-implement or customize something [20].

ERP should offer flexibility with deployments and making changes. An architecture that allows users to make configuration changes without going in and changing code it's a very important capability, as an example, each time a business report needs to be produced should be possible to be created by configuration and not programming [20].

On the other way flexibility is measured by the user's on how easy it is to execute infrequent or unusual tasks in the application, how easily the software can be adapted to meet specific new business needs and processes, and how agile the software is in handling problems that arise unexpectedly. Departing from "transactional" tasks to solve unusual problems or complete ad-hoc tasks translates into decision-making

agility, responsiveness to changing business needs, and addressing critical challenges quickly and flexibly [20].

These two aspects of ERP post adoption were measured also on a ten-point scale where the factor Scalability included two questions items: "assist business needs changes" and "exploit the potential of network partners", while the factor Flexibility consisted of the following two items: "provide agility on the decision process"; "make it easier to perform uncommon task". In this way we formulated the fourth set of two hypotheses:

H4a. Scalability – of firms IS infrastructure positively affects its decision to use and extract value from ERP system.

H4b. Flexibility – of firms IS infrastructure positively affects its decision to use and extract value from ERP system.

III. Research Methodology and Data

In the context of this study, the research method involves reliance on both deductive and inductive reasoning approaches. Using the deductive approach, secondary data were collected via a review of literature and previous exploratory study. At this point, we deduced eight hypotheses. Inductive reasoning was then necessary to analyze the statistical data and reach the research results. Primary statistical data were collected using a web questionnaire survey. Using appropriate statistical analysis techniques, the inferential results aim to verify or reject the hypotheses and lead to contribution of modeling approach and theorizing of ERP post adoption.

Two ERP consultants pretest the questionnaire, and some items were revised for clarity. Questionnaires were sent only to companies that use the internet in conducting their business and the respondents were chief executive officer, manger director, manager, or firm owners. Questionnaire was developed to be answered in 10 minutes. Data was gathered in September and October 2010 and coded in a manner that allowed them to be quantitatively and statistically analyzed [21].

A list of 185 communications businesses was obtained from an IDC study representative of the Portuguese SMEs market of 2009. Of these 185 firms, 89 companies completed the surveys, and the response rate was roughly 48 percent. The raw data received from the survey were checked for consistency, four surveys were excluded because they were large companies. This resulted in the final sample of 85 observations. The detailed breakdown of the respondents in terms of the total number of employees, total annual sales revenue, Industry type, and Respondents type are shown in Table I.

The constructs were operationalized and measurement items used in this research were adapted from previous study and developed on the basis of a literature review, following a reflective model and listed in Appendix A. In this framework eight independent variables and one dependent variable were used. The dependent variable construct was measured by asking respondents two questions to indicate in a three-point scale if their firms had a low, medium or high operational and financial turnover. Then aggregate average measures into Yes=1 and No=0. The control variable used was firm's size.

TABLE I. CHARACTERISTICS OF THE SAMPLE (N=85)

Characteristics	*Percentage (%)*	*Cumulative (%)*
Total number of employees		
<50	2,4	2,4
50-100	36,5	38,8
100-150	56,5	95,3
>250	4,7	100,0
Annual sales revenue (€)		
<1.000.000	10,6	10,6
1.000.000-10.000.000	45,9	56,5
10.000.000-25.000.000	29,4	85,9
25.000.000-50.000.000	9,4	95,3
>50.000.000	4,7	100,0
Industry Type		
Finance	11,8	11,8
Manufacturing	50,6	62,4
Distribution	37,6	100,0
Respondents type		
CEO, owner	17,6	17,6
IT/IS manager	11,8	29,4
Finance manager	29,4	58,8
Manufacturing manager	20,0	78,8
Sales manager	21,2	100,0

IV. Data analysis and results

A. Analysis of reliability and validity

The measurement model investigated in this study consisted of four constructs: 1) Collaboration (CO) and Satisfaction (SA); 2) Scalability (SC) and Flexibility (FL); 3) Employee Empowerment (EE) and Work life Balance (WL); 4) Social Responsibility (SR) and Environmental Responsibility (ER). 16 indicators were grouped into the corresponding latent variables. A confirmatory factor analysis (CFA) using AMOS 6.0 structural equation modeling (SEM) software was conducted to check the reliability and validity of the measurement model.

TABLE II. MEASUREMENT MODEL: LOADINGS AND RELIABILITY

Construct / Indicators	*Loadings*	*t-statistic*
Collaboration		0,763
CO1	0,831	
CO2	0,763	
Satisfaction		0,702
SA1	0,696	
SA2	0,754	
Employee empowerment		0,658
EE1	0,706	
EE2	0,657	
Work life balance		0,731
WL1	0,741	
WL2	0,552	
Social Responsibility		0,688
SR1	0,774	
SR2	0,542	
Environmental Responsibility		0,715
ER1	0,757	
ER2	0,599	
Scalability		0,693
SC1	0,689	
SC2	0,705	
Flexibility		0,700
FL1	0,601	
FL2	0,644	

TABLE III. DISCRIMINANT VALIDITY OF INSTRUMENTS

Construct	*CO*	*SA*	*EE*	*WL*	*SR*	*ER*	*SC*	*FL*
CO	0,714							
SA	0,236	0,612						
EE	0,473	0,473	0,634					
WL	0,186	0,194	0,264	0,689				
SR	0,345	0,289	0,250	0,512	0,601			
ER	0,352	0,497	0,471	0,457	0,186	0,655		
SC	0,311	0,372	0,309	0,401	0,138	0,240	0,732	
FL	0,503	0,239	0,436	0,315	0,321	0,478	0,320	0,698

The convergent validity was verified through the *t*-statistic for each factor loading as shown in Table II. The factor loadings in the initial model comprising 16 indicators were significant. All the factor loadings were greater than 0,5 and significant at the $p < 0,01$ level [22].

The reliability was assessed by calculating the composite reliability for each independent variable. The majority of the constructs have a composite reliability (t-stat) over the cutoff of 0,700, as shown in Table II. as suggested by Straub [23], Although three constructs have a reliability close to this limit (0.659 for Employee empowerment, 0,688 for Social Responsibility, and 0,693 for Scalability), they shouldn't be excluded. This shows the items measuring the constructs exhibit consistency.

To measure the magnitude to which different constructs diverge from one another, discriminant validity was conducted. The square root of average variance extracted (AVE) represented by diagonal elements of Table III, measure the variance between a construct and its indicators. Since AVE values are higher than the correlations between constructs (values bellow of the diagonal), implies that elements assess well the discriminant validity [22].

In conclusion, the above tests indicate that the model fit the data well.

B. Hypothesis testing

Based on the calculated indices of the empirical model, the results of the testing structural model are presented in Table IV, its show that the overall model is significant. The chi-square/degrees of freedom (χ^2/df) is equal to 2,894 and less than 3, implies that data fits structural model [24]. On other hand the root mean square error of approximation (RMSEA) is equal to 0,08 implying that the theoretical model predicts the observed data.

Six of the eight tested variables showed significance; Collaboration (H1a), Satisfaction (H1b), Employee empowerment (H2a), Environmental Responsibility (H3b), Scalability (H4a), and Flexibility (H4b) were found to be significant factors influencing the ERP usage of these KPIs of enterprise sustainability. Each of these factors shows relative contribution of each to ERP usage and value.

Among these six factors, customer satisfaction (H1b) was found to be the most important factor influencing the ERP usage. Since ERP is related to several firms or parties, customer satisfaction play a critical role in pushing firms to adopt ERP systems in particular when integrates CRM and SCM functions. More and more companies are apparently realizing that if they want to fully obtain the benefits of ERP, they have to change internal business organization to a climate of collaboration.

TABLE IV. MODEL INDICES

Model indices	*Value*	*Acceptance*
Chi-square/df	2,894	<3,00
RMSEA	0,080	<0,08

On an opposite direction, unlike what the previous studies concluded and the hypothesis predicted, employee Work life balance (H2b) is not a significant factor for ERP usage. As shown above, collaboration (H1a) between employees is generally more important than the motivational factor of work life balance. It is also likely that work life balance as a performance indicator to achieve sustainable business is not as important in Portugal SMEs as in others countries.

The results of the data analysis on Employee empowerment (H2a) highlights that company wishes this set of KPIs in place and ERP post adoption is likely to effect on the decision of attain a sustainable business. In fact, employee autonomy in the decision making process increases productivity and move up profitability. For companies were intellectual capital is indispensable, the work life balance KPIs set are measured to achieve happy employees to generate motivation and therefore increase efficiency.

Social Responsibility (H3a) KPIs is not a significant inhibitor of Portuguese SMEs with respect to the ERP usage. The insignificant path coefficient (–0.098) shows that the Portuguese SMEs express less social concern when adopting ERP to exploit the societal potential of corporate data and improve firm notability and integrity. On other hand the energy and gas consumptions KPIs measurements of Environmental Responsibility (H3b) contributes for ERP usage.

Flexibility (H4b) of the IS infrastructure was shown as significant inhibitor of ERP post adoption. Firms competing on sustainability have more concerns in regards having a flexible system to respond quickly to rapid market changes needs. In the SMEs landscape this is an important factor to gain advantage over large firms. Scalability (H4a) of IS and business is denoted as a significant inhibitor for ERP post adoption, in particular for those firms that are in the market for many years and have the objective to continuing doing business in the future. ERP scalability is unyielding because adding or removing a business unit can imply firms staying alive or dead.

TABLE V. EMPIRICAL RESULTS (STRUCTURAL MODEL)

Independent Variables	*Coefficient*	*p-value*
Collaboration		
H1a	0.342**	0.029
Satisfaction		
H1b	0.412***	0.000
Employee empowerment		
H2a	0.106**	0.024
Work life balance		
H2b	-0.110	0.383
Social Responsibility		
H3a	-0.098	0.026
Environmental Responsibility		
H3b	0.157**	0.028
Scalability		
H4a	0.289*	0.084
Flexibility		
H4b	0.301***	0.000

Notes: Significance at: ***$p < 0.01$; * *$p < 0.05$ and *$p<0.1$

V. CONCLUSION

Taking the existing literature into account that address ERP in terms of technological and or organizational perspectives, this paper is the first to develop and test an integrated model that identify specific factors and explain ERP post adoption with regards to sustainable enterprise KPIs in the Portuguese SMEs context. In general, the result supports the proposed model. A total of eight factors were evaluated in this study. Based on the tests of reliability and validity, the proposed instrument is a good measurement tool. In regards to the variables of the framework model; excepting the factor of "Work life balance" and "Social responsibility" the coefficients of the other six factors are significant, indicating that these factors lead to a higher probability of ERP being adopted.

KPI of customer satisfaction is evidently a key factor affecting the post adoption of an ERP system. It is apparent that "collaboration" is the second most important, IS flexibility and scalability as the third and fourth important drivers follow by "environmental responsibility" and "employee empowerment" as the fifth and sixth significant factors respectively. This study shows that contrary to the hypotheses assumed on this model, both "Work life balance" and "Social responsibility" sets of KPIs are not perceive as positively affecting post adoption decision.

Regarding implications for practice, the finding is that customer satisfaction is the major factor driving ERP usage and value suggests that firms not adopting ERP systems will be driven to do so in the future either by their customers or by their need of staying competitive. Although two of the independent variables in the model are insignificant when applied to the Portuguese data, the results of this study provide some insight into the knowledge on the post adoption of ERP in particular to Portuguese SMEs. Demonstrating the statistical significance of all the variables was not the major goal of this paper. Instead, this conclusive work tried to organize and synthesize the results of previous exploratory studies to investigate relationship between sustainable enterprise KPIs and the ERP usage and value.

This paper has some limitations that may form the starting point for further research. First, cross-sectional data have limitations in explaining the direction of causality in the relationships among variables. Future work should focus on a longitudinal analysis in order to strengthen the direction of causality proposed by the model. Second, although data cover a general industry; some biases may have been introduced. This is a concern because different industries have different operating characteristics and environments, and the factors related to the impact of ERP may be quite different, this could be shown by the results of Work life balance of employees on manufacturing firms. Firms in distribution (wholesale, retail) and financial (insurance agents, accounting, consultant) with costumer facing and intellectual practice are more likely to require pleased employees to promote motivation to better serve customers and be more productive.

Future research might proceed in several directions. One path would be to use dummy variables to test and examine the differences between the three industries. A second way would be to examine, whether SCM, CRM, and FM functions as elements in a firm's business strategy have different drivers and barriers. For example, the perceived benefits may differ significantly for firms that mainly operate SCM and those only do CRM or FM. A third study to measure how ERP adoption affects firm's business productivity. There should be some difference between these business dimensions regarding adoption decisions, use behavior, and business value to firms.

REFERENCES

[1] Kumar, V., Maheshwari, B., Kumar, U. (2002), "Enterprise resource planning systems adoption process: a survey of Canadian organizations", International Journal of Production Research, Vol. 40 No. 3, pp. 509-23.

[2] Oliveira, T., Martins, F., (2010) "Understanding e-business adoption across industries in European countries", Industrial Management & Data Systems, Vol. 110, No. 9, pp. 1337-1354.

[3] Ho, C., Tai, Y. (2004), "Strategies for the adaptation of ERP systems", Industrial Management & Data Systems, Vol. 104 No 3, pp. 234-51.

[4] Velcu, O. (2007), "Exploring the effects of ERP systems on organizational performance: evidence from Finnish companies", Industrial Management & Data Systems, Vol. 107 No. 9, pp. 1316-34.

[5] El Amrani, R., Rowe, F., Geffroy-Maronnat, B., (2006) "The effects of ERP implementation strategy on cross-functionality", Info System Journal, Vol. 16, pp. 79-104.

[6] Bateman, N. (2005), "Sustainability: the elusive element of process improvement", International Journal of Operations & Production Management, Vol. 25 No. 3, pp. 261-276.

[7] Ruivo P., Neto M., (2010). "ERP software for SMEs in Portugal: Exploratory study of new KPIs", 4th European Conference on Information Management and Evaluation, Lisbon.

[8] Umble, E., Haft, R., Umble, M., (2003) "ERP: Implementation procedures and critical success factors", European Journal of Operational Research, Vol. 146, pp. 241-257.

[9] Davenport, T., Harris, J., (2007) "Competing on Analytics: The New Science of Winning", Harvard Business School Press.

[10] Cragg, P., King, M. and Hussin, H. (2002), "IT alignment and firm performance in small manufacturing firms", The Journal of Strategic Information Systems, Vol. 11 No. 2, pp. 109-32.

[11] Found, P., Beale, J., Rich N., (2006), Theoretical Model for Sustainable Change, Cardiff University IMRC Working Paper. Cardiff (unpub).

[12] Chen, S., Liu. L., (2008), "Measure of ERP Users' Satisfaction", IEEE service operations, logistics and informatics, pp.1980–1985, Beijing.

[13] Leite, R.S., de Carvalho, R.B., Filho, C.G., (2009), "Measuring Perceived Quality and Satisfaction of ERP Systems: an Empirical Study" 42 Hawaii International Conference on System Sciences, IEEE.

[14] Vilares M., Coelho, P., (2003) "The employee-customer satisfaction chain in the ECSI model", European Journal of Marketing Vol. 37 No. 11/12, pp. 1703-1722.

[15] Burn, J., Ash, C., (2005) "A dynamic model of e-business strategies for ERP enabled organizations", Industrial Management & Data Systems, Vol. 105, No 8, pp. 1084-1095.

[16] Salaheldin, S., (2009) "Critical success factors for TQM implementation and their impact on performance of SMEs", International Journal of Productivity and Performance Management, Vol. 58 No. 3, pp. 215-237.

[17] Montgomery, N., (2006), "European Survey Puts the Environment High on the Business and IT Agenda", AMR Research.

[18] Bonacch, M., Rinaldi, L., (2007) "DartBoards and Clovers as New Tools in Sustainability Planning and Control", Business Strategy and the Environment, Vol. 16, pp. 461–473.

[19] Shi-Ming, H., I-Chu, C., Shing-Han, L., Ming-Tong L., "Assessing risk in ERP projects: identify and prioritize the factors", Industrial Management & Data Systems, Vol. 104, No 8, pp. 681–688.

[20] Everdingen, Y., Hillegersberg, J., Waarts, E. (2000), "ERP adoption by European SMEs", Communications of the ACM, Vol 43 No 4, pp.27-31.

[21] Malhotra, N., Birks, D., (2007) Marketing Research: An Applied Approach 3rd Ed., Financial Times Press, Edinburg.

[22] Hair, J.; Anderson, R.; Tatham, R.; and Black, W. (1998) *Multivariate Data Analysis.* Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.

[23] Straub, D. (1989) Validating instruments in MIS research. MIS Quarterly, Vol.13, No 2 , 147–169.

[24] Joreskog, K. (1970) "A general method for analysis of covariance structures", Biometrika, No 57, pp. 239–251.

APPENDIX A. ITEMS MEASUREMENTS

Variable	*Indicators*	*Literature support*
	Using a ten-point scale where 10 is "very significant factor" and 1 is "not a factor", please rate how significant of the following was to your firm's decision to use ERP system:	
Collaboration	CO1 …increase of real time data availability.	[9,10]
	CO2 …improve sharing data across company.	[8,11]
Satisfaction	SA1 …provide and promote quality customer centric product and service.	[12, 14]
	SA2 …ensure that products are certified to meet quality standards and improve its functions.	[14]
Employee empowerment	EE1 …improve readiness…	[9,15]
	EE2 …assist in reducing repetitive task.	[5,16]
Work life balance	WL1 …provide and promote flexible schedules…	[13,15]
	WL2 …allow working from home…	[15,16]
Social Responsibility	SR1 …exploit the societal potential of corporate data repositories…	[17]
	SR2 …improve firm notability and integrity…	[11,18]
Environmental Responsibility	ER1 …contribute to a 'green' reputation…	[17, 18]
	ER2 …ensure that tracing products meet an eco-process…	[17 ,18]
Scalability	SC1 …assist business needs changes.	[4,19]
	SC2 …exploit the potential of network partners…	[2, 3]
Flexibility	FL1 …provide agility on the decision process.	[10 e 19
	FL2 …make it easier to perform uncommon tasks.	[19, 20]
Enterprise Performance	Aggregate average of the following questions; "Over the last ten years, how you classify your firm's…	
(Sustainable KPIs)	…Financial Performance."	[4,9]
	…Operational Performance."	[9,16]

Mejora de la metodología Agil Mantema para la medición, control y evaluación de proyectos de mantenimiento en PYMEs.

Evolución de Agil Mantema para ayudar a obtener el nivel 2 madurez de la norma ISO/IEC 15504 / ISO/IEC 12207

Zurisadai Benjamin Osorio Martínez (Author)
Kybele Consulting S.L.
Madrid, España
elpkbj@gmail.com

Emanuel Irrazabal, Javier Garzás (Author)
Kybele Research Group
Universidad Rey Juan Carlos
Madrid, España
{emanuel.irrazabal, javier.garzas}@kybeleconsulting.com

Abstract—**La adopción de metodologías ágiles en el mantenimiento de software es una realidad, sobre todo en organizaciones pequeñas. Debido a ello, es necesaria cada vez más una metodología ágil orientada específicamente al mantenimiento y que permita la adopción con mayor facilidad de un modelo de calidad para organizaciones pequeñas. Sin embargo, son pocas las metodologías ágiles que tienen en cuenta la medición, el control y la evaluación del proyecto de mantenimiento realizado, lo que es vital para lograr certificarse en algún modelo de calidad. El objetivo de este trabajo es describir la integración de la metodología Agil Mantema con actividades de medición, así como el control y la evaluación del proyecto de mantenimiento para obtener en un futuro el nivel 2 de madurez bajo la norma ISO/IEC 15504 -ISO/IEC 12207:2008. Se aborda la experiencia con una organización que implantó la variación propuesta en su área de mantenimiento, así como los resultados obtenidos hasta ahora, los cuales demuestran que la propuesta les provee un buen control de sus proyectos.(Abstract)**

Keywords-mantenimiento de software; metodología ágil; medición; proceso; control ;evaluación; PYME; ISO/IEC 15504; ISO/IEC 12207 (key words)

I. INTRODUCTION

Los procesos de software relacionados con el mantenimiento bajo contextos ágiles han producido gran interés, generando algunos trabajos relacionados [1-3]. En estos trabajos se proponen modelos de proceso orientados al mantenimiento de software basado en las metodologías ágiles mas utilizadas como son Scrum y eXtreme Programming [4, 5], las cuales poseen la facilidad de gestionar y "construir" el software con una cantidad mesurada de actividades y tareas rápidamente.

Estos trabajos cumplen con actividades comúnmente usadas para satisfacer necesidades relacionadas a la gestión de las versiones, documentación y cumplimiento de los requisitos en el mantenimiento de software dentro de contextos ágiles. Sin embargo aún no incorporan tareas o actividades relacionadas al control cuantitativo del proyecto.

Por otra parte, existen diversos modelos de mejora y evaluación, los cuales proveen las actividades y tareas necesarias para obtener una certificación en un nivel de capacidad o madurez en una organización, por ejemplo, ISO/IEC 15504 [6]. Una adecuación de esa norma en contextos ágiles propuesta por [7], permite a PYMEs obtener los niveles 2 y 3 de madurez bajo esa norma. Sin embargo las actividades de mantenimiento son solo una parte de todo el modelo. Por ello, si se quisiera obtener la certificación únicamente en el área de mantenimiento, sería necesario interpretar la norma y su variación ágil, a fin de adecuar las actividades y tareas a los contextos particulares del mantenimiento del software.

El modelo de madurez de mantenimiento (*Maintenance Maturity Model, SM*) [8], basado en normas como ISO/IEC 15504, ISO/IEC 12207:2008 y CMMI, propone un modelo completo para la obtención de niveles de capacidad y madurez orientado al mantenimiento de software, sin embargo, por su reciente creación no se ha realizado su adecuación a contextos ágiles y a grupos pequeños de mantenimiento.

En este sentido, la metodología Agil Mantema [9] es una propuesta para la agilización de Mantema [10] que a través de la aplicación de Scrum y a las indicaciones del estándar ISO/IEC 12207 ayuda a las pequeñas organizaciones que desean disponer de una guía metodológica, a llevar a cabo el proceso de mantenimiento de software. Sin embargo, aún no contempla el control cuantitativo de los proyectos, ni permite una mejora en la metodología misma para obtener una certificación bajo algún modelo de calidad. Al estar fundamentada dicha metodología en la norma ISO/IEC 12207, provee una base sólida para su mejora y poder obtener un nivel de madurez en la norma ISO/IEC 15504.

Teniendo como fundamento lo mencionado con anterioridad, este trabajo tiene como objetivo presentar una variación de la metodología Agil Mantema para integrarla con

actividades relacionadas al proceso de medición y al control y evaluación del proyecto, cubriendo el mayor número de tareas especificadas por la norma ISO/IEC 12207:2008. Estas actividades se han convertido en algo necesario dentro de las metodologías ágiles que quieran algún tipo de de mejora [11]. Esta variación apoyaría a facilitar una certificación bajo el modelo de calidad ISO/IEC 15504 en pequeñas organizaciones que tengan dentro de sus prioridades al mantenimiento de software. Como prueba de concepto, esta variación ha sido implantada con éxito en una PYME de México, dando muy buenos resultados en la variación de esfuerzo aplicado al proyecto de mantenimiento que estuvo bajo la metodología, esto debido al control de las tareas, la previsión de los riesgos durante el proyecto y la evaluación del desempeño durante el mismo.

II. ISO/IEC 15504-ISO/IEC 12207 Y AGIL MANTEMA

Si bien existen varias propuestas para relacionar la ISO 15504 con ISO 12207 (como el Pathfinder, los propios anexos o ejemplos de la norma, etc.) esta sección toma como referencia la propuesta de la Agencia Española de Normalización y Certificación (AENOR) [12], el cual ha sido aplicado con éxito en 25 empresas españolas (para más información se puede consultar la página www.iso15504.es). También se menciona el alcance que tienen las tareas de Agil Mantema respecto al nivel 2 de madurez del modelo propuesto por AENOR. Para mayor detalle la implantación de esta propuesta en un contexto ágil se puede consultar a [7]. La especificación de la metodología Agil Mantema se encuentra descrita en [9] .

A. Nivel 2 de madurez de la norma ISO/IEC 15504 según el modelo AENOR

Este nivel se compone de 10 procesos, todos ellos pertenecientes a la norma ISO/IEC 12207:2008. En el nivel 2 de madurez, la organización además de implementar los objetivos de los procesos, demuestra una planificación, seguimiento y control tanto de los procesos como de sus productos de trabajo.

Los procesos involucrados para obtener dicho nivel de madurez son: Proceso de suministro (SUM), proceso de definición de requisitos del usuario (RQU), proceso de análisis de los requisitos del sistema (RQSIS), proceso de gestión del ciclo de vida (MCV), proceso de planificación del proyecto (PP), proceso de evaluación y control del proyecto (ECP), proceso de gestión de la configuración del software (GCS), proceso de gestión de la configuración (GS), proceso de medición (MED), proceso de aseguramiento de la calidad (ACS).

B. Relacion de Agil Mantema con las actividades de la norma ISO/IEC 15504-ISO/IEC 12207:2008

Dado que la norma ISO/IEC 15504 normalmente se usa con la norma ISO/IEC 12207:2008 cuando se aplica al software, fue necesario realizar un análisis del grado de relación y alcance existente entre las actividades y tareas propuestas por Agil Mantema con las de la norma ISO/IEC 12207:2008 para obtener un nivel 2 de madurez de ISO/IEC 15504 según el citado modelo de AENOR. Por esa razón, un proceso similar al utilizado por [13] se llevó a cabo para obtener el resultado de dicho análisis y mapeo. Fue necesario revisar a fondo la descripción y objetivo de los elementos implicados en el análisis (procesos y resultados específicos que deben alcanzarse para cumplir dichos procesos, así como actividades y tareas que los involucran), para determinar si había relación explícita o no.

Las tablas 1 y 2 muestran el resultado del análisis y mapeo hechos, donde se pueden ver las actividades más importantes de la metodología asociadas a los procesos de ISO/IEC 12207:2008, también se indica el porcentaje de alcance de la metodología Agil Mantema, para esto, se relacionó el número de tareas que cubre la metodología con el total de tareas que requiere el proceso. No se menciona mayor detalle por motivos de espacio.

TABLA I. RELACIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE AGIL MANTEMA RESPECTO A LOS PROCESOS DE ISO/IEC 12207:2008 (PARTE1)

Agil Mantema	**Procesos de ISO/IEC 12207 y que corresponden a un nivel 2 de madurez de acuerdo al modelo de AENOR**				
	SUM	***RQU***	***RQSIS***	***MCV***	***PP***
Atención de la petición de la modificación	15% (4/26)	25% (3/12)			
Planificación del proceso de mantenimiento			100% (2/2)		43% (3/7)
Proceso de gestión de la configuración					
Proceso de aseguramiento de la calidad					
				0%	

TABLA II. RELACIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE AGIL MANTEMA RESPECTO A LOS PROCESOS DE ISO/IEC 12207:2008 (PARTE 2)

Agil Mantema	**Procesos de ISO/IEC 12207 y que corresponden a un nivel 2 de madurez de acuerdo al modelo de AENOR**				
	ECP	***GCS***	***GC***	***MED***	***ACS***
Atención de la petición de la modificación			75% (3/4)		
Planificación del proceso de mantenimiento					
Proceso de gestión de la configuración		83% (5/6)			
Proceso de aseguramiento de la calidad					19% (3/16)
	0%			0%	

Los resultados muestran que las actividades relacionadas a la medición, gestión del modelo del ciclo de vida, así como el control y evaluación del proyecto son las menos cubiertas. La actividad relacionada a planificación del proceso de mantenimiento tuvo bajo alcance respecto al proceso relacionado con ISO/IEC 15004 por la falta de tareas específicas vinculadas a la estimación del proyecto de

mantenimiento. Por ahora, solo se abordará la medición y el control y evaluación de los proyectos, ya que la actividad del ciclo de vida con lleva algunas tareas administrativas únicas de la organización que no se tratarán.

III. VARIACIÓN DE AGIL MANTEMA

En esta sección se mencionan las actividades y tareas propuestas, ambas están fundamentadas en el proceso de medición, así como en el de control y evaluación del proyecto de la norma ISO/IEC 12207:2008 [14]. Se seleccionaron estos procesos puesto que el grado de cobertura del nivel 2 está muy enfocado a los procesos de planificación y evaluación y control de proyectos, así como ambos procesos apoyan en gran medida a los demás que involucran este nivel de madurez [8].

También se proporcionaron algunas plantillas con el fin de agilizar las tareas propuestas. Estas plantillas apoyan a la evidencia del proceso de mantenimiento, lo que es fundamental en una evaluación o auditoría para una certificación.

A. Actividad de medición y análisis propuesta

Objetivo: Establecer y mantener un entendimiento cuantitativo del desempeño del conjunto de procesos estándares y proyectos de la organización, en apoyo a los objetivos de calidad y de desempeño. Así como proporcionar líneas base de los procesos bajo control cuantitativo que apoye a la administración cuantitativa de los proyectos de mantenimiento. Recolectar y analizar las mediciones del proyecto y aplicar técnicas estadísticas de análisis para identificar causas de variación y generar acciones correctivas para controlarse y mitigarse en la administración del proyecto. (Si es que ya tienen definidas las primeras dos tareas de la actividad, esta comenzará a partir de la tercera tarea en el proceso de mantenimiento).

Las tareas de las cuales se compone esta actividad se mencionan a continuación brevemente:

1) Definir los objetivos organizacionales. El equipo de mantenimiento se reúne para obtener los objetivos organizacionales y prioridades estratégicas que desean obtener.

2) Identificar mediciones, objetivos, información requerida, prioridad e indicadores. Mediante la aplicación de la metodología GQ (I) M [15], se produce el modelo de medición a usar. Fue necesario generar un documento que provea un ejemplo del uso paso a paso de la metodología GQ (I) M para la identificación de objetivos cuantitativos, mediciones, indicadores, métodos de cálculo, roles y otros factores ahí descritos. Esta metodología fue elegida por su fiabilidad, facilidad de aplicación y por el apoyo a la identificación temprana de los factores que inciden en el proceso de medición. Es necesaria una reunión entre el equipo de mantenimiento para obtener las mediciones, sin embargo, el responsable de mantenimiento es el encargado de la manipulación y establecimiento de las mediciones

   Asimismo, se propone una plantilla para almacenar el modelo de medición resultante, el cual es producto de la aplicación de la metodología antes mencionada para proveer tanto los objetivos organizacionales, conceptos a medir, entidades a medir, mediciones, formas de cálculo, etc. Este modelo es una variación del meta modelo de medición propuesto por [16] que abarca más entidades de negocio actuales en las industrias de software.

3) Realizar mediciones. El equipo de mantenimiento o el responsable de mantenimiento registran las mediciones correspondientes a las métricas solicitadas en las plantillas base para recolección de mediciones, esto en el periodo acordado dentro del modelo de medición que contiene una especificación completa de cómo obtener la medición e interpretarla.

   En esta tarea, las plantillas base para la recolección de mediciones usan las métricas de variación de esfuerzo y duración, así como las métricas CPI (*Cost Performance Index*) [17] y SPI (*Schedule Performance Index*) [18], las cuales proveen un índice de desempeño actual de las tareas involucradas en el proyecto respecto a lo planeado. Además de los cálculos necesarios para obtener la métrica, la plantilla provee el indicador gráfico de control para al visualización del comportamiento de la medición y del proyecto durante su ciclo de vida.

4) Ejecutar recolección de mediciones. El responsable de mantenimiento recolecta las mediciones en el periodo correspondiente, dichas mediciones están contenidas en las plantillas base de recolección de mediciones, esto se hace por cada proyecto de mantenimiento. Posterior a ello, incorpora las mediciones al reporte organizacional, el cual es una plantilla que contiene todas las mediciones de los proyectos a la fecha.

5) Analizar las mediciones e interpretar los resultados. El responsable de mantenimiento analiza la información proporcionada por las mediciones, ya sea por los indicadores que proporcionan las plantillas de las mediciones o por la generación de los indicadores establecidos en el modelo de medición con la información proporcionada por el reporte de los proyectos.

6) Generar o actualizar líneas base de desempeño. El responsable de mantenimiento genera el reporte de las mediciones en el periodo establecido en el modelo de medición con los indicadores definidos en el mismo. También, define las líneas base de desempeño que se toman como referencia en las tareas de los futuros proyectos a mantener.

   Se han generado reportes en forma de presentación que contienen la línea base para la generación de reportes de las mediciones recolectadas, la representación gráfica de su comportamiento y la línea base de desempeño esperada para el siguiente periodo o proyecto.

7) Presentar y comunicar lo resultados. El responsable de mantenimiento comunica al equipo de mantenimiento

los resultados de las mediciones reflejados en los reportes.

B. *Actividad para el control y evaluación del proyecto de mantenimiento*

Objetivo: Definir, documentar y mantener las actividades, acuerdos y compromisos a lo largo del proyecto para satisfacer los requerimientos del cliente. Proporcionar visibilidad suficiente y real sobre el progreso del proyecto, esto con la finalidad de que el líder de proyecto y mantenedores en general definan acciones preventivas y/o tomen acciones correctivas cuando el desempeño del proyecto se desvíe del plan.

Establecer y mantener objetivos cuantitativos para la administración del proyecto para alcanzar los objetivos de rendimiento del proyecto de mantenimiento mediante el uso de mediciones.

1) Revisar objetivamente el plan de proyecto. El líder de proyecto del equipo de mantenimiento, así como el responsable del mantenimiento se reúnen para analizar el plan de proyecto. La plantilla de plan de proyecto de mantenimiento describe a detalle los requerimientos a cumplir por el SprintM, así como las actividades, tareas, tiempo y esfuerzo estimados para esas tareas y el responsable de realizarlas.

2) Identificar riesgos y premisas del proyecto o del SprintM. El líder de proyecto del equipo de mantenimiento, así como el responsable del mantenimiento se reúnen para identificar los riesgos potenciales, si es que existen, así como las premisas (herramientas, licencias de SW, tareas, necesidades, fechas de revisión, fechas de entrenamiento, tanto interno como para el cliente, fechas y características de pruebas, de instalación y de entrega, etc.) ya sea en el proyecto de mantenimiento en general o en el SprintM a comenzar. Se documentan los riesgos identificados que apliquen el proyecto, su grado de impacto, causas, consecuencias y soluciones. El riesgo, si es que ya existe, se puede consultar en la matriz de riesgos organizacional para analizar cómo se solucionó.

   Para esta tarea se generaron 2 plantillas. La primera contiene los riesgos identificados durante el proyecto de mantenimiento y la segunda los riesgos históricos más importantes que se han presentado en los proyectos de mantenimiento y las formas en que se controlaron.

   La metodología FMEA [19, 20] fue usada como base para la generación de estas plantillas. Se eligió esta metodología porque con tiene mecanismos para una buena gestión de los riesgos proporcionando, causa, consecuencia, tipo, grado de impacto, grado de control, prioridad, estrategia, etc.

3) Analizar el plan de proyecto, realizar ajustes, si es necesario y validarlo. El equipo de mantenimiento, el líder de proyecto y el responsable de mantenimiento analizan en conjunto el plan de proyecto y realizan ajustes al plan de proyecto, esto en caso de que haya riesgos implicados y que ya se haya elegido una solución. Una vez realizados los ajustes (si los hubo) con el acuerdo de todos, el cambio se debe reflejar en el plan de proyecto. En caso de no haber riesgos y que el plan está bien antes de iniciar el proyecto y el SprintM, solo se requiere validarlo.

4) Actualizar el plan definido del proyecto. El equipo de mantenimiento en general se encarga de actualizar en el plan de proyecto los requerimientos, actividades y tareas realizadas, así como el avance detallado en las mismas.

5) Informar sobre el estatus del avance del proyecto. El líder de proyecto del equipo de mantenimiento así como el responsable del mantenimiento, comunican al equipo el grado de avance del proyecto según lo establecido en el plan de proyecto y analizan que los requerimientos cubiertos hasta ahora están acorde a los establecidos por el cliente. Fue necesario crear 2 documentos que describieran a detalle los requerimientos que el cliente solicita. El documento que refleja los requerimientos funcionales se apoya en la técnica de historias de usuario, la cual describe con detalle dichos requerimientos, se eligió esta técnica porque es de las más usadas dentro del contexto ágil. El documento de requerimientos no funcionales abarca la escalabilidad, el rendimiento, la disponibilidad, la interoperabilidad y la seguridad. Se ha integrado una guía para la recolección de los requerimientos en la actividad de "Atención de la Petición de Modificación".

6) Evaluar el avance y actividades conforme el plan de proyecto y desempeño esperado. El equipo de mantenimiento, el líder de proyecto y el responsable de mantenimiento evalúan los avances que se tienen en las tareas y actividades realizadas, así como su desempeño, teniendo como referencia a las estimaciones y modelos propuestos de desempeño. En caso de necesitar tomar alguna medida correctiva respecto a la planeación, es necesario regresar a la tarea "Identificar riesgos y premisas del proyecto o del SprintM".

7) Comunicar cierre de proyecto. El líder de proyecto se encarga de comunicar al responsable de mantenimiento que el proyecto se ha cerrado para que se pueda pasar a la actividad de "Finalización del Servicio".

C. *Aplicación y experiencia*

La variación de la metodología fue implementada en una PYME de Veracruz, México que cuenta con un año y medio de experiencia en el desarrollo y mantenimiento de software tanto de sus aplicaciones como de otras que el cliente proveía. Su mercado cubría principalmente la facturación electrónica. La organización esta constituida por 22 personas, de las cuales 12 estaban relacionadas directamente con el desarrollo y mantenimiento de software. El equipo de mantenimiento tiene una experiencia promedio de 3 años en mantenimiento software y desempeño en distintos roles en organizaciones pequeñas. Se deseaba un proceso (basado en una metodología) que les permitiera gestionar ordenadamente los proyectos de mantenimiento, así como sus actividades y tareas. También, necesitaban generar evidencia de la duración y esfuerzo

aplicados en los proyectos para poder realizar futuras estimaciones en proyectos de mantenimiento. A su vez, requerían que las planeaciones fueran cumplidas conforme una base cuantitativa que les permitiera tener una visibilidad de su atraso en las tareas a realizar. Por otra parte, mostraban interés en alcanzar en un futuro el nivel 2 de madurez de la norma IEC/15504, ya que esto aseguraría a sus clientes la calidad de su producto software y esto les permitiría un mayor grado de competitividad.

El registro histórico de la variación de esfuerzo que tenían en sus proyectos anteriores revelaba un promedio de variación de duración del 23% durante todo el ciclo de vida del proyecto, lo que supera el 20 % recomendado en la estimación de proyectos de software [21]. Esto generó conflictos con los clientes y pérdidas económicas principalmente.

Se aplicó la variación metodológica al proyecto más reciente de mantenimiento. El proyecto de mantenimiento realizado por la organización con esta propuesta metodológica tuvo un rango de tolerancia de 20% respecto al estimado. El control de las tareas y actividades continuo, así como su evaluación en periodos cortos de tiempo ayudó a que la mayoría de ellas se entregara con una variación de esfuerzo mínima.

Se tuvo una variación de esfuerzo promedio del 11 %, esto tomando en cuenta que el aprendizaje y comprensión de la metodología tomó tiempo para que se aplicara lo mejor posible. El rango de ganancia fue aceptable al no pasar de la duración y esfuerzo estimados, lo que generó satisfacción con el cliente y la PYME que implementó la metodología en su proceso. La figura 1 muestra la comparación de la variación de duración antes de implementar la propuesta metodológica y los resultados obtenidos después de implementarla.

Como se puede observar en la figura 2, hubo mejoras muy significativas en el desarrollo, pruebas y despliegue. Esto por visualizar con anticipación los riegos implicados en el proyecto a mantener o en el SprintM a iniciar. Las reuniones habituales y la participación de todos los involucrados para resolver los riesgos hizo que se eligiera la mejor opción, así como el camino mas viable para implementar dicha solución, esto hizo que no se aplicara esfuerzo de más en actividades no planeadas para encontrar como resolver el problema que se presentó.

El equipo, al evaluar su desempeño y tener una base de la cual partir para medirlo, adquiere mayor responsabilidad e interés en las funciones que van a realizar. Llevar mediciones y reuniones para tener una visibilidad a corto plazo de lo que debe cumplirse hace que se adquiera un gran compromiso para entregar el proyecto a tiempo y saber qué ritmo se lleva conforme a lo planeado inicialmente.

Sin embargo como se puede observar las tareas involucradas a planeación, análisis y diseño, no tuvieron mejora, puesto que al tener una forma eficaz de gestionar los riesgos, es necesario tomar las medidas necesarias para que estos no se materialicen durante el proyecto, por lo que las fases mencionada dedicadas a adquirir el conocimiento necesario para las soluciones antes de la construcción del software, se vieron levemente impactadas. Estas cifras han de mejorar conforme se adquiera experiencia en el tratamiento de riegos, así como se documente la información que pueda ser usada en futuros proyectos. Por otra lado, práctica en la aplicación de la metodología facilitará su uso, haciendo que solo se enfoquen en problemas relacionados al producto se software y no al proceso.

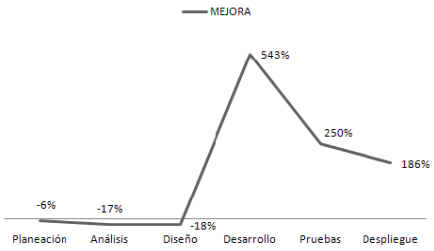


Figura 1. Variación de esfuerzo con respecto al estimado , antes y despues de la aplición de la propuesta metodológica

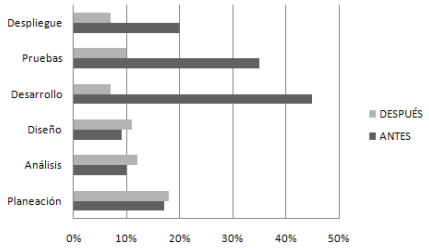


Figura 2. Porcentaje de mejora respecto a las variaciones de esfuerzo antes de aplicar la propuesta metodológica

Los resultados obtenidos hasta ahora son satisfactorios, se observaron beneficios al llevar un control constante de sus funciones y no generar atraso innecesario. También se proporcionó una base sobre las cual las demás áreas de proceso pueden ser implantadas para obtener en un futuro el nivel de madurez pretendido.

IV. CONCLUSIONES

La tabla 3 muestra la relación de las tareas de la actividad de medición respecto a las tareas recomendadas por la norma ISO/IEC12207:2008 en ese proceso. La tabla 4 muestra la relación de las tareas de la actividad que aborda control y evaluación de los proyectos de mantenimiento con las establecidas por la norma ISO/IEC 12207:2008.

En la actividad de medición falta por satisfacer la tarea para identificar y comunicar las mejoras potenciales, puesto que aún no se tiene una estrategia o actividad de mejora definido dentro de la metodología. Respecto al proceso de control y evaluación del proyecto, falta la tarea relacionada al almacenamiento de los resultados y registros en un entorno adecuado, ya que aún no se cuenta con un repositorio que provea dicho entorno.

TABLA III. RELACIÓN DE LA ACTIVIDAD DE EVALUACIÓN Y CONTROL DEL PROYECTO ENTRE AGIL MANTEMA E ISO/IEC 12207:2008

Proceso de evaluación y control del proyecto (ISO /IEC 12207)	Evaluación y control del proyecto (Agil Mantema)
Actividad 6.3.2.3.1 Monitorización del proceso	Tarea 6.3.2.3.1.1-C5
Actividad 6.3.2.3.2 Control del proyecto	Tarea 6.3.2.3.2.1-C2 Tarea 6.3.2.3.2.2-C2
Actividad 6.3.2.3.3 Evaluación del proceso	Tarea 6.3.2.3.3.1-C6 Tarea 6.3.2.3.3.2-C6
Actividad 6.3.2.3.4 Cierre del proyecto	Tarea 6.3.2.3.4.1-C7

TABLA IV. RELACIÓN DE LA ACTIVIDAD DE MEDICIÓN ENTRE AGIL MANTEMA E ISO/IEC 12207:2008

Proceso de medición (ISO /IEC 12207)	Medición (Agil Mantema)
Actividad 6.3.7.3.1 Planeación de la medición	Tarea 6.3.7.3.1.1-M1 Tarea 6.3.7.3.1.2-M2 Tarea 6.3.7.3.1.3-M2 Tarea 6.3.7.3.1.4-M2 Tarea 6.3.7.3.1.5-M2 Tarea 6.3.7.3.1.6-M2 Tarea 6.3.7.3.1.7
Actividad 6.3.7.3.2 Desempeño de la medición	Tarea 6.3.7.3.2.1-M2 Tarea 6.3.7.3.2.2-M3, M4 Tarea 6.3.7.3.2.3-M5 Tarea 6.3.7.3.2.4-M6
Actividad 6.3.7.3.3 Evaluación de la medición	Tarea 6.3.7.3.3.1-M6

La metodología y su variación fueron adoptadas con facilidad por la organización donde se implantó, sin embargo, fue determinante el acoplamiento del equipo de mantenimiento, su experiencia y el acertado juicio de experto que aportó el líder del equipo, ya que todos estos factores ayudan mucho a la mitigación de los riesgos y a una buena planeación conforme a las capacidades y posibilidades del equipo de trabajo.

Como trabajos a futuro se pretende realizar la mejora de las demás actividades a fin de satisfacer el mayor porcentaje posible de las tareas establecidas por la norma ISO/IEC 12207:2008 para poder obtener un nivel 2 de madurez bajo la norma ISO/IEC 15504. Estas mejoras seguirán bajo un enfoque ágil, aplicando mecanismos y artefactos software que permitan un entendimiento intuitivo de las tareas teniendo como prioridad las necesidades de organizaciones pequeñas que se enfocan en el mantenimiento de software.

ACKNOWLEDGMENT

Este trabajo ha sido parcialmente financiado por el proyecto MODEL-CAOS (TIN2008-03582/TIN) financiado por el Ministerio de Educación y Ciencia (TIN2005-00010/).

REFERENCES

[1] M. Kajko-Mattsson and J. Nyfjord. "A model of agile evolution and maintenance process". Presented at System Sciences, 2009. HICSS'09. 42nd Hawaii International Conference on System Sciences, 2009.

[2] H. Svensson and M. Host. "Introducing an agile process in a software maintenance and evolution organization". Presented at Software Maintenance and Reengineering, 2005. CSMR 2005. Ninth European Conference on Software Maintenance and Reingeenering, 2005.

[3] G. K. Hanssen, A. F. Yamashita, R. Conradi and L. Moonen. "Maintenance and agile development: Challenges, opportunities and future directions". Presented at Software Maintenance, 2009. ICSM 2009. IEEE International Conference on Software Maintenance, 2009

[4] S. M. ScrumMethodology. "Incremental, iterative software development from agile processes. rev. 0.9". Advanced Development Methods Inc., 2003.

[5] K. Beck. Exreme Programming Explained:Embrace Change. Addison-Wesley, 2000.

[6] ISO. ISO/IEC 15504:2003, Information Technology ProcessAssessment - Part 2: Performing an assesment. Geneva, International Organization for Standarization. www.iso.org, 2004.

[7] M. García, E. Irrazábal, J. Garzás "Implantación de las normas ISO/IEC 15504 e ISO/IEC 12207 con métodos ágiles y SCRUM". Agil Spain 2010: Haciendo Realidad la Agilidad. Madrid - España, 2010

[8] A. April, J. Huffman, A. Abran and R. Dumke. "Software maintenance maturity model: The software maintenance process model". Journal of Software Maintenance and Evolution: Research and Practice 17pp. 197-223, 2005.

[9] F. Pino, F. Ruiz and S. Salas. Agil mantema, technical report, Instituto de Tecnologiás de Información y sistemas, Universidad de Castilla-La Mancha, febrero 2008.

[10] M. Polo, M. Piattini, F. Ruiz and C. Calero. "MANTEMA: A complete rigorous methodology for supporting maintenance based on the ISO/IEC 12207 standard". Presented at Software Maintenance and Reengineering, 1999. Proceedings of the Third European Conference on Software Maintenance Reengineering, 1999.

[11] M. Iliev, I. Krasteva and S. Ilieva. "A case study on the adoption of measurable agile software development process". Presented at Proceedings of International Conference on Software, Services and Semantic Technologies, pp.1, October 2009.

[12] J. Garzás, C. M. Fernandez, M. Piattini. "Una aplicación de ISO/IEC 15504 para la evaluación por niveles de madurez de PYMEs y pequeños equipos de desarrollo. Revista Española De Innovación, Calidad e Ingeniería Del Software (REICIS), Vol. 5, No. 2, pp. 88-98, 2009.

[13] F. J. Pino, M. T. Baldassarre, M. Piattini and G. Visaggio. "Harmonizing maturity levels from CMMI-DEV and ISO/IEC 15504". Journal of Software Maintenance and Evolution: Research and Practice 22, pp. 279-296, 2010.

[14] ISO. ISO/IEC 12207:2008. systems and software engineering - Software life cycle processes. Geneva, International Organization for Standarization. www.iso.org, 2008.

[15] W. Goethert and J. Siviy. Applications of the indicador template for measurement and analysis. Technical Note CMU/SEI-2004-TN-024, 2004.

[16] M. Ferreira, F. García, F. Ruiz, M. F. Bertoa, C. Calero, A. Vallecillo, M. Piattini and B. Mora. "Medición del software ontología y metamodelo". Departamento De Tecnologías y Sistemas De La Información, Universidad de Castilla-La Mancha, technical report, 2006.

[17] D. S. Christensen. "Using performance indices to evaluate the estimate at completion". Journal of Cost Analysis, pp. 17–24, 1994.

[18] J. P. Gutiérrez and A. L. Paredes." Gestión integrada del coste y del plazo de proyectos. más allá de la metodología del valor ganado (EVM)". Presented at International Conference on Industrial Engineering & Industrial Management-International CIO, 2003.

[19] D. J. Reifer. "Software failure modes and effects analysis, IEEE Transactions on Reliability, pp. 247-249, 2009.

[20] Z. Bluvband and P. Grabov. "Failure analysis of FMEA". Presented at Reliability and Maintainability Symposium, 2009.

[21] M. Piattini, F. García, J. Garzás, M. Genero. Medición y Estimación Del Software: Técnicas y Métodos Para Mejorar La Calidad y Productividad Del Software, Ra-Ma (ed), pp 153, 2008.

PREGUNTAS GRÁFICAS, RESPUESTAS GRÁFICAS

Manuel de Miguel Sánchez
Departamento de Arquitectura
Universidad de Alcalá
Alcalá de Henares, Madrid, España

Abstract - **Uno de los principales problemas de una asignatura de dibujo en un sistema e-learning es la evaluación de los resultados. Las plataformas existentes están pensadas para ejercicios escritos, no gráficos. En este artículo se explica el desarrollo de un modelo de ejercicios gráficos on-line que abren el camino a posibles exámenes enteramente gráficos.**

Palabras Clave: Examen gráfico on-line; comprensión geométrica; e-learning; operaciones espaciales; visión espacial; sistemas gráficos de representación.

I. INTRODUCCIÓN

Los exámenes de dibujo requieren preguntas gráficas y respuestas gráficas. ¿Cómo implementar un examen de dibujo en una plataforma e-learning cuando las herramientas de que disponemos están pensadas para el lenguaje escrito?, ¿los resultados de las evaluaciones serán alguna vez equiparables a los de la enseñanza presencial?

Estas cuestiones nos llevan a desarrollar una vía de investigación teórica y práctica sobre la enseñanza y el aprendizaje de las asignaturas gráficas en un entorno de e-learning que contemple las peculiaridades de un lenguaje cuya codificación digital apenas ha empezado a configurarse.

En concreto dentro de la enseñanza de la geometría en las carreras de Arquitectura o Ingeniería encontramos conceptos teóricos a nuestro alcance en internet. La asimilación de esos conceptos y de las operaciones habitualmente manejadas requieren de mucha práctica. Los ejercicios tradicionales no son adecuados para las nuevas herramientas informáticas.

Algunos docentes recientemente han sido muy críticos con los procedimientos gráficos utilizados en el sistema de enseñanza de la geometría en España [[1]] (Grassa 2010).

Estos procedimientos no se podrán modificar si no se identifica correctamente el principal problema que se nos está planteando. Y no es la herramienta ese escollo, sino que debemos dejar de considerar la docencia exclusivamente desde la visión de la enseñanza y empezar a observarla mucho más profundamente desde el punto de vista del aprendizaje.

Otro fenómeno importante en el desarrollo de asignaturas como la que nos ocupa es el sistema de evaluación. Se encuentra comúnmente aceptado en la mayoría de las Escuelas de Arquitectura de España un sistema basado en prácticas semanales cuyos resultados representan una buena parte de la nota final de curso. Estas prácticas son idénticas para todos los alumnos ya que se realizan en un aula de manera simultánea.

En el sistema e-learning nos encontramos con un problema a la hora de realizar la evaluación continua. Debemos evitar que las soluciones a las prácticas se conviertan en copias sucesivas. La desubicación de los estudiantes permite que uno realice la solución y que otros alumnos la utilicen sin apenas hacer el esfuerzo de aprender los conocimientos necesarios.

Debemos buscar una metodología de trabajo personalizada para el alumno, promoviendo la profundización en la materia por la propia iniciativa del estudiante. De esa manera cada individuo realizará sus propios ejercicios que se aportarán al grupo.

En esta línea, en los últimos años he desarrollado unas pruebas tipo test para la mejora de las habilidades y conocimientos geométricos de los alumnos. Desde su origen fueron planteados para ser adaptados a un sistema e-learning. En este momento dicha adaptación se encuentra en una fase avanzada de su desarrollo.

Las condiciones de partida auto-impuestas fueron:

- Experimentar diversos tipos de pruebas que se puedan utilizar a modo de entrenamiento y autoevaluación para la asignatura de geometría.

- Estas deberán ser pruebas fundamentalmente visuales y que no requieran una gran formación teórica previa. Se podrán aplicar así desde el principio de los estudios.

- Obtener imágenes sintéticas que reúnan diversas operaciones y ayuden a fijar los conocimientos.

- Dar la posibilidad de que el alumno aísle las operaciones y sea capaz de llegar a una solución por sus propios medios.

- Las imágenes se ofrecerán en varios sistemas de representación que se entremezclarán dando suficiente rigor y concreción a las soluciones.

- Finalmente se tratará de implicar a los alumnos para que sean ellos mismos los que elaboren las imágenes y los propios test.

Los test requieren explicaciones posteriores que permiten entender el reconocimiento de las operaciones y las proyecciones de esas figuras. Los "trucos" que acompañan las sesiones de corrección son fundamentales para su eficacia. Una de las metas más importantes de la investigación a futuro es que tanto las figuras como las explicaciones posteriores lleguen a ser aportadas por los propios alumnos. Es muy importante que desarrollen su trabajo simultáneamente, como ejercicios de investigación por un lado y como proyectos de innovación por otro.

La Universidad de Alcalá pone a disposición de sus alumnos la plataforma Blackboard Learning System. En este momento ya se ha desarrolla la herramienta y los test se pueden realizar en línea. Los resultados y explicaciones son más ágiles y efectivos. Dentro de poco tiempo se podrán extraer conclusiones sobre su utilidad. Hasta ahora el modelo se plantea como un buen complemento del sistema actual y una posible vía para innovar en los métodos de aprendizaje de la geometría y quizá también otras asignaturas de Expresión Gráfica en la Arquitectura y la Ingeniería.

II. INTENCIONES DE PARTIDA

Fig. 1.- Composición I. (por el autor del artículo)

La prueba se plantea inicialmente para medir dos efectos principales:

a) Reconocer las transformaciones (operaciones) que en el contorno aparente de un cuerpo conocido se producen al sustraer otra figura geométrica. Es importante fijar la atención en pequeños detalles que revelan la naturaleza de los elementos que participan en la composición. Se trata de premiar la capacidad de concentración del alumno.

b) Medir la influencia de la forma en que se presenta la figura-enunciado (sistema de representación), eligiendo dos aspectos, uno, perspectiva sombreada semitransparente y otro mediante planta y dos alzados (diédrico). La velocidad con que el alumno elabora la imagen mental del objeto es decisiva para el resultado de la prueba.

Se opta por hacer dos tipos de secuencia en las composiciones:

1. Repetir la misma composición en los tres cuestionarios. Permite al alumno mejorar a lo largo de los sucesivos pasos, al trabajar repetidas veces sobre la misma composición en un aprendizaje progresivo.

2. Una composición diferente en cada cuestionario. Esta situación favorece la doble lectura de los resultados que se plantea en el primer punto. Por un lado se puede evaluar varias veces desde el punto de vista de la comprensión de las operaciones efectuadas y por otro al utilizar dos sistemas de representación diferentes el orden en que se presenten las figuras no es tan decisivo. Este sistema sirve también para evaluar el propio test.

III. TEST DE COMPRENSIÓN GEOMÉTRICA

Fig. 2.- Composición II. (Modelo e imagen por el autor del artículo)

A continuación se exponen los procedimientos seguidos y los resultados de los test, que empiezan a lanzar algunas conclusiones interesantes para la aplicación en marcha. No se ha incluido la recogida de datos por considerarla demasiado prolija para la extensión de este artículo.

Se propone como metodología de investigación la implementación de un test de lectura rápida geométrica. El objetivo es llevar a la práctica una propuesta de análisis de los conocimientos de geometría a través de breves ejercicios de reconocimiento e identificación. El planteamiento inicial es crear una imagen-enunciado que ha sido compuesta a partir de un cuerpo geométrico básico realizando sobre el mismo unas operaciones booleanas (FIG. 7) de sustracción de uno o varios cuerpos geométricos también básicos.

La elección de objetos sencillos se basa en la idea de eliminar la mayor cantidad posible de explicaciones previas. Unos elementos de sobra conocidos por todos permiten sin embargo crear composiciones complejas que ponen a prueba esos conocimientos.

En concreto se toman, una esfera, un cilindro, un cono y un cubo. Se puede, por ejemplo, tomar un cubo al que se le sustrae un cono cuyo eje coincide con una arista o la diagonal del cubo, o bien se puede partir de una esfera a la que se le sustrae un cilindro y un cono, etc. Siempre buscando una relación geométrica basada en vértices, aristas, diagonales, etc.

La imagen-enunciado se presenta en dos formatos, uno como perspectiva sombreada semitransparente y otro en planta, alzado y alzado lateral. A la vista de esta primera imagen se plantean dos ejercicios, en el primero llamado de reconocimiento se trata de saber cuáles son las figuras básicas que han participado en la composición del elemento.

En el segundo, llamado de identificación, se da un conjunto de imágenes similares a la primera, compuestas también por el mismo tipo de cuerpos básicos entre las cuales se pueden encontrar una o varias imágenes que se corresponden con la primera, aunque puede ser presentada desde otro punto de vista. Se trata de identificar, por tanto cuál o cuáles de ellas se corresponden con la imagen-enunciado.

Los dos ejercicios comparten una sola hoja por una cara en tamaño A4. Para evitar tener que aislar a los alumnos que van a realizar la prueba se elaboran cuatro composiciones nombradas "COMPOSICIÓN I, II, III y IV" (FIG. 1, 2, 6 y 8). Así la prueba del alumno de al lado siempre será distinta de la propia. Los textos empleados son muy escuetos. En el primer ejercicio: *"Marque con una X las figuras que cree que han sido utilizadas para elaborar la presente composición"*. En el segundo ejercicio*: "Marque con una X las proyecciones que cree que corresponden a la composición dada"*. El cuestionario se complementa con el nombre del alumno y la fecha en que se realiza.

El test se propone a los alumnos con carácter voluntario. Se ha planteado dentro del grupo de los alumnos de la asignatura de Geometría (de primer curso de Arquitectura). Los momentos elegidos han sido el primer y el último día de clase. Cursos 2009-2010 y 2010-2011. (Dado que el presente curso aún no ha terminado, la última prueba, realizada en este año lectivo, aún está incompleta).

Una vez explicado el objeto del test, la respuesta de los alumnos la podemos calificar como excelente. El ambiente ha resultado de participación activa y no se han producido respuestas negativas ni se han detectado test en blanco o con información no solicitada. Los impresos fueron repartidos por el profesor, dando dos minutos de tiempo para contestar cada uno de ellos.

El test completo consta de tres cuestionarios diferentes. El primero plantea la imagen-enunciado en perspectiva sombreada, el segundo en forma de planta y dos alzados, y el tercero vuelve a repetir el formato del primero. El ejercicio de reconocimiento es el mismo para los tres cuestionarios y el ejercicio de identificación varía del siguiente modo:

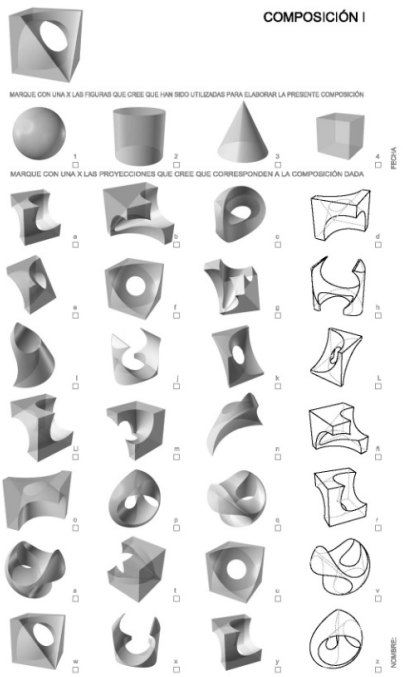


Fig. 3.- Composición I-Cuestionario I. (por el autor del artículo)

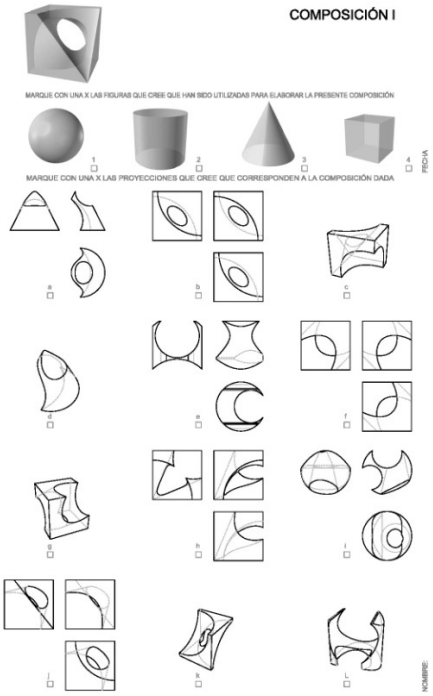


Fig. 4.- Composición I-Cuestionario II. (por el autor del artículo)

Primer cuestionario (FIG. 3): 21 perspectivas sombreadas semitransparentes y 7 perspectivas lineales.

Segundo cuestionario (FIG. 4): 18 perspectivas sombreadas semitransparentes y 6 perspectivas lineales.

Tercer cuestionario (FIG. 5): 12 figuras variadas, mitad en forma de perspectiva lineal y mitad en planta y dos alzados.

Los resultados se introducen en una hoja de cálculo que los agrupa en aciertos y fallos. De la combinación de ambos se obtiene una clasificación de tres posibilidades, A, en el caso de tener un 100% de aciertos, B, cuando el número de aciertos es mayor o igual al doble del número de errores, C, en el resto de los casos.

De aquí se obtiene el número de alumnos que pertenecen al grupo A, B o C y su porcentaje respecto del total. Consideramos que el grupo conjunto de A+B nos ofrece el número de muestras que han respondido correctamente al test, muestra correcta y que el grupo C es el número de test fallidos, muestra errónea.

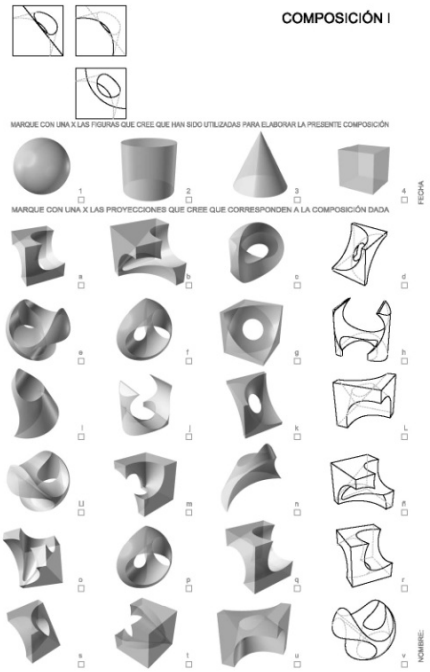


Fig. 5.- Composición I-Cuestionario III. (por el autor del artículo)

IV CONCLUSIONES

Fig. 6.- Composición III-(por el autor del artículo)

Los recuentos generales nos indican que el 75 % de los casos dan resultados positivos (C=0)

A la vista de los datos, se puede afirmar que la forma de presentar la figura en planta y dos alzados facilita el ejercicio de reconocimiento. Entre un 15-20 % más de acierto en reconocimiento que en identificación. Esto se entiende mejor si ponemos un ejemplo. Si la figura está compuesta por un cubo y un cilindro la intersección puede presentar circunferencias o elipses, pero si la figura se compone por un cubo y una esfera la intersección sólo puede presentar circunferencias. Reconocer si estamos ante una elipse o una circunferencia puede resultar, en la mayor parte de las ocasiones, más fácil en planta y alzados que en perspectiva.

Por otro lado también se puede afirmar que esta forma de presentar el enunciado es la menos favorable para el ejercicio de identificación. Los resultados son un 10%. mejores en identificación cuando el enunciado es en perspectiva. La razón puede ser, que el enunciado en planta y dos alzados requiere elaborar una imagen mental del conjunto a partir de sus proyecciones. Se necesita más tiempo, por tanto para asimilar la figura que cuando se ofrece en perspectiva y dado el número importante de imágenes a cotejar y un tiempo muy reducido para seleccionarlas los resultados empeoran con este sistema. Parece razonable recomendar el uso de plantas y alzados para la información precisa y elaborada, la que puede dar lugar a confusión, y la proyección perspectiva para aquella información que deseemos identificar rápidamente.

La proyección en perspectiva se revela como más rápida pero menos precisa, la dispersión en los errores así lo indica, (lo llamaremos sistema rápido) mientras el sistema diédrico es más lento por el tiempo que requiere su lectura, aunque resulta más riguroso. (lo denominaremos sistema lento)

Entre los resultados de las pruebas realizadas al principio y al final del curso la diferencia más acusada se presenta en el cuestionario 2 a favor de los alumnos que han terminado el curso de geometría en un 8%. Esto es lógico ya que su entrenamiento en el sistema de representación diédrico es superior.

Los cuestionarios en general presentan desviaciones menores del cinco por ciento respecto del recuento general. Consideramos que son resultados muy homogéneos independientemente de la forma de tomar las muestras.

En los primeros ensayos se realizaron grupos de prueba que combinaban de diferentes formas la realización de composiciones y cuestionarios; a través de una gama amplia de pruebas se fueron acotando desviaciones para asegurar la obtención de resultados fiables.

No es lo mismo haber realizado o no el cuestionario Nº 1 cuando el alumno se enfrenta al cuestionario 2, sin embargo parece que es casi indiferente para realizar el 3 haber hecho o no el 2 previamente. Podemos afirmar que el test es más interesante y ofrece más posibilidades de análisis en su versión completa que en la fragmentada.

Resultados por alumnos: Han participado 110 alumnos de primer curso de la Escuela de Arquitectura de Alcalá de Henares.

El 16% del total obtiene un resultado de pleno acierto. Calificación “A” en todos los cuestionarios cumplimentados.

El 31 % de los test obtiene al menos una “B” y no presenta ninguna “C”. Es decir un tercio de los alumnos cumplimentan todos los un ejercicios correctamente. Las llamamos <u>muestras positivas</u>.

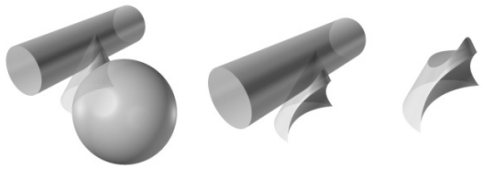


Fig. 7.- Composición III- Secuencia operaciones booleanas. (por el autor del artículo)

V. INTENCIONES A MEDIO PLAZO PARA LA INVESTIGACIÓN CON RELACIÓN AL TEST.

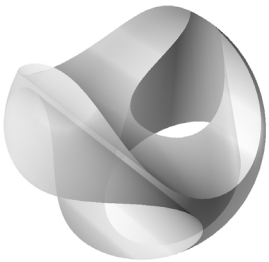


Fig. 8.-Composición IV. (por el autor del artículo)

Este test se ha centrado en las intersecciones entre cuerpos y los efectos en el contorno aparente. Para futuros trabajos tenemos anotados otros temas de interés geométrico:

- La simetría, como patrón de reconocimiento de la realidad que ayuda a comprender la estructura interna de los objetos, las posiciones relativas entre ellos y la de los mismos en relación con el observador.

- Las proporciones en los objetos de dos y tres dimensiones. Los números nos ayudan a descubrir la información oculta en las formas. La verdadera magnitud.

- Las tangencias de curvas y superficies. Experiencias relevantes en el conocimiento de las características de los cuerpos geométricos. La continuidad y discontinuidad como derivadas de ese conocimiento.

Por todo ello consideramos que con la implementación de este tipo de pruebas o proyectos se abre una nueva línea de investigación en relación con la enseñanza de la Geometría y asimismo con la capacidad de esta para adaptarse y seguir siendo una ciencia aplicada a pesar de los cambios que están sufriendo las profesiones de Arquitectos e Ingenieros.

REFERENCIAS

ARNHEIM, R. (1969): El pensamiento visual. Barcelona: Paidós.

CARD, S.K., J.D. MACKINLAY y B. SCHNEIDERMAN (1999): Information Visualization: Using Vision to Think. San Francisco: Elsevier.

GHYKA, M. (1983): Estética de las proporciones en la naturaleza y en las artes. Barcelona: Poseidón.

GOMBRICH, E.H. (1959): Arte e ilusión. Barcelona: G.Gili.

SPENCE, R. (2007): Information Visualization: Design for Interaction. London: Prentice Hall.

TUFTE, E.R. (2005): Visual Explanations: Images and Quantities, Evidence and Narrative. Cheshire, Connecticut: Graphics Press.

TUFTE, R. (2006): Envisioning Information. Narratives of Space and Time. Cheshire, Connecticut: Graphics Press.

VILLANUEVA BARTRINA, LL. (1996): La perspectiva lineal. Su relación con la fotografía. Barcelona: Edicions UPC.

MARINA, JOSE ANTONIO (1993): Teoría de la inteligencia Creadora. Barcelona. Círculo de Lectores.

CARMEN GARCÍA REIG E ISMAEL GARCÍA RÍOS. (2008): Actas XII Congreso Internacional de Expresión Gráfica Arquitectónica, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid.

FERNÁNDEZ MARTÍN, J. J., SAN JOSÉ ALONSO, J. I. 2010. Las TIC. En EGA: Una lanza a favor de Moodle. XIII Congreso de Expresión Gráfica Arquitectónica. Valencia.

GRASSA-MIRANDA, V, M; GIMÉNEZ-MORELL, R 2010, Aproximación al análisis del sistema diédrico español como lenguaje. Revista EGA, n.15, Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica, Universidad Politécnica de Valencia.

GRASSA-MIRANDA, V. 2010. El sentido perceptivo en la gramática del sistema diédrico español. XIII Congreso de Expresión Gráfica Arquitectónica. Valencia.

NOTAS

[1] *GRASSA 2010. "La primacía de la representación proposicional en la gramática del sistema diédrico español y su autonomía respecto a la experiencia, acentúa el abismo entre las variables lógicas de la operatividad proyectiva y los acontecimientos relacionados con el mundo fenomenológico"* Grassa 2010.

Software para interoperabilidad de datos entre PDI multifabricante en servicios de videoconferencia en la UNED

Covadonga Rodrigo
UNED – Universidad Nacional de Educacion a Distancia
Madrid - España
covadonga@lsi.uned.es

Noé Vázquez, Vanesa Alonso, Martín Santos, David Gago, Marta Vázquez, Fernando Carnicero, Antonio Sernández, María Novo, Darío Martínez
INTECCA – Innovación y Desarrollo Tecnológico de los Centros Asociados
Ponferrada - España
(valonso, nvazquez, msantos, dgago, fcarnicero, asernandez, mvazquez, mnovo, dmartinez)@ponferrada.uned.es

Abstract—**Este artículo presenta la solución adoptada por la UNED (Universidad Nacional de Educación a Distancia) para garantizar la interoperabilidad de las PDI (Pizarras Digitales Interactivas) utilizadas en sus clases. La problemática radica en la utilización de pizarras de distintos fabricantes que han de compartir datos de forma interactiva y sincronizada durante conexiones multipunto entre sistemas de videoconferencia. La herramienta software desarrollada por la UNED, "Pizarra Online", aporta esta funcionalidad permitiendo universalizar el uso de estos dispositivos.**

UNED utilizes interactive whiteboards from multiple manufacturers in its classes. Each whiteboard has to be sincronized with every participant regardless its manufacturer. Thus, UNED has developed the application "Pizarra Online" to guarantee the interoperability among interactive whiteboards and any other touch device.

Keywords; PDI, multifabricante, interoperabilidad, virtualización de servicios, sistemas de videoconferencia, RedFIC

I. INTRODUCCIÓN

Desde sus inicios, la metodología escogida por la UNED fue la actualmente conocida como "*blended learning*" o semi-presencial, disponiendo así los alumnos de una gran oferta de tutorías presenciales en los más de 60 Centros Asociados y Aulas de Extensión Universitaria distribuidos por toda la geografía española.[1]

Con el objetivo de cumplir con los estándares de calidad que exige el Espacio Europeo de Educación Superior de cara a la adaptación a la Sociedad y Economía del Conocimiento, la UNED ha puesto en marcha una organización funcional de sus Centros Asociados mediante Campus territoriales sobre la base de un uso innovador de las tecnologías de la información y la comunicación. De esta forma, se desarrolló la Plataforma AVIP (Audio Visual sobre tecnología IP).

Para asegurar esa cobertura académica similar se buscaron soluciones dirigidas a la optimización de los recursos tutoriales con la idea de solventar problemáticas como matrícula dispersa, capacidad de atención tutorial adecuada, racionalización de los recursos -tutores especializados en centros específicos y demanda de tutorías desde otros centros que no podían dar ese servicio de forma adecuada-. Si un tutor podía atender la demanda de alumnos de otros centros, aparte de los del suyo propio, se conseguía una clara optimización en la gestión y eficiencia de los recursos y aumento de la calidad de las tutorías. Se hizo un diseño de tutorías en red, para las que se necesitó recurrir a las nuevas tecnologías, y fundamentalmente a los recursos multimedia, que conformó una Red Nacional FIC (Formación, Información y Comunicación - RedFIC) de Servicios [2]. Esta red ayudó a la Universidad a cumplir el objetivo consistente de ofrecer las mismas oportunidades a todos los usuarios, independientemente del lugar en el que residan. En este sentido, la disponibilidad de la Red Nacional de Servicios FIC permite racionalizar los recursos y ofertar servicios desde cualquier nodo con acceso a la red.

La arquitectura de la Plataforma AVIP responde a un modelo de Cloud Computing que permite al usuario acceder a un catálogo de servicios estandarizados y responder a sus necesidades, de forma flexible y adaptativa. Este diseño permite además aumentar el número de servicios basados en la red, lo que genera beneficios tanto para la Universidad como para los usuarios, disfrutando de la 'transparencia' e inmediatez del sistema. La infraestructura tecnológica así diseñada tiende a un alto grado de automatización, una rápida movilización de los recursos, una elevada capacidad de adaptación para atender a una demanda variable, así como sistemas de virtualización[3] avanzada y una inversión flexible en función del uso realizado.

En este diseño se definió el Nivel 1 de servicio AVIP, o nivel de Videoconferencia, que consistió en dotar a la red de centros asociados de la UNED de aulas equipadas con un equipo de videoconferencia de gama alta y de una PDI (pizarra digital interactiva), con el fin de ofrecer clases o tutorías simultáneamente a varias aulas separadas físicamente. Estas aulas se denominaron "Aulas AVIP". Con esta topología, se requería que el alumno y profesor-tutor estuvieran físicamente en un aula AVIP en la que los equipos de videoconferencia se encargarían del intercambio de video y audio mientras que para la interacción de datos se dispondría de PDI. Se trabajó en el

desarrollo de una plataforma para facilitar la integración de todo ese equipamiento disponible para permitir que todos los participantes pudiesen trabajar en igualdad de condiciones, sin restricciones, simulando condiciones casi reales, en lo que denominamos "presencialidad virtual"[4], lograda en virtud de las premisas de calidad, sencillez e interactividad utilizadas en el diseño de la plataforma.

II. DESCRIPCIÓN DEL AULA AVIP

En un Aula AVIP Nivel 1 se integraron principalmente 2 sistemas de comunicación audiovisual:

La videoconferencia que permitió plena interactividad de video y audio (imagen del profesor y de los alumnos). Se compone de *codec*, cámara, monitor micrófono y altavoces colocados en un soporte móvil.

- El *codec* de videoconferencia realiza las funciones de codificación/decodificación del audio, video y su transmisión a través de la red.
- La cámara permite la captación del video en local.
- El monitor muestra la imagen del equipo de videoconferencia
- El micrófono permite la captación del audio local.
- El sistema de altavoces permite la reproducción del audio remoto.

La Pizarra Digital Interactiva y el software "Pizarra Online" permitieron la plena interactividad de contenidos. Todos los presentes en el aula pueden escribir sobre una misma pizarra blanca o hacer anotaciones sobre un mismo documento. El conjunto se compone de un ordenador, video-proyector y pizarra digital.

- El ordenador es el equipo desde el que se accede al software Pizarra Online. La proyección sobre la PDI haría las veces de monitor de este ordenador.
- El video-proyector permite mostrar con suficiente resolución y luminosidad la imagen del ordenador sobre la Pizarra Digital.
- La Pizarra Digital es el dispositivo sobre el que se proyecta la imagen del ordenador, reconociendo éste la "tiza" (un lápiz específico en las pizarras de tipo electromagnético o bien una pulsación en la de tipo táctil) como un periférico tipo ratón.

Figura 1: Foto aula local.

Todas las aulas AVIP de Nivel 1 (ver figura 1) tienen instalado el equipamiento que acabamos de enumerar. Lo que varía de unas aulas a otras son los equipos concretos, es decir la marca y modelo de cada componente del aula, pero cumpliendo todos ellos una función equivalente.

Estos servicios de tutoría requerían un nivel muy alto de interactividad en vídeo, audio y contenidos, con la máxima calidad posible[5].

La Pizarra Digital Interactiva es el lugar central del aula, es el elemento principal donde el profesor desarrollaba los contenidos y donde los alumnos, tanto locales como remotos, complementan esos contenidos.

III. ANTECEDENTES

Una vez que se definió el equipamiento del aula AVIP, se empezó el piloto para verificar la viabilidad del diseño.

Las primeras Aulas AVIP conectaban sus PDI utilizando el propio software de escritorio del fabricante (Hitachi y Smart). Esto sacó a la luz una problemática crucial: **era muy complicado conectar PDI de distintos fabricantes**. En algunos casos ni siquiera era posible. **Incluso entre PDI de la misma marca eran frecuentes los problemas a la hora de conectarlas y compartir documentos**.

Fue entonces cuando se decidió comenzar a buscar alternativas para poder conectar las pizarras de una forma sencilla y estable independientemente de la marca o fabricante (la UNED disponía ya de un parque de pizarras y de cara a futuro tampoco quería restringir su campo de acción a un fabricante concreto pudiendo conseguir así políticas de precio favorables). Estas alternativas contemplaron el uso de alguna herramienta existente y el desarrollo propio.

IV. FASES DEL DISEÑO

A. *Análisis de software disponible*

Se realizó un informe sobre el software de pizarra disponible en aquel momento con el fin de valorar la utilización de alguna herramienta existente o el desarrollo propio de una nueva pizarra. En la Tabla 1 se muestra un resumen, con las características más importantes analizadas:

Table Head	**Software de PDI**		
	Tecnología y S.O.	***Paginado***	***Formato Edición***
Flex Whiteboard	Flex – Windows, Unix/Linux, Mac OS X	Sí	Imagen de Flickr
TigerBoard AG	Java - Windows, Unix/Linux, Mac OS X	Sí	.txt, ppt, htm, gif, jpg, doc, png, bmp
Tulka Whiteboard	Java Applet - Unix/Linux	Sí	.jpg, gif, ps, dvi, html, doc, rtf
Distributed Whiteboard Project	Java - Unix/Linux	No	Ninguno
Yugma	Java – Windows	No	Escritorio compartido, .jpg

Tabla 1: Resumen de software de pizarras

El análisis de software disponible ha sido una tarea continua que se sigue realizando cada vez que aparece una nueva herramienta similar.

B. *Piloto: desarrollo propio*

Se realizó una primera versión de la pizarra (ver figura 2), basada en una ampliación de un componente Flash que se incorporaba en uno de los paquetes del Flash Media Server.

A principios de 2008 se intentó seguir por esta línea de desarrollo, pero se volvía compleja y era poco mantenible, al tener que ir adaptando el componente a los requisitos.

Aprovechando que por esa época comenzaban las aplicaciones RIA (*Rich Internet Applications*) y nuevas técnicas para construirlas se hizo un estudio de las herramientas disponibles y se concluyó que estaban teniendo un gran impacto las aplicaciones Flash desarrolladas con Flex[6] SDK 2 utilizando *ActionScript* 3 y ficheros MXML. Así se comenzó el desarrollo de lo que se llamó Pizarra Online v1.0.

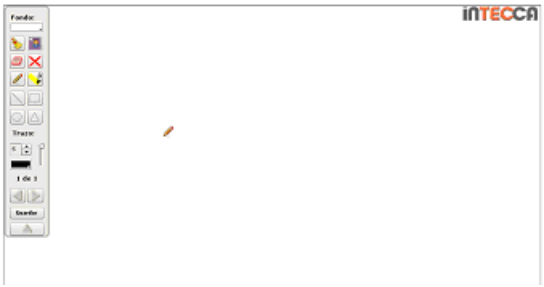


Figura 2: Pizarra Online v1.0 realizada en Flex.

En cuanto al soporte para documentos, inicialmente fue una aplicación independiente, que se integró en la misma. Los documentos se subían al servidor y se convertían a formato SWF (formato flash) de forma transparente para el usuario (ver figura 3)

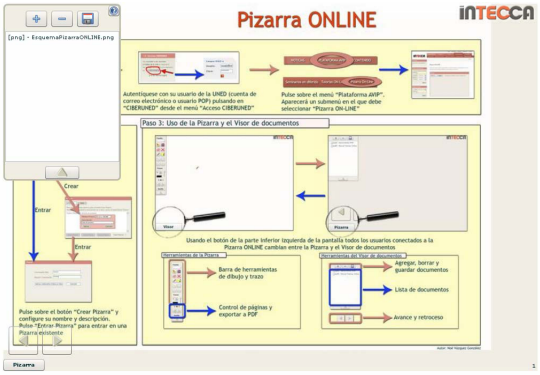


Figura 3: Visor de documentos de la pizarra Online v1.0.

En este momento no era posible realizar anotaciones sobre el documento, sino que se podía cambiar entre pizarra y documento alternativamente utilizando un botón situado en la parte inferior izquierda de la pantalla.

De todas formas, esta herramienta ya tenía gran parte de las funcionalidades que tiene en la actualidad y se presentó en las II Jornadas de Innovación y Tecnología de la UNED en marzo de 2008.

C. *Análisis de requisitos*

A continuación se elaboró un nuevo informe de requisitos que contemplaba todas las ideas que habían ido surgiendo y también todas las sugerencias que nos habían llegado por parte de los primeros tutores que comenzaron a utilizarla en sus tutorías; también se contemplaron los requisitos sobre el interfaz y las tecnologías a utilizar. Las características más importantes que debía de cumplir este nuevo software eran:

- Debía de poderse ejecutar bajo cualquier plataforma: Linux, Mac o Windows.
- Las conexiones se organizarían en salas, de manera que los usuarios de una sala compartan sus recursos únicamente con los usuarios de su misma sala.
- En el listado de funcionalidades específicas se debía incluir: Dibujo y borrado libre, formas geométricas, herramienta resaltar, cambio de color y grosor de trazo, crear, limpiar, eliminar una página, subir documentos en la mayoría de formatos ofimáticos, dibujar sobre documentos, descarga de documentos con anotaciones, herramienta texto, herramienta lupa, etc.

La lista de requisitos no fue definitiva y ha ido evolucionando en función de las prioridades y las nuevas funcionalidades que se han ido solicitando. Todo ello puede consultarse en el Registro de Mejora Continua de la

herramienta que gestiona el equipo de desarrollo de la aplicación.

El objetivo final fue realizar una aplicación web ”Pizarra Online”, que permitiese solventar el problema de incompatibilidad entre software multi-marca de las distintas Pizarras Digitales Interactivas que se usan en las aulas.

D. Desarrollo funcionalidad actual

Como premisas fundamentales dentro del desarrollo de esta herramienta estuvieron la calidad, usabilidad, sencillez y modularidad. Tenía que ser sencilla puesto que la tenían que poder utilizar usuarios que no estaban acostumbrados a este tipo de tecnologías. También se pretendió que formara parte de un módulo reutilizable dentro del resto de herramientas implementadas para así facilitar el mantenimiento y aprovechar al máximo el desarrollo realizado.

Por último, en cuanto al diseño del código fuente se utilizaron las técnicas recomendadas para el desarrollo de aplicaciones RIA, como algunas que forman parte de la micro arquitectura *Cairngorm*. El desarrollo se realizó en Flex (ActionScript 3).

La aplicación dispone de varias barras de herramientas (ver figura 4)

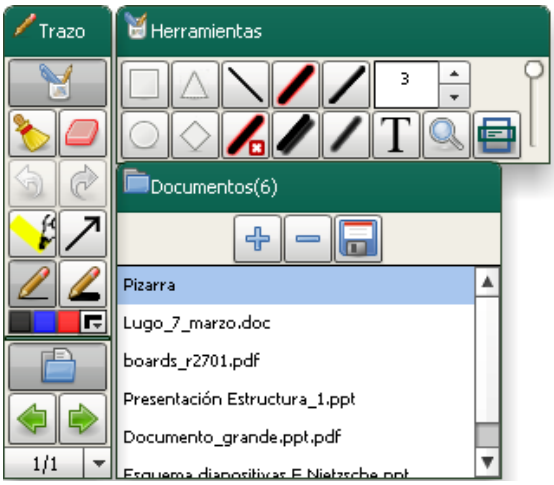


Figura 4: Barra de herramientas actual

Entre las características más relevantes de la aplicación se pueden mencionar:

- Esta herramienta es compatible con cualquier navegador que tenga instalado el Adobe Flash Player. No requiere ninguna otra instalación ni configuración en el equipo.
- Sincronización total: Existe una sincronización total entre los usuarios conectados, en todo momento, cada usuario está viendo el mismo contenido en la pizarra.
- Interfaz sencillo, accesible e intuitivo. Para ello se colocaron sus funcionalidades por niveles, ocultando de la primera vista aquellas que menos se utilizan.
- También se ordenaron estas funcionalidades agrupándolas según su tipo y su frecuencia de utilización procurando que las más utilizadas estuvieran siempre accesibles y visibles para que su uso sea lo más ágil posible.
- A la hora de diseñar la herramienta se tuvieron en cuenta criterios básicos de accesibilidad para que pueda ser utilizada por el máximo número de usuarios posible. Los colores e iconos utilizados pretenden maximizar el contraste con los colores de fondo. Los iconos siempre tienen una forma que permite dar una idea sobre la funcionalidad que representan. Se puede navegar por las herramientas de forma ordenada usando el teclado.
- Una de las partes más importantes de la pizarra fue el área de dibujo: un contenedor en el que se dibujan todos los trazos y que además es el encargado de capturar los movimientos del ratón. Este componente es redimensionable y se adapta a cualquier tamaño de pantalla reescalando el contenido.

Internamente se hace un uso conveniente de orientación a objetos y patrones de diseño modernos. Por ejemplo, existen una serie de clases que representan los distintos modos de funcionamiento de la pizarra, cada uno de los cuales extiende la funcionalidad del anterior:

- Pizarra: es la clase que representa la base, en la que se implementa una pizarra con toda su funcionalidad de dibujo sin comunicación de ningún tipo con otras pizarras.
- Pizarra FMS: mantiene toda la funcionalidad heredada, pero además añade los mecanismos necesarios para sincronizarse con los "Objetos Compartidos" del servidor y notificar los cambios que se produzcan.
- Pizarra Recorder: contiene toda la funcionalidad de Pizarra y Pizarra FMS añadiendo los mecanismos necesarios para registrar los eventos producidos con el fin de realizar una grabación de lo sucedido en la sesión.
- Pizarra Player: mantiene la capacidad de representar dibujos de la Pizarra pero no incluye la lógica relativa a la realización de nuevos trazos. La utilidad de esta versión es reproducir aquellos eventos que se han recogido con anterioridad en una grabación.

Con este diseño se consigue que este módulo sea independiente y a la vez fácilmente mantenible. Cualquier modificación o corrección en las funcionalidades básicas de la pizarra sólo habría que realizarla en la clase Pizarra, quedando modificadas o corregidas las demás de forma transparente.

Existen una serie de clases que definen la forma en la que se deben representar cada una de las figuras en la pizarra. Todas estas figuras heredan los métodos y propiedades fundamentales de una clase común. A la hora de compartir esas figuras, se envían al servidor codificadas en un formato genérico válido para todas ellas, donde se almacenan los atributos necesarios para que puedan ser representadas en cualquier otra pizarra conectada.

Partiendo de la filosofía de la mencionada micro arquitectura Cairngorm para aplicaciones RIA, se utiliza un modelo de datos común para toda la parte de sincronización de la aplicación. Este modelo lleva el control de los cambios realizados en los objetos modificados en el servidor y lanza eventos para actualizar el interfaz. El uso de algunos parámetros enlazados entre el interfaz y el modelo facilita esta gestión.

E. Estructuración de servicios

- Servidor Documentos: La gestión de documentos en la parte del servidor fue quizás una de las partes más complicadas de la Pizarra Online por la cantidad de herramientas que intervienen en el proceso. Por una parte se necesita un servidor Web que admita las peticiones de los clientes para subir, eliminar y descargar documentos. Para procesar estas peticiones se usan scripts en PHP. Los documentos subidos son convertidos a formato PDF (si no lo eran ya) utilizando *OpenOffice*. A partir de ese PDF resultante se generan imágenes de cada una de las páginas utilizando diversas herramientas. Tanto el documento original como las imágenes resultantes son almacenados en una base de datos con integridad referencial (MySQL) para poder acceder a ellas fácilmente.
- Servidor FMIS (Flash Media Interactive Server)[7]: En el código relativo a la aplicación que se encuentra en el FMIS se contienen una serie de prototipos que son llamados desde el cliente para actualizar el estado de la herramienta de forma sincronizada entre todos los usuarios conectados. Estos prototipos permiten acciones como: limpiar una página, añadir un dibujo, avanzar/retroceder página, añadir un nuevo documento, etc.
- Interfaz: La organización interna del interfaz se divide fundamentalmente en dos partes: herramientas de la pizarra y el visor de documentos. Estas partes se encuentran totalmente separadas de los diseños internos tanto de pizarra como de documentos, de esta forma, los cambios en el interfaz son ágiles pues no implican cambios internos en la herramienta. En concreto, el componente visual de la Pizarra incluye dentro de sí al componente Documentos y al área de dibujo, que como se ha mencionado, son totalmente modulares e independientes.

V. ANALISIS DE PDI: LABORATORIO DE INNOVACIÓN

A través del Laboratorio de Innovación del que dispone la UNED en INTECCA (Innovación y Desarrollo Tecnológico de los Centros Asociados) se siguen analizando distintos dispositivos con vistas a la elaboración de fichas técnicas en las que se detallen las características, capacidad de integración, valoración, etc. Entre este equipamiento, aparte de las PDI, también se revisan tarjetas digitalizadoras, codec de videoconferencia y cualquier dispositivo susceptible de ser utilizado en un espacio AVIP.

En este apartado se incluye resumen (ver tabla 1) de varios modelos de pizarra digital interactiva analizados.

	PDI	
	Imagen	***Valoración***
PROMETHEAN ACTIVBOARD		✔✔✔✔
SMARTTECH SMARTBOARD SB680		✔✔✔
Hitachi Starboard FX-DUO-77		✔✔✔
LUIDIA EBEAM PROJECTION		✔✔
Hitachi Starboard FX -77		✔✔
ONFINITY CM2 MAX		✔
Mimio Capture Kit		✔✔✔
EBEAM EDGE		✔✔✔✔✔
Polyvision Eno Classic		✔✔✔✔
Polyvision Eno		✔✔✔
FND Founder		✔✔✔
BI-Bright eRed PV78-C		✔✔✔
Multiclass Board MCT880		✔✔✔✔

Tabla 2 : valoración de pizarras digitales

Los dispositivos han sido probados por al menos 2 técnicos y la valoración conseguida iba de 1 a 5, siendo 5 la mejor valoración. Muchas de estas pizarras están siendo utilizadas hoy en día en la UNED. Los criterios tenidos en cuenta iban entre otros desde :

- Tipo de conexión y alimentación
- Necesidad de lápiz especial para escritura (lápiz con pila,, con punta magnética, etc.)
- Tecnología (panel electromagnético, receptor de infrarrojos, etc.)
- Portabilidad
- Sensibilidad al trazo de la aplicación Pizarra Online
- Fidelidad de la escritura

VI. CONCLUSIONES

Dentro del proyecto de investigación de la UNED relativo al desarrollo de la plataforma AVIP, ha tenido lugar una experiencia piloto que culminó en la necesidad de diseñar e implantar un conjunto de aplicaciones web multimedia que permitieron la realización del trabajo colaborativo en red, entre las que se encuentra Pizarra Online.

La Pizarra Online ha sido una parte fundamental para la interconexión de Aulas AVIP utilizando equipos de videoconferencia, facilitando la conexión a una sala y proporcionando una herramienta síncrona para trabajar con documentos y anotaciones.

Además, se consigue conectar PDI de diferentes fabricantes al ser un software independiente del hardware, puesto que es posible utilizarla con cualquier PDI, ratón, tabletas digitalizadoras, tablet-pc, etc.

Sigue siendo una aplicación en continuo desarrollo, adaptándose a las nuevas necesidades y ampliando su funcionalidad continuamente.

La aplicación de pizarra online es una aplicación web; nos hemos basado en un modelo de *Cloud Computing*[8][9][10][11][12] que permite al usuario acceder a servicios estandarizados y responder a sus necesidades, de forma flexible y adaptativa. La infraestructura tecnológica así diseñada tiende a un alto grado de automatización, una rápida movilización de los recursos, una elevada capacidad de adaptación para atender a una demanda variable, así como sistemas de virtualización[13] avanzada y una inversión flexible en función del uso realizado.

Por último mencionar que al poner en marcha la plataforma AVIP, con la ayuda de la aplicación pizarra online, se consiguió una reducción de distancias y costes de desplazamiento: Con este sistema los usuarios no se tienen que desplazar a un sitio en concreto muy distante, sino que pueden servirse del espacio AVIP que tengan más cerca. Se reducen así los costes de desplazamiento al ser mucho más cortos. Por supuesto, también se gana en otros aspectos económicos relevantes, como son la reducción de tiempo y riesgos inherentes a los desplazamientos innecesarios. En el mismo sentido, la RedFIC contribuye a mejorar el medio ambiente, con menores emisiones de CO_2, reducción en el consumo de hidrocarburos y congestiones de tráfico.

La RedFIC-AVIP que sustenta esta plataforma puede acelerar el retorno de la inversión realizada aprovechando su infraestructura para, en horario y condiciones compatibles con los requerimientos académicos de la Universidad, ofrecer los servicios basados en el concepto de presencialidad virtual a otras instituciones públicas y privadas que podrían aprovechar los mismos beneficios, contribuyendo de manera significativa al Desarrollo Territorial Sostenible.

REFERENCIAS

[1] García Aretio, L. (Coord.); Ruíz Corbella, M.; Domínguez Figaredo, D. (2007). De la educación a distancia a la educación virtual. Barcelona: Ariel, pp. 303

[2] C. Rodrigo, A. Ruiperez, D. Martínez, A. Sernández y J.Vega "Hacia una Red Nacional de Servicios de Formación, Información y Comunicación en la UNED" Publicación de la red nacional de I+D, RedIRIS, Editor. Red.es / RedIRIS. ISSN: 1139-207X.Boletín 85-86.disponible en: http://www.rediris.es/difusion/publicaciones/boletin/85-86/ponencias85-9.pdf

[3] Citrix - Helpful Resources for XenServer http://www.citrix.com/lang/English/lp/lp_1688622.asp.

[4] T. Read, R. Pastor, S. Ros, C. Rodrigo y R. Hernández "The UNED ICT Architecture for "Virtual Attendance" Proc. 23rd ICDE World Conference on Open and Distance Learning (Maastricht – Holland, 2009)

[5] Read, T. (2008) "La letra, con TIC entra" Computerworld nº1186 p. 20 IDG Communications SA (Madrid-Barcelona 2008)

[6] Adobe. "Flex 3". http://www.adobe.com/es/products/flex/. 15-11-2009.

[7] Adobe. "Flash Media Server 3.5 Technical White Paper". http://www.adobe.com/products/flashmediaserver/pdfs/fms3_5_wp_ue.pdf. 15-11-2009.

[8] E. Rahm. Dynamic load balancing in parallel database systems. Lecture Notes in Computer Science, Volume 1123/1996, páginas 37-52.

[9] Zuikevičiūtė, V. and Pedone, F. 2008. Conflict-aware load-balancing techniques for database replication. In Proceedings of the 2008 ACM Symposium on Applied Computing (Fortaleza, Ceara, Brazil, March 16 - 20, 2008). SAC '08. ACM, New York, NY, 2169-2173.

[10] W. F. McColl. Universal computing. Lecture Notes in Computer Science, Volume 1123/1996, páginas 25-36.

[11] Bowen, R. and Coar, K. 2003 Apache Cookbook. O'Reilly & Associates, Inc.

[12] Arzuaga, E. and Kaeli, D. R. 2010. Quantifying load imbalance on virtualized enterprise servers. In Proceedings of the First Joint WOSP/SIPEW international Conference on Performance Engineering (San Jose, California, USA, January 28 - 30, 2010). WOSP/SIPEW '10. ACM, New York, NY, 235-242.

[13] Gaspar, A., Langevin, S., Armitage, W., Sekar, R., and Daniels, T. 2008. The role of virtualization in computing education. SIGCSE Bull. 40, 1 (Feb. 2008), 131-132.

Taxonomía de indicadores de activos intangibles de TI para la Administración Pública

Caso República Oriental del Uruguay

José Carrillo Verdún
Facultad de Informática
Universidad Politécnica de Madrid,
Madrid, España
jcarrillo@fi.upm.es

Bruno Delgado Paguas
Facultad de Ingeniería
Universidad ORT Uruguay
Montevideo, Uruguay
brunodp@adinet.com.uy

Helena Garbarino Alberti
Facultad de Ingeniería
Universidad ORT Uruguay
Montevideo, Uruguay
garbarino@ort.edu.uy

Abstract—**Tomando en cuenta la importancia del concepto de capital intelectual, se presentan algunos de los modelos y extensiones que lo definen y caracterizan, y se estudia una posible aplicación a la Administración Pública de Uruguay, contemplándose los elementos propios de la administración y su entorno. En base a un conjunto de indicadores de activos intangibles se seleccionan aquellos relevantes a nivel de TI y se mapean con el modelo resultante. Se construye una taxonomía que representa las necesidades más comunes que en la bibliografía y en el entorno se consideran de aplicabilidad y que pueden ser útiles en los procesos tanto de valoración de activos de TI como de apoyo a la toma decisiones para la Administración Pública.**

Palabras Claves: activos intangibles, capital intelectual, TI, administración pública, indicadores, taxonomía

I. INTRODUCCION

El presente artículo tiene como objetivo definir una taxonomía de indicadores de activos intangibles de TI para la Administración Pública de la ROU,[1] basada en un conjunto previamente definido por [3] y categorizado según un modelo consolidado de capital intelectual.

Se define el concepto de activo intangible y se presentan un conjunto de modelos para su clasificación, los cuales se utilizarán para construir la taxonomía presentada.

Posteriormente se describe el entorno de estudio, excluyéndose del mismo a las empresas públicas que se rigen con criterios similares a las empresas privadas.

Se presenta la taxonomía resultante del estudio, clasificando los indicadores en dos grupos (pertinentes y no pertinentes), clasificándolos de acuerdo al modelo consolidado de capital intelectual presentando en la sección II.

Las conclusiones a las que se arriban implican la necesidad de construir un conjunto de indicadores que permitan medir el desempeño del gobierno corporativo respecto a una adecuada gestión de los activos intangibles TI.

II. ACTIVOS INTANGIBLES

¿Qué elementos hacen que empresas como Volkswagen, Banco de Santander, Coca Cola, Oracle, Novell, Dell ó Bayer Group mantengan una posición destacada en el mercado? ¿Qué elementos diferencian a estas empresas de sus competidoras en el sector? Perteneciendo a sectores muy diversos, se reconocen elementos comunes que las diferencian de otras, como por ejemplo: una marca que las distingue, patentes, franquicias, software, investigación, ideas y experticia, conformando estos elementos parte del conjunto de activos intangibles de dichas empresas.

A. Definiciones

Un activo intangible es todo aquello que literalmente "no es tangible", como el tiempo, el presupuesto, la lealtad de los empleados o los que se indicaron anteriormente; que no se pueden "tocar" pero sí identificar, medir y controlar. Según [1] "se caracterizan porque es un activo identificable, sin sustancia física y que se destina para ser utilizado en la producción o suministro de bienes o servicios, para arrendamiento a terceros o para fines administrativos".

B. Modelos de Clasificación de Activos Intangibles

Existen diversos modelos que tienen por objetivo servir como herramienta para identificar, estructurar y en menor medida, valorar los activos intangibles. Algunos de ellos son: Balanced Business Scorecard [4], Intellectual Assets Monitor [5], Navigator de Skandia [6], Modelo Intelect [7], Modelo Intellectus [14], el modelo AIE de valoración de intangibles [8] y MERITUM [2], entre otros. El presente artículo se basará tanto en el modelo propuesto por el proyecto MERITUM como en los modelos Intelect y su evolución Intellectus. El primero propone la necesidad de contar con un marco de referencia común aceptado internacionalmente, que sirva de base a las empresas para la identificación, medición y seguimiento de sus intangibles ya que, resultan muy difíciles de imitar por parte de los competidores, con lo que se convierten en una importante fuente de ventaja competitiva sostenible para las empresas [4].

[1] República Oriental del Uruguay

Del segundo es interesante considerar la estructuración que propone para el capital intelectual.

Siguiendo a [13], en el presente artículo se utilizarán indistintamente los términos activos intangibles, recursos intangibles, activos del conocimiento o capital intelectual ya que en la literatura han sido ampliamente utilizados. Sin embargo, si el enfoque es contable, se encuentra el término recurso intangible como el más aceptado; si la visión es económica, entonces el término utilizado será activo del conocimiento y si la visión es de empresa o de recursos humanos, el término será capital intelectual.

En [2] se propone una visión donde se clasifican los intangibles según dos visiones: la visión estática y la dinámica. Dentro del primer grupo se encuentran los recursos intangibles divididos en activos y en capacidades. El segundo grupo, la visión dinámica de intangible, está formado por actividades intangibles, las cuales se clasifican en:

- Actividades que llevan a desarrollar o adquirir nuevos intangibles,
- Actividades que permiten incrementar el valor de los actuales y
- Actividades que permiten evaluar y controlar dichos activos intangibles.

Dentro de los recursos intangibles se encuentran tanto el conocimiento como el capital intelectual siendo el conocimiento y otros intangibles (que no forman parte del capital intelectual [9], como la reputación de las empresas o la fidelidad de los clientes, que serían consecuencias de la gestión del capital intelectual), parte del capital intelectual.

La diferencia entre capital intelectual y activos/competencias intangibles la establecen las actividades intangibles, las que transforman los primeros en los segundos (Fig. 1).

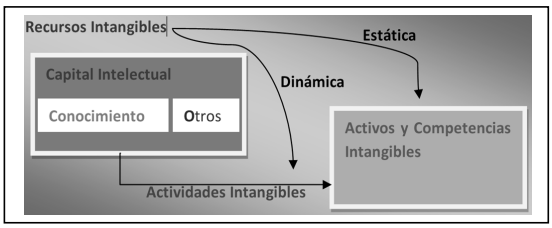


Figura 1. Clasificación de Intangibles

Existe cierto consenso a la hora de considerar el capital intelectual compuesto por tres capitales: humano, estructural y relacional [7][10][11], aunque dicho modelo ha evolucionado como luego se verá.

El capital humano está formado por el conocimiento de las personas que conforman la organización, esto incluye capacidades, experiencia, actitudes y aptitudes, tanto genéricas de toda la organización como exclusivas de las personas. Desde la perspectiva estratégica de la empresa, en [12] se mide el capital humano atendiendo a las capacidades, la formación y el conocimiento que poseen las personas pertenecientes a la empresa.

El capital estructural al que hace referencia [7] es el conjunto de conocimientos que permanecen en la empresa, como ser rutinas, tecnologías de la información, cultura empresarial, procedimientos y sistemas. Este capital ha sido dividido en capital organizativo y capital tecnológico en el modelo Intellectus donde se distinguen aspectos, en el primer caso, relativos a la filosofía del negocio y su gestión y en el segundo caso, tanto a la infraestructura tecnológica como al conocimiento que la crea y administra.

Por último, lo que para el modelo Intelect es llamado capital relacional, se divide en capital del negocio, cuando se observa el valor que tienen para la organización las relaciones con los demás participantes básicos del negocio (clientes, proveedores, accionistas, etc.), y capital social cuando se observan las relaciones con agentes sociales del entorno como ser medios de comunicación, instituciones públicas, de conservación del medio ambiente, etc. A estas cinco categorías de capital, debemos agregar la propuesta por [11], el capital cultural, el cual está formado por los valores, la cultura organizacional, la cultura innovadora y creativa, y la cultura relacional (Fig. 2).

En [11] se cita a los autores Deshpandé y Webster, tomando la definición de cultura como "el conjunto de creencias y valores compartidos que ayudan a los individuos a comprender el funcionamiento de la organización, proporcionándoles las normas de comportamiento dentro de la misma" (Deshpandé y Webster, 1989).

Figura 2. Capital intelectual, basado en [2][14]y[11]

La cultura organizativa se estudia igualmente, en los modelos de medición de capital intelectual citados

anteriormente [2][4][6][7] y [14]. Se considera específicamente la importancia de la cultura organizacional debido a las características del entorno de estudio. En [11] se señala la estrecha relación entre la cultura y las características de los indicadores de capital intelectual y se propone una extensión al modelo propuesto por [14] en el que el capital cultural se desagregaría del resto de las categorías propuestas. Por tanto, y siguiendo ésta línea de análisis, el capital intelectual estaría formado por seis elementos a ser: el capital humano, el capital organizativo, el capital tecnológico, el capital del negocio, el capital social y el capital cultural, conformado este último por el conjunto de valores culturales de la empresa, la cultura organizativa, la cultura innovadora y creadora y la cultura relacional.

De acuerdo a este modelo extendido, se tomará una posible lista de 90 intangibles confeccionada por [3]. Se estudiará su pertinencia en el ámbito de estudio propuesto: la Administración Central en la República Oriental del Uruguay y luego, para el conjunto seleccionado, se ubicarán dichos activos en las categorías propuestas por [11].

III. ENTORNO DE APLICACIÓN

A. Consideraciones contextuales

A finales del siglo XX se produjo una evolución en las organizaciones, en la cual las organizaciones públicas han participado, transformando el modelo de gestión centrado en el ciudadano, modelo basado en los conceptos asociados de servicios y enfoque en el cliente. Este proceso, que se encuentra en permanente evolución y lejos de su final, ha llevado a que los directivos de las organizaciones públicas uruguayas necesiten modelos que las habiliten a entrar en lo que se ha llamado la Sociedad de la Información, con características propias que las distinguen del resto de las organizaciones del medio. Estas transformaciones no sólo suponen un cambio en los roles, agentes y procesos de gestión que deberán redirigir sus objetivos para estar orientados al conocimiento, sino a la necesidad de explicitar los activos intangibles que posee la Administración Pública como fuente de creación de valor. Explicitar los intangibles de la Administración Pública y medir su potencial debería conducir hacia un cambio en la orientación y sentido del servicio público [17].

En este artículo, tomando como base el modelo definido en [15] y [16] para las empresas públicas españolas, se construye un modelo con la realidad de la Administración Pública del Uruguay.

Se tomarán 90 indicadores, los cuales han sido relevados por [3] a partir de una variada y aceptada bibliografía. Primeramente se mencionarán aquellos intangibles que, por sus características no se consideran pertinentes al objeto de estudio descrito por no ser aplicables en el contexto de la administración pública. Seguidamente, se incluyen aquellos que sí lo son justificándose la elección para cada uno de ellos y definiéndolos en un contexto de aplicación relacionada a las TI.

B. Alcance

El alcance del modelo propuesto está referido a la Administración Central, por lo cual debe realizarse una descripción y restricción consecuente alineada con la adecuación del modelo. Para ello, en primer lugar, se debe realizar una caracterización primaria dentro del Estado uruguayo.

En una primera aproximación, de deben separar las empresas del Estado de la Administración Central, Regional y Local, entendiendo por empresas del Estado aquellos emprendimientos industriales y/o de servicios a la comunidad que tienen en su razón de ser, la prestación del servicio asociado a un resultado económico y/o servicio público de carácter empresarial, y por Administración Central, Regional y Local, aquellas funciones inherentes al Estado para el desarrollo de las políticas propias asignadas por la ley y la Constitución de cada país. La Constitución de la República Oriental del Uruguay [18] divide estos roles en:

C. Clasificación

- Entes Autónomos: BCU (Banco Central),BROU (Banco de Fomento),BSE (Banco de Seguros), BHU (Banco Hipotecario), BPS (Banco de Previsión Social), UTE (Electricidad), ANTEL (Telecomunicaciones), ANCAP (Combustibles), ANP (Puertos), OSE (Agua), AFE (Ferrocarriles), PLUNA (Navegación aérea), INC (Administración de la tierra).
- Gobiernos Departamentales (Gobiernos regionales) y Juntas Locales.
- Administración Central: Poder Ejecutivo, Poder Legislativo, Poder Judicial y Tribunal de lo Contencioso-Administrativo, Tribunal de Cuentas, Corte Electoral, Consejos Directivos Autónomos (Enseñanza) y Otros Servicios Descentralizados.

Con respecto al primer grupo, en general, las empresas del Estado, (al tener en una visión moderna de empresas del Estado un ROI a cumplir incluyendo un ROI social cuando corresponde, asociado a políticas de RSE[2]), su gestión estará orientada por criterios de empresa privada, por lo que podría eventualmente (siendo éste un ámbito de desarrollo, investigación y discusión específico) asimilarse a la gestión privada, cuyo objetivo central es la consecución de beneficios. En la actualidad éstas se encuentran en régimen de competencia en el mercado (aunque existen situaciones de monopolio en algunos países), con lo que las estrategias competitivas asociadas a políticas de SI/TI deberán ser consistentes con el estado de la práctica y, eventualmente, el estado del arte del mercado en el que se encuentren, de manera de poder competir eficaz y eficientemente. La excepción en este grupo viene dada por los organismos de control como el BCU, las prestaciones de jubilaciones y pensiones dadas por el BPS y el INC, pero con funciones de servicio y control altamente especializados y de difícil normalización.

El segundo grupo está asociado a la implementación de políticas regionales y locales, quedando para una validación posterior.

En el tercer grupo se encuentran las organizaciones objeto de estudio sobre las que se realizó el modelo. En particular se

[2] Responsabilidad Social Empresaria

toma como caso para la construcción del mismo a la unidad ejecutora Dirección General de Comercio[3], dependiente del Ministerio de Economía y Finanzas.

IV. TAXONOMÍA PROPUESTA

Como se menciona en la sección anterior, el modelo propuesto será una extensión y adaptación del propuesto por [17] el cual ha surgido como resultado del estudio de modelos como el Intellectus [14], su adaptación y posterior revisión por expertos externos.

Dadas las características del entorno presentado, se establece que cada uno de los seis capitales que se proponen en el modelo existen en la Administración Pública uruguaya, restando determinar cuáles indicadores de los que se tomarán como base [3] son los adecuados para cada uno de los activos de TI propuestos.

A. Conceptos previos

- Todos los ciudadanos y/u organizaciones pasibles de recibir servicio se pueden considerar "clientes".
- Todos los ciudadanos y/u organizaciones pasibles de control son objeto de control por parte de la Administración Central.
- En el contexto de la Administración Central, cliente puede ser toda persona física, jurídica o de otro tipo (ONG, etc.) pública o privada.

B. Indicadores no pertinentes

Los siguientes indicadores no se tienen en cuenta para valorar activos intangibles de TI en la Administración Pública, ya sea por no tener como objetivo la valoración de activos de TI o por entenderse que son de aplicación en entornos de empresas en régimen de competencia, y por ende, en ser indicadores que valoran la competitividad de las mismas, fuera del alcance de este estudio. La lista es la siguiente:

Proporción de Grandes Clientes; Tasa de agotamiento de efectivo; Frecuencia De Pedidos Repetidos; Integración Proveedor/Cliente; Derecho a ofertar derecho a competir; Derecho a diseñar, Ganancias de Productividad; Relacionamiento con el Medio Ambiente; Costos de Adquisición del Cliente; Lealtad del Cliente/Satisfacción; Suscripciones; Proporción de Clientes Fieles; Potencial del Mercado/Crecimiento; Pruebas Clínicas, aprobación de la FDA; Ingresos On-line; Clientes Fortalecidos por la Competencia; Capacidad de Endeudamiento; Beneficio por Profesional, cliente; Registros (p.ej., Bases de Datos Propietarias); Stickiness and Loyalty Traffic Measures; Alianzas; Posibilidad de Venta de las Instalaciones; Acuerdos de franquicia; Acuerdos de Licencias; Regalías de Patentes / Know-How; Alianzas de Marketing; Crecimiento de Ingresos por Segmento; Canales de Proveedores On-line; Ingresos por Alianzas; Alianzas I + D / Joint Ventures; Eyeballs (tráfico de uso); Pago Relativo - Salarios (Relative Pay); Competencia; Clasificación, Volumen del Negocio; Fuerza del apoyo de los accionistas incluyendo líderes de opinión; Contratos de los Clientes; Calidad de las Ganancias; Market Share/ Crecimiento; Valoración del Crédito; Beneficio por Empleado; Alianzas Formales; Organización del fortalecimiento de los clientes; Marca,(Investigación, Nivel, Apoyo); Imposiciones Regulatorias; Valor Residual de la Ingeniería Inversa; Lealtad de los Empleados.

C. Indicadores pertinentes

Cada uno de los seis capitales que se mencionan en la Figura 2 y se resumen en la Tabla I, agrupa los activos intangibles vinculados a TI existentes en la Administración Central uruguaya en función de la naturaleza del conocimiento. Estos capitales se desagregan en un conjunto de elementos que identifican y describen conceptualmente grupos homogéneos de activos intangibles.

TABLA I. TIPOS DE CAPITAL INTELECTUAL

Tipo de Capital	Nombre
1	Capital Humano
2	Capital Organizativo
3	Capital Tecnológico
4	Capital Negocio
5	Capital Social
6	Capital Cultural

A continuación, en la Tabla II, se clasifican los indicadores propuestos según el tipo de capital al que corresponden.

Cada componente se desagrega en un conjunto de variables que permiten la medición, mejora y seguimiento de los activos intangibles de TI de acuerdo a la realidad de la oficina, dependencia o ministerio en cuestión.

TABLA II. INDICADORES Y AGRUPAMIENTO POR TIPO DE CAPITAL

Tipo de Capital	Indicadores pertinentes	
	Indicador	*Justificación*
1	Experiencia de los Empleados	Indicador universal. Aplica en el contexto relacionado a la Gestión del Conocimiento de TI.
1	Experiencia de la Alta Gerencia	Habilidades de la dirección para cumplir la misión de la organización; habilidad de la dirección de TI para gobernar las TI de la organización.
1	Calidad de la Alta Gerencia	El valor aportado por la calidad de la gestión de la alta gerencia influye significativamente en la calidad de los productos y los servicios. Podría desagregarse para medir la calidad de los mandos medios.
1	Know-How	La calidad final del producto o servicio está asociada a las capacidades, entrenamiento y conocimiento relativo a la función desempeñada y a los objetivos.
1	Capacidades	Se deben construir indicadores que permitan medir las diferentes capacidades para cumplir las metas. Estos deberían estar referidos a, por ejemplo: satisfacer adecuadamente las demandas de información, proveer un servicio de calidad o acompañar el estado de las buenas prácticas de gobierno electrónico.
1	Valor agregado por Empleado	Métrica básica para conocer el desempeño del funcionario en una función

[3] DGC- Sitio Web disponible en www.comercio.gub.uy

Tipo de Capital	Indicadores pertinentes	
	Indicador	***Justificación***
		determinada, por ejemplo: cantidad de solicitudes recibidas, cantidad de servicios de Mesa de Ayuda realizados, entre otros.
1	Recambio del personal de soporte	Este indicador es relevante debido a la volatilidad del personal de soporte técnico debido a las características del mercado, de la metodología de contratación de empresas proveedoras de servicios al estado y a los movimientos funcionales horizontales entre distintas reparticiones públicas.
1	Capacitación	Indicador que mide la eficiencia de la gobernanza corporativa de TI en la formación y entrenamiento continuo de los recursos humanos.
2	Habilidad para atraer empleados talentosos. Pérdida de talentos	Existen diferentes percepciones tanto para ser proveedor de servicios del estado, como para trabajar en él.
2	Inversiones en Estructura Interna	Considerando este indicador como inversión en estructura organizacional, es un indicador de mejora que aplica en el contexto.
2	Adquisiciones de TI	Relativo a los procesos de adquisición de soluciones y servicios de TI
2	Pérdida de Profesionales	Capacidad para medir el impacto de la perdida de profesionales en el organización
2	Activos Perdidos	Capacidad para medir los activos perdidos referidos a las TI (hardware como infraestructura general y software como código, ejecutables, documentación técnica y de usuario y bases de datos). En función de este indicador se puede determinar cuántos, cuáles y en qué porcentaje se acepta perder y en cuántos y cuáles no. Es una medida de la calidad de la gestión de los activos, que debería ser evaluada en términos estratégico-monetarios para apoyar el proceso de toma de decisiones.
2	Procesos Formalizados	La evaluación con herramientas de procesos formalizados es un paso posterior a la formalización e implantación de dichos procesos (por ejemplo, bajo un marco referencial ISO, CMMI, COBIT, etc.)
2	Adecuación Estructural	Esta es la medida de la relación entre las capacidades de la estructura de TI de la organización vs. sus funciones. Así mismo podría medir cuando su valor es mayor que 1, las capacidades adicionales para brindar servicios de TI a otras unidades o a terceros (desde hosting WEB, espacio en servidores para bases de datos, aplicaciones, salas para capacitación, entre otros).
2	Costos de Educación y Entrenamiento	Es relevante para toda organización incluida el estado. Un posible indicador sería el costo por funcionario comparándolo con estándares internacionales.
2	Procesos Informales	En éste contexto existen gran cantidad de procesos informales por variadas causas: falta de recursos, falta de cultura de orientación a procesos, incluidos procesos de calidad, tradición, cultura organizacional, relaciones jerárquicas no formales, entre otros.
2	Calidad de los Procesos, Productos o Servicios	Estos indicadores actualmente se miden basados en estándares internacionales derivados de instituciones como ISO, de tal manera que sea posible realizar benchmarking.
2	Inversión en T.I.	Este indicador es un elemento fundamental en la estrategia del gobierno de TI, debiéndose considerar las diferentes dimensiones referidas a: apego a los principios de TI, a la arquitectura de TI del negocio y a la infraestructura definidas, relevancia estratégica de las inversiones (integración a la estrategia de la administración) y procesos de toma de decisión.
2	Relación de renovación de plantilla	Indicador que representa la capacidad de la Administración de renovar su plantilla de TI.
2	Calidad del Gobierno Corporativo	Es la nueva gerencia pública basada en la transparencia de la gestión, auditabilidad externa e interna, orientación a resultados y rendición pública de cuentas.
3	Software (Aplicaciones)	Portfolio de aplicaciones de la empresa orientado a brindar servicios específicos.
3	Compra de Tecnología	Se aplica en el contexto referido al foco en la adquisición de tecnología y su actualización.
3	Capacidad de Acceso a los Datos	Disponibilidad de datos para la construcción de métricas para soporte de indicadores
3	Desarrollo de T.I.	Se aplica en el contexto referido al desarrollo de soluciones y servicios de TI
3	Investigación y Desarrollo	Medida de la capacidad de innovación vinculada a mejoras en eficacia (más y mejores productos y servicios) y eficiencia (a menos costo-tiempo-esfuerzo).
3	Sistemas	Este indicador debe medirse a dos niveles, por un lado respecto de la existencia de sistemas de información y procesos soportados por tecnologías de la información, y por otro, a la medida de la eficiencia y eficacia de los mismos respecto a las funciones que deben cumplir. Se podría utilizar el modelo de Parker y Benson [19] para clasificarlos incluso desde un punto de vista económico.
4	Arrendamien-tos	La evaluación de entrada o salida de productos/servicios a/desde terceros podría ser un indicador de capacidades de la organización de TI. En el marco de las tendencias actuales de gobierno electrónico y complementación de servicios del estado (sin relación económica) podría ser un indicador de madurez y por lo tanto acrecentar el activo de TI.
5	Conocimiento codificado	Es necesario para medir la satisfacción de los ciudadanos con los servicios del estado (en el contexto G2C[4]), el desempeño de las jerarquías en el cumplimiento de sus funciones y el desarrollo de gobierno electrónico. En éste sentido el desarrollo de agencias de gobierno electrónico (por ejemplo AGESIC) implementan modelos de evaluación estandarizados para medir dichas dimensiones de éste atributo.
5	Calidad de los contratos de	Es tan pertinente que en el ejemplo uruguayo[5] se creó una unidad dependiente

[4] G2C – Govern to Cityzen
[5] UCA – Unidad centralizada de adquisiciones, disponible en http://uca.mef.gub.uy/portal/web/guest/portada

Tipo de Capital	Indicadores pertinentes	
	Indicador	***Justificación***
	los Proveedores	de Ministerio de Economía y Finanzas especializada.
6	Crecimiento Orgánico	La medida de la evolución de los productos y servicios ofrecidos es un indicador de mejora y valor agregado en el contexto de la innovación
6	Reputación Organizacional	En el presente, el estado uruguayo a través de la AGESIC[6] está inmerso en un proceso de transformación con el objetivo de mejorar todas las capacidades de TI en el estado, alineando las mismas a las mejores prácticas y estándares internacionales.
6	Cultura innovadora	Este indicador debe ser tenido en cuenta y medido desde la óptica de la satisfacción de los ciudadanos, ya que al no existir un régimen de competencia a nivel de mercado, no es preciso innovar para mejorar la competitividad.
6	Flexibilidad de la Planta Física	El volumen, calidad y flexibilidad de la planta física influyen en el desarrollo de capacidades de TI para un mejor desempeño, que debe ser medido en términos de productividad en producto y servicio de SW. Es un indicador que debe apoyarse en diversas métricas como cantidad de PF/desarrollados mes, satisfacción de atención al cliente, capacidad de respuesta reactiva a demandas de TI y capacidad de propuestas proactivas de soluciones de TI
6	Infraestructura de la Planta	
6	Modernidad de la Planta	

V. CONCLUSIONES Y TRABAJOS A FUTURO

Se desprende del análisis anterior que un esquema de indicadores para valorar los activos intangibles en la administración pública tiene una naturaleza diferente que la que se observa en los modelos tomados como referencia para la administración privada, asumiéndose dicho concepto en forma análoga para activos intangibles específicos para valorar activos de TI.

De acuerdo a la tipificación resultante se exhibe una distribución no homogénea de indicadores, resaltando un fuerte peso de aquellos vinculados al capital organizativo y capital humano, representando el 58% del total, siendo el porcentaje vinculado al capital de negocio residual (figura 3).

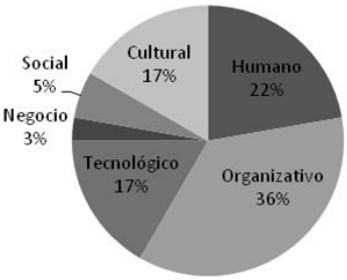


Figura 3. Distribución de indicadores por tipo de capital.

[6] AGESIC – Agencia para el gobierno electrónico, la sociedad de la información y las comunicaciones.

Los indicadores vinculados al capital social, si bien son cuantitativamente pocos, por su naturaleza relacional (ciudadanos y proveedores) son muy importantes.

De lo anterior se desprende que, para construir un modelo robusto de indicadores, la distribución de pesos de los mismos no debiera ser lineal.

Como trabajos a futuro se proponen generalizar los resultados obtenidos al resto de las unidades ejecutoras de la Administración Central y Gobiernos regionales y locales, así como definir el conjunto de indicadores representativos de la taxonomía presentada, que permitan medir la calidad del gobierno corporativo de TI a partir de los mismos.

VI. BIBLIOGRAFÍA

[1] Fundación IASC . 2009. "Resumen: NIC 38. Los activos intangibles". [Citado: 02/2011] http://www.iasb.org/NR/rdonlyres/8C28675D-FE12-468C-A7B7-66F8C1628673/0/IAS38.pdf

[2] Cañibano, L. 2002. "MERITUM": Directrices para la gestión y difusión de información sobre intangibles ó en <http://www.oecd.org>

[3] Zadrozny, W. 2005. "Making the Intangibles Visible: How Emerging Technology Will Redefine Enterprise Dashboards". [Citado: 01/2011]. IBM Research Report. RC24020 (W0503-067)

[4] Kaplan.Norton. 1996. "Balanced Business Scorecard". Harvard Business Press.

[5] Sveiby. 1997. "Intellectual Assets Monitor"

[6] Edvinsson. 1992-1996. "Navigator". Skandia

[7] Euroforum. 1998. "Medición del Capital Intelectual: El modelo Intelect". Instituto Universitario Euroforum Escorial.

[8] Hubbard, D. 2007. "How to Measure Anything". New Jersey: John Wiley&Sons.

[9] Sánchez, A et.al. 2004. "El capital intelectual: concepto y dimensiones". [Citado: 03/2008]. http://www.acede.org/index_archivos/CDMurcia/Indice%20de%20Autores/documentos/IdP566.pdf

[10] Cañibano, L.; García-Ayuso, M. y Sánchez, M.P. 1999. "The Value Relevance and managerial Implications of Intangibles: A Literature Review". en GRÖJER, J. E. y STOLOWY, H. (eds.): Classification of Intangibles, Groupe HEC, Jouy-en Josas, Francia, páginas 78-126.

[11] Trillo, Mª A; Sánchez, S. 2006." Influencia de la cultura organizativa en el concepto de capital intelectual". Intangible Capital. Nº 11.Vol. 2 (pp. 164-180). Enero-Marzo de 2006.

[12] Kaplan, R.S.; Norton, D.P. 2004. "La disponibilidad estratégica de los activos intangibles". Harvard Deusto Business Review, marzo 2004, pp. 38-51

[13] Lev, B. 2001. "Intangibles. Management, measurement and reporting." Washington: Brooking Institution .

[14] CIC-IADE. 2003. Modelo Intellectus.

[15] IADE. SD ."La Gestión de Intangibles en la Administración Pública" [Citado: 02/2008] http://www.iade.org/files/reseña_monografía_cic.pdf

[16] Sánchez Medina, A.J. 2006. "Modelo para la medición del capital intelectual de territorios insulares: Una aplicación al caso de Gran Canaria". [Citado: 02/2008]. Tesis doctoral accesible a texto completo en http://www.eumed.net/tesis/2006/ajsm/

[17] Merino, C. Plaz, R. Villar, L. 2004. "Capital intelectual en la administración pública: el caso del instituto de estudios fiscales". Revista madri+d, Nº. 21, 2004.

[18] Poder Legislativo, República Oriental del Uruguay. "Constitución 1967 con las modificaciones plebiscitadas el 26 de no siembre de 1989, el 26 de noviembre de 1994 y el 8 de diciembres de 1996". [Citado: 03/2008]. http://www.parlamento.gub.uy/Constituciones/Const997.htm

[19] Garbarino, H, Carrillo, J. 2008. "Análisis del valor de un proyecto de TI en el marco del Método Parker". AEMES.N°1, Vol. 5 (pp.1-8) Enero 2008.

Optimização de Rastos GPS

Sistemas de partilha de Carro

Paulo Monteiro, Carlos Carreto
Unidade de Investigação para o Desenvolvimento do Interior
Instituto Politécnico da Guarda
Guarda
paulojbras@gmail.com, ccarreto@ipg.pt

João Peixoto
Centro Algoritmi
Universidade do Minho
Guimarães
peixoto@kanguru.pt

RESUMO: **O presente artigo resulta de um estudo sobre optimização de rastos de GPS, com aplicação em projectos que tirem partido deste tipo de rastos. Apresentam-se os métodos usados para a obtenção de repositórios optimizados de rastos. É feita uma análise à eficácia e aos tempos de execução dos algoritmos de comparação de rastos de GPS, utilizando as diferentes optimizações. Procura-se saber, até que ponto a diminuição do número de pontos nos rastos não prejudica a qualidade da solução obtida. Conclui-se que dentro de uma determinada gama de optimização, este processo é vantajoso, uma vez que reduz os tempos de execução dos algoritmos e, mantém a qualidade da comparação de rastos em níveis bastante aceitáveis.**

Palavras-chave: Optimização de rastos de GPS, rastos de GPS, partilha de carro.

I. INTRODUÇÃO

O estudo apresentado neste artigo surge na continuidade de um projecto em curso, que visa o desenvolvimento de um sistema de partilha de carros, permitindo assim a diminuição do número de veículos que entram nas cidades, reduzindo dessa forma o congestionamento dos centros urbanos [1].

Existe um crescimento notório do número de veículos que circulam nos acessos às grandes cidades, sendo que, a maioria transporta apenas uma pessoa. Este fenómeno contribui para um agravamento significativo do congestionamento dos centros urbanos, que consequentemente causam problemas de estacionamento e agravam a emissão de gases com efeito estufa [2].

Numa primeira fase do projecto, já concluída, foram desenvolvidos algoritmos de comparação de rastos de GPS. O método utilizado baseia-se no cálculo de distâncias entre pontos de diferentes rastos. Considerou-se que a distância total dos rastos é suficientemente pequena para se poder considerar que os pontos dos rastos a comparar pertencem ao mesmo plano e assim calcular a distância entre eles recorrendo ao Teorema de Pitágoras [10].

O projecto em curso consistirá num portal Web composto por um serviço que realiza a comparação de rastos, o qual se complementará com um outro de gestão de utilizadores. A ideia principal é criar uma comunidade de utilizadores/condutores que, frequentemente, partilhem os mesmos percursos ou percursos semelhantes.

O cálculo da distância entre dois pontos serve para estabelecer semelhanças entre os rastos de GPS. O processo consiste em comparar o percurso em questão com todos os outros que já estão inseridos num repositório de rastos. O factor proximidade é utilizado em conjunto com um dos critérios apresentados na Figura 1 [1].

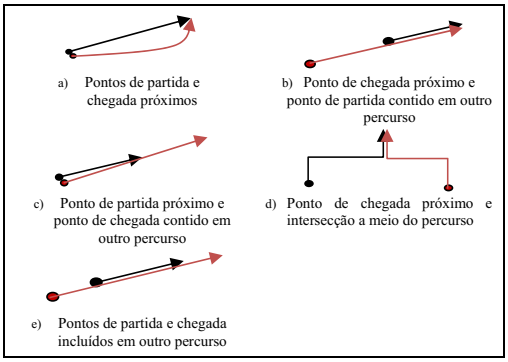


Figura 1. Critérios de comparação de rastos.

Dos cinco critérios apresentados, a solução mais abrangente será a representada na alínea d) da figura 1, em que os pontos de chegada se encontram próximos e existe uma intersecção a meio do percurso.

Os rastos de GPS são formados por pontos, que são identificados por latitude e longitude. Cada rasto precisa de um número diferente de pontos para ser definido. É por intermédio destes pontos que se consegue estabelecer uma comparação. Ou seja, para que se consiga traçar um percurso será necessário definir um conjunto de pontos que, seguindo uma determinada ordenação, dão origem a um percurso único.

A latitude é a distância ao Equador medida ao longo do meridiano de Greenwich. Esta distância mede-se em graus, podendo variar entre 0º e 90º para Norte ou para Sul [4]. Por exemplo, Lisboa está à latitude de 38º 4´N, o Rio de Janeiro à latitude de 22º 55´S e Macau à latitude de 22º 27´N [3].

A longitude é a distância ao meridiano de Greenwich medida ao longo do Equador. Esta distância mede-se em graus, podendo variar entre 0º e 180º para Este ou para Oeste [5]. Por

exemplo, Lisboa está à longitude de 9º 8´W, o Rio de Janeiro à longitude de 34º 53´W e Macau à longitude de 113º 56´E [3].

Para se estabelecer o quão próximo está um determinado ponto de outro, definiu-se um valor de referência. Em Portugal um grau corresponde a aproximadamente 100 km e um minuto a 1,6 km. Partindo deste pressuposto sabemos que um minuto corresponde a 0,0167 graus decimais [11]. Desta forma, obtém-se o valor decimal de referência (valRefer) - 0,0104375, que corresponde a 1000 metros [1].

No momento de determinar se um ponto está próximo de outro, tendo em conta uma proximidade definida (em metros), pelo utilizador, converte-se a distância obtida entre os pontos em metros, por intermédio da fórmula (1).

distMetros = (distObtida * 1000) / valRefer (1)

Logo, se a distância em metros obtida entre dois pontos de rastos diferentes, for inferior ao valor que o utilizador introduziu como factor de proximidade, considera-se que os pontos estão suficientemente próximos um do outro.

Na prática, a solução implementada compara dois percursos de cada vez, utilizando em simultâneo dois métodos de comparação definidos pelo utilizador: a proximidade pretendida e um dos critérios apresentados na Figura 1. Cada processo fará a comparação entre o rasto fornecido pelo utilizador e todos os outros que já estejam inseridos no repositório de rastos.

Na continuidade deste trabalho, surgiu a necessidade de reduzir o espaço que os rastos ocupam, optimizando assim o seu armazenamento. Se os rastos puderem ser reduzidos poderá optimizar-se o repositório de rastos de GPS e desta forma contribuir para minimizar os tempos de execução dos algoritmos. É esse estudo que aqui se apresenta.

O presente artigo encontra-se dividido em quatro partes: na secção "Motivação" apresentam-se as principais razões que levaram à realização deste estudo; na secção "Metodologia" expõem-se os métodos utilizados e a forma como foram explorados; na secção "Estudo" é analisado um conjunto de tabelas e gráficos que expõem o estudo realizado, e, por último, na secção "Conclusões" resume-se o trabalho realizado e apresentam-se os próximos passos para concretizar o projecto de partilha de carro.

II. MOTIVAÇÃO

Um dos pilares fundamentais do projecto Partilha de Carro é o repositório de rastos de GPS. Cada um dos rastos inserido neste repositório ocupa um determinado espaço proporcional ao número de pontos necessários para esse percurso.

Para desenvolver o trabalho aqui apresentado, utilizou-se um smartphone NDrive S300 e o software VisualGPSce [8] - uma aplicação gratuita para Pocket PC que permite gravar percursos GPS no formato NMEA [6]. Qualquer outro equipamento que gere percursos no formato NMEA poderá ser usado para registar os rastos.

Os ficheiros de rastos GPS obtidos, são ficheiros de texto com a estrutura apresentada na Figura 2.

```
$GPGSV,3,2,11,10,28,171,28,18,26,312,27,21,09,278,20,17,09,107,22*7A
$GPGSV,3,3,11,24,08,239,,08,07,059,14,12,03,201,*4A
$GPRMC,171145.000,A,4032.9164,N,00715.0773,W,0.00,,060508,,,A*61
$GPGGA,171146.000,4032.9164,N,00715.0773,W,1,07,1.1,831.2,M,51.2,M,,0000*4C
$GPGSA,A,3,15,10,18,26,08,28,09,,,,,,1.8,1.1,1.4*3D
$GPRMC,171146.000,A,4032.9164,N,00715.0773,W,0.00,,060508,,,A*62
$GPGGA,171147.000,4032.9164,N,00715.0773,W,1,07,1.1,831.2,M,51.2,M,,0000*4D
$GPGSA,A,3,15,10,18,26,08,28,09,,,,,,1.8,1.1,1.4*3D
```

Figura 2. Conteúdo típico de um ficheiro de texto com rastos GPS no formato NMEA.

Os códigos apresentados no início da linha: $GPGSV, $GPRMC, $GPGCA e $GPGGA, têm significados e utilizações distintas [7]. No entanto, importa referenciar os que foram utilizados no projecto ($GPGGA e $GPRMC) e que são aqueles que devolvem a latitude e longitude relevantes para a implementação dos algoritmos.

Quanto maior for o percurso, ou mais tempo demorar a percorrer, maior é o número de posições necessárias para representar a totalidade do rasto.

Na fase de aquisição, por cada segundo que passa, é registada uma posição. Isto dá origem a que, em situações de muito congestionamento de trânsito, sejam adquiridas muitas posições idênticas e por vezes iguais às registadas no segundo anterior.

Na Tabela 1 pode observar-se a estrutura genérica da representação de rastos. Nesta representação, além do identificador do rasto, é guardado o identificador do ponto, o nome do rasto e as coordenadas (latitude e longitude). O campo ponto assume valores sequenciais até ao limite necessário para representar cada rasto. Por exemplo, para guardar o rasto 56 são necessários 179 pontos diferentes.

rasto	ponto	NomeRasto	lat	lng
56	175	SraRemediosCentral	40,53761	7,2665
56	176	SraRemediosCentral	40,53764	7,26653
56	177	SraRemediosCentral	40,53765	7,26655
56	178	SraRemediosCentral	40,53766	7,26656
56	179	SraRemediosCentral	40,53765	7,26658
57	1	TmgLameirinhas	40,53526	7,26926
57	2	TmgLameirinhas	40,53527	7,2693
57	3	TmgLameirinhas	40,53523	7,26933
57	4	TmgLameirinhas	40,53519	7,26934
57	5	TmgLameirinhas	40,53513	7,26939
57	6	TmgLameirinhas	40,53508	7,26943

Tabela 1. Repositório de rastos.

No momento de inserção do rasto no repositório, e de forma a não surgirem rastos de percursos com pontos repetidos, foi realizada uma filtragem prévia. Ou seja, caso o sistema detecte que existem pontos iguais (localizações referentes a paragem num semáforo, por exemplo) serão descartados, mantendo apenas um ponto referente a essa localização.

Embora seja feita esta optimização inicial na altura do carregamento dos rastos GPS, o repositório de rastos continuava a armazenar coordenadas de pontos muito próximos uns dos outros. Perante isto, surgiu a ideia de optimizar este repositório de forma a diminuir o número de posições armazenadas em cada percurso [9].

Isto seria uma mais-valia para o projecto, uma vez que poderia reduzir-se o espaço físico ocupado pelo repositório e, por conseguinte, reduzir o número de comparações necessárias,

originando assim uma diminuição no tempo de execução dos algoritmos.

Assim, surgiu uma questão fundamental: até que ponto é possível reduzir o número de pontos dos rastos de GPS sem prejudicar a qualidade das soluções encontradas pelo sistema. As secções seguintes reflectem o nosso trabalho de análise a estes dois pontos.

III. METODOLOGIA

Nesta secção apresenta-se o método utilizado para a redução /optimização do repositório de rastos de GPS.

Num sistema de partilha de carro a proximidade é fundamental, mas também pode ser desprezada até um determinado valor. Ou seja, não é imperativo que o condutor com quem vamos partilhar carro se encontre perto de nós, por exemplo, numa distância inferior a cinco metros. Por outro lado, provavelmente, ninguém irá partilhar carro com alguém que se encontre distante um quilómetro.

Partindo deste pressuposto, a optimização do repositório de rastos passou pelas fases que se descrevem nos parágrafos seguintes.

O mesmo rasto foi inserido em cinco repositórios diferentes. À partida o rasto foi inserido no repositório base, designado por Rasto, na sua forma original, só com a filtragem descrita no ponto anterior.

Numa segunda abordagem, a quando da inserção do rasto no repositório, foram descartados todos os pontos que se encontravam a menos de cinco metros de distância do anterior. Portanto, só foram inseridos no repositório os que obedeciam a este parâmetro. Obteve-se assim a primeira optimização que passará a ser designada por Rasto5.

Procedeu-se de forma idêntica para distâncias de dez, vinte e cinquenta metros. Estas optimizações serão designadas Rasto10, Rasto20 e Rasto50 respectivamente. Não se consideraram outras distâncias maiores, pensando que estas poderiam levar a uma degradação da solução obtida pelo sistema. Isso confirmou-se logo para a optimização Rasto50.

Desta forma obtiveram-se cinco repositórios de rastos GPS, o original e quatro optimizações. O passo seguinte foi estudar até que ponto os repositórios eram reduzidos no que diz respeito ao número de pontos necessários para representar os rastos. Seguidamente entender de que forma esta redução afectava a qualidade dos resultados obtidos. A métrica de avaliação da qualidade da optimização é feita recorrendo à comparação entre o número de percursos idênticos identificados pelos algoritmos de comparação.

IV. ESTUDO

Para se proceder ao estudo aqui apresentado, foram registados cerca de sessenta rastos. A grande maioria foi obtida em percursos urbanos e cerca de sete por cento correspondem a trajectos interurbanos.

A. Optimização do repositório de rastos GPS

Depois de obtidos, os rastos foram inseridos nos diferentes repositórios de acordo com as optimizações referidas no ponto anterior.

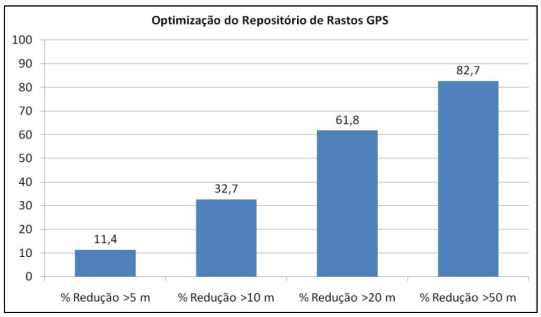


Figura 3. Optimização do Repositório de rastos GPS.

Verificou-se que a redução Rasto50 é significativa, Figura 3, podendo atingir valores na ordem dos 83% de redução do número de pontos necessários para representar um percurso em comparação com o repositório original. Já a optimização Rasto20, reduz os percursos em cerca de 62%. A redução Rasto10 diminui o número de pontos em cerca de 33% e a Rasto5 consegue reduções na ordem dos 11,4%.

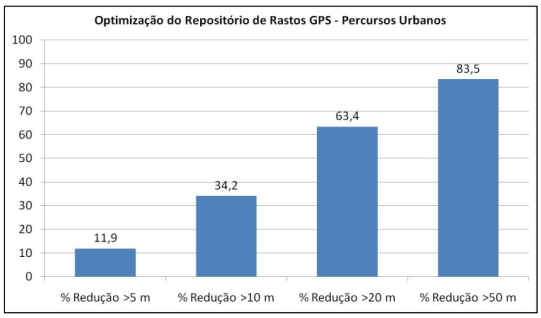


Figura 4. Optimização do Repositório de rastos GPS – Percursos urbanos.

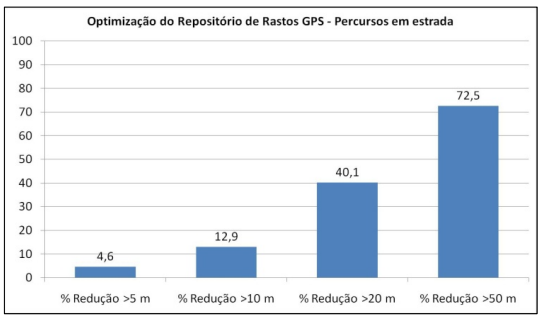


Figura 5. Optimização do Repositório de rastos GPS Percursos interurbanos.

Neste processo, é notório o facto dos rastos registados fora de um ambiente urbano, Figura 5, serem mais resistentes ao processo de redução. Comparando com os percursos urbanos, Figura 4, constata-se que em qualquer uma das optimizações a percentagem de redução é muito superior. No caso da optimização Rasto20 verifica-se uma diferença na ordem dos 23%.

Analisando um exemplo de um rasto GPS correspondente a um percurso interurbano (rasto nº6, Tabela 2), verifica-se que a velocidade média deste percurso ultrapassa os 50 Kms/h. São necessários 1484 pontos para representar este trajecto o que faz com que a relação pontos/m (15,5), que representa a distância média entre duas posições, seja superior a todos os outros percursos, que correspondem a trajectos urbanos.

Nº Rasto	Nome Rasto	metros	Pontos/m	Velocidade Média	Duração	Normal
1	EscolaCasa	2090	8,78	21,3	0:05:52	238
2	CabeleireiraCasa	3410	10,18	33,2	0:06:10	335
3	RioDizModelo	2570	13,11	45,1	0:03:25	196
4	JardimEscoces	1170	10,45	34,7	0:02:10	112
5	ModeloTelheiro	1800	8,37	26,3	0:04:08	215
6	ArcoCasa	23000	15,50	54,4	0:25:23	1484
7	EscolaInfor5	1920	10,49	20,8	0:05:32	183
8	Infor5Mercado	3550	10,69	35,5	0:06:00	332
9	MercadoSC	1740	8,92	28,3	0:03:42	195

Tabela 2. Representação dos rastos.

Importa referir que os rastos obtidos em ambiente urbano tem um papel mais relevante para este projecto do que os rastos recolhidos fora de ambiente urbano.

B. *Resultados*

Tendo como ponto de partida a análise registada no ponto anterior, importa testar os resultados obtidos quando os algoritmos de comparação de rastos, Figura 1, são aplicados nos repositórios de rastos optimizados.

Assim, foi seleccionada uma amostra aleatória, composta por dez rastos, que representa cerca de 20% da totalidade dos rastos. Os rastos desta amostra de teste foram comparados com todos os restantes rastos do repositório tendo em conta quatro dos cinco critérios de comparação apresentados na Figura 1, alíneas a), b), d) e e). Descartou-se o critério c) dada a sua semelhança com o critério da alínea b).

Na aplicação de cada um estes critérios foi ainda introduzida uma variação na proximidade. Utilizaram-se seis valores de referência, proximidades de 1000, 500, 300, 100, 50 e 20 metros, que permitem cobrir um conjunto de diferentes situações reais. As percentagens apresentadas nos gráficos das próximas subsecções, são obtidas fazendo a média de todos os resultados que se obtêm ao variar a proximidade aplicando comparações com os dez rastos escolhidos para este estudo.

Assim, verificou-se o comportamento do algoritmo de comparação utilizando três variáveis distintas: critério de comparação, proximidade e repositório de rastos optimizado, ver Tabela 3.

		Rasto		Rasto5				Rasto10			
Rasto Comparado	Prox	Nº Rastos	seg.	Nº Rastos	seg.	%	% tempo	Nº Rastos	seg.	%	% tempo
CabeleireiraCasa	1000	27	117	27	100	0%	-15%	27	65	0%	-44%
	500	12	117	13	100	8%	-15%	13	65	8%	-44%
	300	8	118	8	100	0%	-15%	8	66	0%	-44%
	100	8	120	8	98	0%	-18%	8	65	0%	-46%
	50	8	120	8	98	0%	-18%	8	65	0%	-46%
	20	6	118	6	99	0%	-16%	4	65	-33%	-45%
LameirinhasJardim	1000	25	50	25	39	0%	-22%	25	24	0%	-52%
	500	11	48	11	39	0%	-19%	11	24	0%	-50%
	300	2	48	2	39	0%	-19%	2	24	0%	-50%
	100	0	48	0	39	0%	-19%	0	24	0%	-50%
	50	0	48	0	39	0%	-19%	0	24	0%	-50%
	20	0	48	0	39	0%	-19%	0	24	0%	-50%

Tabela 3. Estudo do comportamento do algoritmo utilizando o critério d).

1) *Critério a) – Pontos de partida e chegada próximos*

Aplicando o critério de comparação a) - pontos de partida e chegada próximos, verificou-se que a optimização Rasto20 consegue manter a solução próxima da solução original. Verifica-se uma perda de 1,6%, em média, no número de rastos semelhantes encontrados. Com as outras optimizações verifica-se um afastamento significativo dos resultados iniciais, principalmente com a optimização Rasto50 (Figura 6).

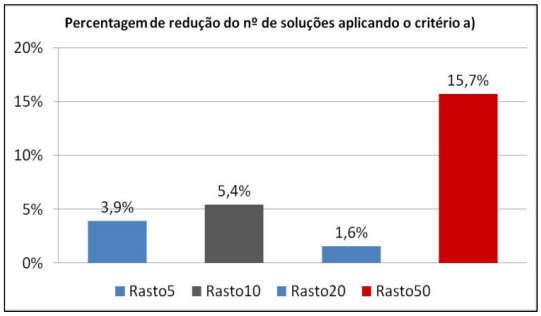


Figura 6. Percentagem de redução do nº de soluções aplicando o critério a).

De referir que neste critério não foi tido em conta o tempo de execução do algoritmo, uma vez que este não se revelou significativo, uma vez que com qualquer uma das optimizações o tempo de execução é aproximadamente um segundo.

2) *Critério b) – Ponto de chegada próximo e ponto de partida contido em outro percurso*

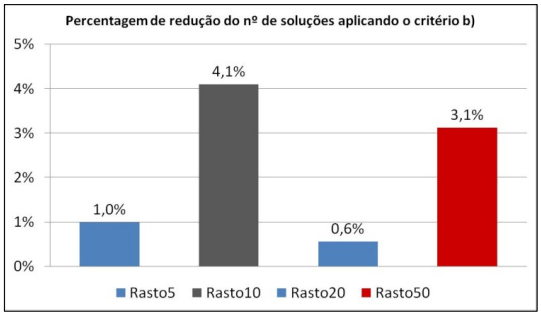


Figura 7. Percentagem de redução do nº de soluções aplicando o critério b)

No gráfico da Figura 7 pode observar-se que as optimizações Rasto20 e Rasto5, mantém uma solução próxima da original, perdendo em média 1% de eficácia, quando aplicado o critério b)- Ponto de chegada próximo e ponto de partida contido em outro percurso. Neste caso, o tempo de execução também não se revelou significativo.

3) Critério d) – Ponto de chegada próximo e intersecção a meio do percurso

Na aplicação do critério d) - Ponto de chegada próximo e intersecção a meio do percurso, é de destacar a redução significativa de 80% e 96% no tempo de execução do algoritmo de comparação de rastos, Figura 9, quando utilizadas as optimizações Rasto20 e Rasto50, respectivamente.

Juntando o facto da optimização Rasto20 manter intacta a solução original, então podemos afirmar que esta é uma optimização a ter em conta em futuros trabalhos, ver Figura 8.

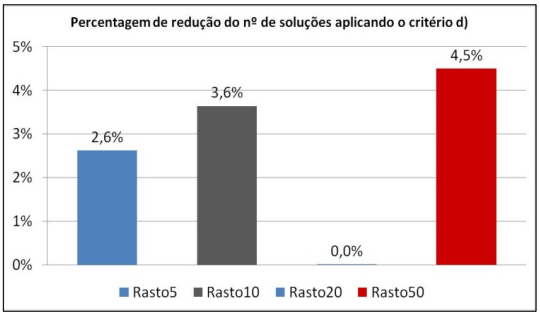


Figura 8. Percentagem de redução do nº de soluções aplicando o critério d)

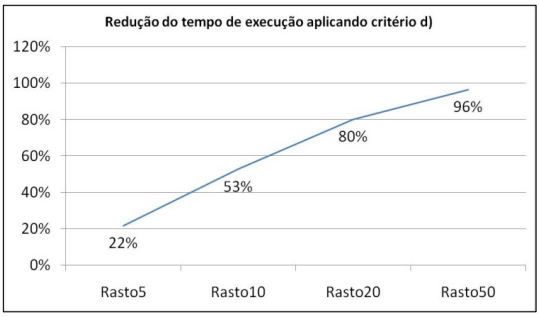


Figura 9. Redução do tempo de execução aplicando o critério d)

A utilização do critério d) é um dos que terá mais aplicação no projecto de partilha de carro.

4) Critério e) – Pontos de partida e chegada incluídos em outro percurso

A par do critério tratado no ponto anterior, este é dos que mais aplicabilidade terá no projecto. Na análise ao gráfico da Figura 10 observa-se que as optimizações: Rasto5, Rasto10 e Rasto20, mantêm a solução praticamente igual à original.

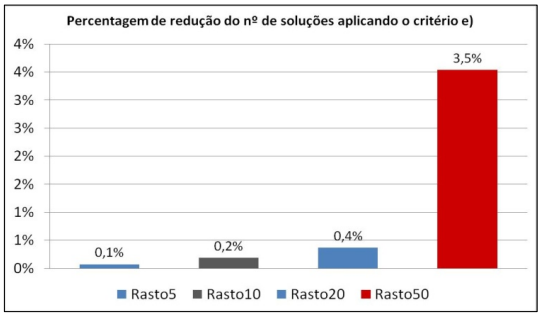


Figura 10. Percentagem de redução do nº de soluções aplicando o critério e)

Já no que diz respeito à redução do tempo de execução do algoritmo, não se verifica uma taxa de redução tão elevada como no critério anterior. No entanto, tanto a solução Rasto20 como a Rasto50 conseguem manter níveis bastante elevados de redução no tempo de execução, Figura 11.

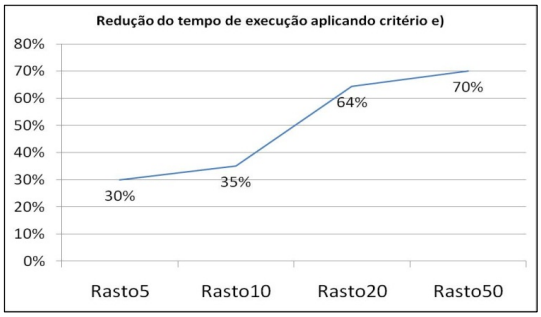


Figura 11. Redução do tempo de execução aplicando o critério e)

5) Resumo

O primeiro passo deste estudo foi reduzir o número de pontos que pertencem a cada um dos rastos inseridos nos repositórios. Como foi apresentado na secção 3, esta redução consistiu em descartar, de cada um dos trajectos, pontos que estivessem próximos do ponto anterior em x metros.

Este processo deu origem a quatro optimizações Rasto5 (descarta pontos que estejam próximos 5 metros do ponto anterior), Rasto10 (descarta pontos que estejam próximos 10 metros do ponto anterior), Rasto20 (descarta pontos que estejam próximos 20 metros do ponto anterior) e Rasto50 (descarta pontos que estejam próximos 50 metros do ponto anterior).

Verificou-se que a redução do repositório de rastos é significativa, podendo atingir taxas de cerca de 80% de redução (Figura 3). Comparativamente, o repositório original é constituído por 17665 posições GPS e o repositório optimizado Rasto50 é constituído por 3435 posições.

Na fase seguinte do estudo, foram feitas comparações com estas quatro optimizações do repositório de rastos. Estas quatro optimizações, juntamente com o repositório original, foram utilizadas na análise comparativa que foi feita com dez rastos

escolhidos aleatoriamente de entre os sessenta que constituem cada um dos repositórios.

Além disso, cada um dos rastos foi analisado aplicando quatro critérios de comparação distintos, abordados na secção 1. Foi também tido em conta o critério de proximidade, ou seja, para cada conjunto de variáveis (Optimização / Critério) foi testado em seis proximidades distintas: 1000, 500, 300, 100, 50 e 20 metros (Tabela 3).

Fazendo a média de todas as comparações efectuadas, obtém-se o resultado exposto no gráfico da Figura 12. Pode concluir-se que reduzindo o repositório de rastos, a optimização Rasto20, é a que apresenta um melhor comportamento. Utilizando este repositório optimizado, a solução encontrada reduz em 0,6% o n.º de rastos semelhantes, se comparado com o repositório original.

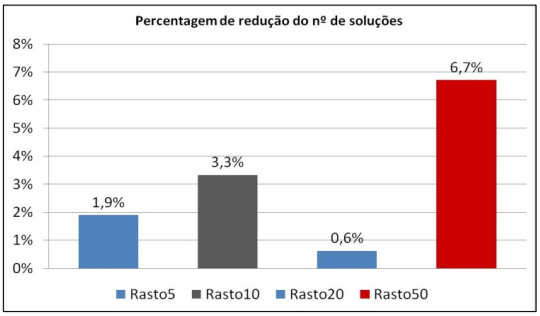


Figura 12. Percentagem de redução do nº de soluções

Além de manter uma solução próxima da original, a optimização Rasto20 reduz drasticamente o tempo de execução do algoritmo, numa média de 72%. No gráfico da Figura 13 pode constatar-se que a optimização Rasto50, reduz ainda mais este tempo. No entanto, os resultados obtidos com este repositório afastam-se da solução inicial em cerca de 7%.

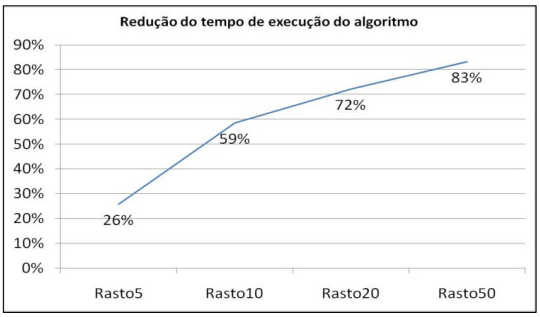


Figura 13. Redução do tempo de execução do algoritmo

Podemos desta forma concluir que a optimização Rasto20 é a que melhor corresponde às expectativas do projecto.

V. CONCLUSÕES

O estudo aqui apresentado representa um passo muito importante para a concretização do projecto "Partilha de Carro"[1]. A possibilidade de reduzir/optimizar o repositório de rastos que, por sua vez, permite reduzir o tempo de execução do algoritmo de comparação de rastos, vai ser muito importante na implementação da aplicação final do projecto "Partilha de Carro". Tendo em conta os resultados obtidos, este tipo de optimização poderá ser estendido a outras aplicações/projectos que tirem partido de rastos GPS.

Encontra-se em fase de desenvolvimento o projecto partilha de carro "Carpool IPG" que pretende incentivar a partilha de carro entre condutores que estudem ou trabalhem no campus do Instituto Politécnico da Guarda. Esta é a primeira aplicação prática destes conceitos que temos estado a trabalhar. Sendo esta uma aplicação piloto, poderá vir a ser trabalhada com o objectivo de generalizar a partilha de carro numa escala mais abrangente, por exemplo a nível nacional.

A partilha de carro ainda não tem grande significado entre os condutores portugueses. No entanto, todas as condicionantes que poderão surgir: ambientais, económicas (por exemplo, reflexo dos constantes aumentos dos custos de combubstiveis), entre outras farão com que exista uma reflexão sobre a utilização generalizada de veículos nos grandes centros urbanos [2].

A partilha de carro entre pessoas que vivem e trabalham próximo, será uma das soluções para minimizar este problema. Com este projecto espera-se estar a contribuir para que o problema da utilização intensiva do automóvel possa ser pensado, analisado e minimizado.

REFERÊNCIAS

[1] Paulo Monteiro, João Peixoto e Carlos Carreto, "Comparação de Rastos GPS para Sistemas de Partilha de Carro", Actas de la 5ª Conferencia Ibérica de Sistemas y Tecnologías de Información, Santiago de Compostela, España, 16-19 de Junio, 2010, ISBN: 978-989-96247-3-3.

[2] Rubrica Terra Alerta, Jornal da Noite. Sic Notícias. Partilha de Carro, 14 de Junho de 2007. [Consult. 2 Fevereiro 2011]. http://www.quercustv.org/spip.php?article31.

[3] Orogo Technologies. Latitude-Longitude of World Cities, actual. 1997. [Consult. 12 Janeiro 2011]. http://www.realestate3d.com/gps/world-latlong.htm.

[4] Dilão, Rui. GPS (Global Positioning System ou Sistema de Posicionamento Global). Grupo de Dinâmica Não-Linear, IST. [Consult. 10 Fevereiro 2011]. http://www.cienciaviva.pt/latlong/anterior/gps.asp.

[5] Trimble. GPS Tutorial, actual. 2011. [Consult. 12 Janeiro 2011]. http://www.trimble.com/gps/index.shtml.

[6] GpsInformation.net. NMEA Data. [Consult. 29 Dezembro 2010]. http://www.gpsinformation.org/dale/nmea.htm.

[7] Baddeley, Glenn. GPS - NMEA sentence information, actual. Julho 2009. [Consult. 26 Dezembro 2010] http://home.pacific.net.au/~gnb/gps/nmea.html.

[8] VisualGPS, LLC, actual. 2009. [Consult. 30 Novembro 2010] http://www.visualgps.net/VisualGPSce/default.htm.

[9] MORGADO, Paulo J. Q. Avaliação da Precisão de Posicionamento de Equipamentos Inerente à Utilização de Sistemas GPS de Baixo Custo, Receptores Utilizados para Navegação. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Engenharia Municipal) – Escola de Engenharia, Universidade do Minho, Braga 2009.

[10] Great-circle distance, Wikipedia. 14, 29 de Janeiro de 2010. [Consult. 8 Novembro 2010]. http://en.wikipedia.org/wiki/Great-circle_distance.

[11] MATHIESEN, Thomas Tingsted. GPS, NMEA, WGS-84, GIS and VB.NET, actual. 2008. [Consult. 17 Janeiro 2011].http://www.tma.dk/gps/#converttode

Sistemas de informação geográfica distribuídos em gestão florestal

Uma aplicação prática à realidade Portuguesa com base em software livre

André Barriguinha
Agri-Ciência, Lda.
Lisboa, Portugal
andrebarriguinha@agriciencia.com

Pedro Cabral, Miguel Neto
ISEGI-UNL
Lisboa, Portugal
pcabral@isegi.unl.pt, mneto@isegi.unl.pt

Resumo — **Gerir uma floresta no presente implica um olhar para o futuro e, no campo dos sistemas de informação geográfica (SIG), esse futuro passa pela interoperabilidade da informação existente, cada vez mais determinante na planificação, gestão e operacionalização de uma gestão florestal inteligente. O reconhecimento da importância global da floresta do ponto de vista económico, ambiental e social apresenta novos desafios para aqueles que têm por missão garantir a sustentabilidade dos recursos florestais. A conectividade global trazida pela Internet, as mais recentes soluções baseadas em software livre e as normas e especificações do *Open Geospatial Consortium* (OGC) permitem o desenvolvimento de SIG Distribuídos (SIGD), que funcionam como verdadeiras infraestruturas de dados espaciais, possibilitando a incorporação e partilha de múltiplos níveis de informação geográfica (IG) entre vários utilizadores e organizações. Este artigo pretende fundamentar o papel dos SIGD baseados em software livre, na gestão florestal, descrevendo uma aplicação criada para uma associação de produtores florestais. É feito um enquadramento da necessidade de introduzir um SIGD e de que forma este modelo permite ultrapassar algumas das limitações existentes, dando particular destaque ao software livre e soluções adoptadas.**

Palavras chave – SIG Distribuídos; software livre; gestão florestal inteligente; interoperabilidade

I. INTRODUÇÃO

O futuro do sector florestal passa actualmente pela adopção de abordagens analíticas na gestão dos recursos que tem à sua disposição. Essa gestão está no entanto condicionada, não apenas pelas boas práticas florestais, que garantem a sustentabilidade da exploração dos recursos naturais, mas também pela necessária articulação com os instrumentos de planeamento existentes a nível nacional, regional e local. As decisões tomadas pelos proprietários e gestores florestais têm nesta matéria um peso muito grande, dado o intervalo de tempo que decorre do aproveitamento da maioria dos produtos florestais. A situação actual é consequência das operações feitas, muitas das vezes, há mais de 50 anos, tal como o que é feito hoje, terá repercurssões futuras apenas a médio-longo prazo.

No campo da IG, a utilização de ferramentas e sistemas de gestão que permitam reunir e gerir os diferentes níveis de informação oriundos de várias fontes, podem ser um factor decisivo na prosecução de uma gestão florestal equilibrada e inteligente. Os SIG têm garantido esta função, constituindo-se como ferramentas de eleição no campo da gestão e integração de dados espaciais, ainda que de uma forma mais ou menos fechada, apenas acessível a alguns técnicos com conhecimentos SIG. O actual modelo não permite o acesso generalizado por parte de todos aqueles que podem beneficiar da IG existente.

Com a vulgarização do acesso à *World Wide Web* (WWW ou Web) o paradigma mudou radicalmente, e a integração das tecnologias SIG e Web passou a ser uma das principais áreas de desenvolvimento. A necessidade de ubiquidade, facilidade de acesso, flexibilidade e um reduzido risco de obsolescência fazem da Web a escolha certa para integrar tecnologias SIG [1]. A interoperabilidade das soluções existentes, sobretudo no campo do software SIG de código aberto, permite actualmente a partilha de IG e a utilização de ferramentas de pesquisa e consulta, entre diferentes utilizadores e organizações do sector florestal, de uma forma que até então não era possível, muito graças às normas e especificações do *Open Geospatial Consortium* (OGC) [2], das quais se destacam a especificação *Web Map Service* (WMS), que uniformiza a forma como os servidores de mapas devem descrever e disponibilizar a sua IG, a especificação *Web Feature Service* (WFS), que oferece uma interface de comunicação que permite ao utilizador interagir com os mapas e a especificação *Web Coverage Service* (WCS) que lida com formatos raster.

Com 3,3 milhões de hectares, que equivalem a 38% do território nacional, e onde 84% da área representa floresta privada, Portugal possui uma das maiores área florestadas da Europa. A necessidade de uma gestão integrada dos diferentes espaços que permita a interacção entre proprietários, gestores, técnicos e administração central em matéria de gestão florestal, é fundamental. O impacto da não gestão, ou de uma gestão pouco eficaz, destes recursos traz elevados custos económicos, ambientais e paisagísticos a todo o território nacional, sendo os incêndios aqueles que de uma forma mais mediática revelam as fragilidades existentes.

Neste contexto a partilha de informação é cada vez mais importante, nomeadamente face às ameaças de desertificação e abandono do mundo rural em que vivemos hoje. Em muitos casos existe uma alteração da própria estrutura de gestão da propriedade florestal, onde os proprietários deixaram de ser os gestores activos dos seus bens, por falta de conhecimentos técnicos ou porque simplesmente se encontram alheados daquilo que é a gestão deste tipo de activos. A responsabilidade é por vezes passada a alguém que se encontra no terreno e que

disponha dos meios e do *know-how* para a gestão quotidiana, mantendo-se no entanto o poder de decisão nas mãos do proprietário da terra.

Este artigo pretende descrever as vantagens na utilização de SIGD na gestão florestal e apresentar uma aplicação, construída com software livre, que tem como principal objectivo fornecer a todos os intervenientes no processo de gestão florestal uma ferramenta de apoio fundamental para o exercício da sua actividade.

II. UMA NOVA REALIDADE NA GESTÃO DA INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA FLORESTAL

A aplicação de SIG na floresta remonta à própria origem dos SIG tal como os conhecemos hoje. São utilizados na gestão e apoio à tomada de decisão [3], no planeamento e ordenamento [4][5][6], na gestão de risco de incêndio [7], na constituição de planos de gestão florestal [8], como ferramenta de apoio em processos de certificação florestal [9], na gestão de redes viárias e divisionais [10], no auxílio à protecção de espécies animais e vegetais [11] [12], como instrumento na gestão de recursos hídricos [13], na monitorização de actividades florestais [14] e em muitas outras áreas ligadas aos recursos florestais.

A floresta tem um reconhecido impacto no meio ambiente a uma escala global, sendo cada vez mais valorizada pelas diferentes organizações a importância da informação ligada aos recursos florestais. A gestão eficiente destes activos só é possível, em grande medida, com a aquisição permanente de dados espaciais, históricos e em tempo real, imprescindíveis à actividade de gestão das nossas florestas [15]. Essa gestão deve ser sempre vista numa óptica de sustentabilidade, sem nunca esquecer que objectivo principal de qualquer produtor florestal é a obtenção de rendimentos.

Em Portugal, a aplicação de Planos de Gestão Florestal (PGF) no seguimento dos Planos Regionais de Ordenamento Florestal (PROF), a introdução das Zonas de Intervenção Florestal (ZIF), os processos de certificação, a incorporação de Planos de Defesa da Floresta Contra Incêndios (PDFCI) e a articulação com intrumentos de planeamento e ordenamento (ex: Planos Directores Municipais - PDM), torna extremamente complicada a tarefa de gerir todos os níveis de informação existentes.

Qualquer tomada de decisão tem obrigatoriamente que passar pela incorporação de elementos oriundos de várias fontes, que muitas vezes se encontram nos mais diversos formatos, em diferentes escalas de representação e recolhidos em intervalos de tempo diferentes. Esta nova realidade representa uma oportunidade para os sistemas de informação na gestão florestal, com particular destaque para os SIG.

III. O PAPEL DOS SIG DISTRIBUÍDOS

Apelidados de ferramentas por excelência na manipulação de dados espaciais, e tradicionalmente instalados em computadores pessoais ou em pequenas redes locais, onde são adaptados aos diferentes sistemas operativos existentes [16], o futuro dos SIG parece estar cada vez mais ligado a uma arquitectura baseada na disponibilização de dados e ferramentas analíticas pela rede de utilizadores [17]. Os SIG deixaram de estar isolados e passaram a estar cada vez mais ligados a pequenas aplicações Web que oferecem componentes específicos de geoprocessamento em função das necessidades dos utilizadores (Tabela 1) e garantem uma livre e transparente partilha de dados entre sistemas, sendo a interoperabilidade o motor deste modelo [18].

TABELA I. EXEMPLO DE PROJECTOS DE SIGD APLICADOS À FLORESTA

Projecto	Objectivo
DNFIS	Gestão de áreas florestais públicas e vida selvagem com base em software livre [19].
COLE	Visualização e calculo de sequestro de carbono de espécies florestais [20]. (http://www.ncasi2.org/GCOLE/gcole.shtml)
SOLE	Produção informação proveniente de dados de inventário. (http://www.ncasi2.org/SOLE/)
Gforest	Visualização e análise de dados de inventário florestal (http://www.ncasi2.org/google/gforest.shtml)
OakMapper	Monitorização de pragas e doenças ''Sudden Oak Death'' [21] (http://www.oakmapper.org/)
NILS	Multiplos níveis de informação relacionados com a ocupação, ordenamento do território e condicionantes (http://www.geocommunicator.gov/blmMap/MapLSIS.jsp)

As novas realidades e necessidades, no que respeita à gestão dos recursos florestais, fazem com que o tradicional modelo de dados e arquitectura *desktop* apresente cada vez mais limitações importantes em determinadas tarefas [15]: (1) Continuam maioritariamente assentes em arquitecturas monolíticas de software proprietário onde na maioria dos casos apenas técnicos com formação específica em SIG têm acesso aos dados espaciais. Por um lado existe muita informação espacial com relevância que não está a ser convenientemente distribuída pelos produtores dessa informação. Do lado dos utilizadores, estes não conseguem ter acesso aos dados com facilidade, o que conduz muitas vezes à necessidade de recriar os mesmos, originando duplicação da informação que já de si é extremamente onerosa de obter; (2) A interoperabilidade entre as diferentes alternativas existentes, nomeadamente ao nível dos softwares SIG *desktop* ainda não é a desejável. Em Portugal este facto não tem sido muito abordado, provavelmente dado o monopólio da utilização de software proprietário por parte dos agentes ligados ao sector florestal. Mas o elevado custo das licenças e a cada vez maior oferta de alternativas viáveis baseadas em software livre que garantem à partida uma maior interoperabilidade com a partilha de informação espacial parece estar a mudar o panorama do sector; (3) A escalabilidade das soluções de software existentes não satisfaz muitos técnicos, sobretudo o software proprietário, que torna mais difícil a inclusão de novas ferramentas e funcionalidades com base em necessidades específicas de cada utilizador. A disponibilização do código fonte cria uma janela de oportunidade que permite integrar com maior facilidade diferentes sistemas de informação, permitindo ligar diferentes infraestruturas de dados espaciais e aceder a um cada vez maior repositório de dados e informação espacial relevante para a gestão florestal.

O crescimento da Internet contribuíu, em grande medida, para o reconhecimento da importância dos SIG, abrindo novas prespectivas para quem precisa de utilizar dados espaciais [22] [23]. Esta mudança de paradigma direccionou a investigação

para a disponibilização de SIG pela Internet com o objectivo de permitir um fácil acesso à informação espacial a baixo custo [24]. Os SIGD permitem um acesso aos dados espaciais, a ferramentas de pesquisa e consulta de IG por intermédio de um simples *browser* de Internet [25]. A combinação dos SIG com as suas capacidades integradoras, e da Internet, fornecendo uma conectividade global, resultam em sinergias que tornam mais fácil distribuir dados espaciais e ferramentas a múltiplos utilizadores [26], permitindo uma interacção que possibilita a construção de informação útil com sentido nos processos de gestão em que o utilizador se encontra inserido, não se limitando a fornecer dados em bruto, mas algo com valor acrescentado para o utilizador em função das suas necessidades específicas [23].

IV. AS VANTAGENS DE UMA ABORDAGEM BASEADA EM SOFTWARE LIVRE

Nos últimos anos, o movimento *OpenSource* produziu uma grande quantidade de ferramentas e software que rivalizam com os desenvolvidos por muitas empresas de software comercial. Cada vez mais temos à nossa disposição programas de código aberto para as mais variadas necessidades: sistemas operativos, bases de dados, ferramentas de análise estatística, aplicações para SIG e programação orientada a objetos [27]. Apesar deste crescimento, ainda existe muito desconhecimento por parte dos técnicos e utilizadores de SIG acerca das alternativas ao tradicional SIG, talvez em parte pelo maior enfâse dado no mundo académico ao software baseado em sistemas proprietários [28].

No campo dos SIGD a complexidade e o alto custo das soluções existentes têm sido os principais entraves na adopção por parte das organizações deste tipo de soluções. Este facto deixou de ser verdade, na medida em que o software livre permite com base na tecnologia actual desenvolver soluções de gestão de IG distribuídas, baseadas na Web, a baixo custo, fáceis de implementar, compatíveis com as infraestruturas de tecnologia de informação existentes e com o potencial de interoperabilidade com outros sistemas e aplicações no futuro [18].

As características do software livre são claramente definidas pela *Open Source Initiative* (OSI) [29]. Quando falamos em software livre não nos limitamos ao facto do código fonte ser acessível a qualquer pessoa, mas também ao cumprimento de outros critérios como a livre distribuição e utilização de um programa para uma qualquer finalidade ou propósito, a sua modificação e até a sua comercialização [30].

Mas a grande vantagem de uma abordagem baseada em software livre para o desenvolvimento de qualquer solução de SIGD é a interoperabilidade entre sistemas [1]. Esta interoperabilidade é garantida sobretudo pela aplicação das normas do OGC [2], que define interoperabilidade como a capacidade de um sistema ou componentes desse sistema fornecerem elementos acerca da portabilidade da informação e controlo sobre o processo colaborativo interaplicacional, ou seja, que diferentes componentes de software consigam trabalhar reciprocamente sem necessidade de conversões, sem a existência de barreiras e obstáculos à importação/exportação em função de ambientes de processamento e dados heterogéneos [18].

A interoperabilidade no campo dos SIG é fundamental em diversos aspectos [31]: (1) Permite a comunicação fácil entre os produtores de informação e os utilizadores, sem requerer que os mesmos tenham o mesmo software SIG; (2) Nenhum SIG, visualizador ou ferramenta de geoprocessamento consegue dar todas as respostas; (3) Existe um grande número de registos em bases de dados descentralizadas que têm o potencial de se tornar dados com componente espacial; (4) O número de componentes e alternativas existentes para trabalhar com dados geográficos cresce a cada dia que passa; (5) É mais eficiente recolher os dados apenas uma vez e mantê-los, garantindo que a comunidade de utilizadores consegue aceder a dados sempre actualizados; (6) A possibilidade de aceder e combinar dados actualizados de diversas fontes abre uma nova linha de perspectivas que melhoram consideravelmente o apoio nos processos de tomada de decisão, valorizando indubitavelmente os dados; (7) A capacidade de múltiplos utilizadores, incluindo utilizadores com menores conhecimentos técnicos de SIG, acederem a diferentes pacotes de IG valoriza também os dados.

V. A CRIAÇÃO DE UMA APLICAÇÃO SIGD ORIENTADA PARA A GESTÃO FLORESTAL

O caso de estudo aqui apresentado reflecte uma aplicação integrada que tem como objectivo gerir os diferentes níveis de IG utilizados por uma associação de produtores florestais, nos mais diversos serviços que presta.

A. Enquadramento e necessidade de um SIGD baseado em software livre

As associações de produtores florestais desempenham um papel activo e fundamental no apoio à gestão florestal, com representação em todo o território nacional. Constituem uma rede de serviços de apoio à gestão, à tomada de decisão e ao aconselhamento técnico, direccionada para os produtores e gestores florestais associados, prestando igualmente um conjunto de serviços a outras organizações de carácter mais abrangente, de que são exemplo a monitorização e controlo de pragas, acções de defesa e protecção da floresta contra incêndios, entre outras. Em todas estas acções os SIG constituem o componente central.

A necessidade de introduzir um SIGD baseado em sofware livre resulta de um conjunto de limitações do modelo actual. Existe por um lado uma dificuldade na partilha da IG existente, com os associados e entre organizações e, por outro, um conjunto de limitações de ordem técnica e financeira que bloqueiam a mudança do modelo existente (Tabela 2).

As actividades operacionais, relacionadas com a gestão florestal, apesar dos longos ciclos culturais das espécies envolvidas, são extremamente dinâmicas e é normal estarem inseridas em sistemas de produção de uso múltiplo, intervencionadas com base num mapa de zonas de intervenção, que cumpre uma calendarização prévia. As operações de manutenção como: podas, desbastes, desramações, adensamentos, plantações, rearborizações, corte, tratamentos, extracção de cortiça, reposição da fertilidade do solo, controlo de infestantes e espécies invasoras, limpeza de matos, selecção de árvores de futuro, entre outras, devem ser realizadas em estreita articulação entre os técnicos e os proprietários e/ou

gestores de Unidades de Gestão Florestal (UGF). O modelo de SIG existente não permite um acesso fácil e rápido do gestor à informação espacial actualizada, produzida e mantida pelas associações de produtores. A introdução de um SIGD permite ao utilizador consultar toda a informação referente às suas unidades de gestão florestal, por intermédio do seu *browser* de Internet. Desta forma pode, em qualquer lugar, obter informação actualizada no que diz respeito, por exemplo, à gestão de obras florestais em curso nas suas explorações,a mapas de intervenções do PGF, a áreas inseridas em processos de certificação, a projectos de investimento, áreas inscritas no Regime de Pagamento Único (RPU), e todo um conjunto de IG de base, tal como cartografia militar, ortofotomapas, cartas de solo, cartografia de risco e instrumentos de planeamento e ordenamento (PDM, PROF, PMDFCI, ZIF).

Muita da IG que as associações de produtores florestais disponibilizam é produzida e mantida internamente. Contudo existe cada vez mais a necessidade de incorporar e disponibilizar IG de e para outras fontes ao nível da administração central, regional e local, associações, universidades e outras entidades ou instituições com interesse na gestão e ordenamento florestal. A utilização de um SIGD facilita a integração de toda a IG com impacto na gestão florestal proveniente de várias fontes e a jusante a partilha dessa informação como, por exemplo, dados referentes a áreas ardidas, áreas afectadas por pragas e doenças (ex: Nemátodo da madeira do pinheiro), zonas de interesse paisagístico e turístico, zonas de conservação, ZIF, entre outras. A adopção de SIGD, que cumpram normas de interoperabilidade, por várias associações de produtores florestais, permite criar uma infraestrutura de dados espaciais florestais integrada em rede, onde a gestão e actualização dos dados é feita por quem na realidade os recolhe e trata, e a sua utilização por todos os utilizadores com acesso à mesma, sejam eles pequenos proprietários ou a Autoridade Florestal Nacional (AFN).

A adopção de um SIGD apresenta inúmeros desafios, sendo que um dos principais é a falta de financiamento existente. Este factor impede à partida a utilização de soluções baseadas em software proprietário que apresentam elevados custos de licenciamento e suporte, bem como maiores dificuldades de adaptação às características únicas que cada associação encerra.

TABELA II. PRINCIPAIS LIMITAÇÕES DO MODELO SIG EXISTENTE E A FORMA COMO O SIGD RESOLVE ESSAS LIMITAÇÕES

Limitações/Desafios	SIGD
Dificuldades de partilha da IG com os associados.	Aplicação baseada na Web actualizada localmente pelos técnicos da associação.
Conhecimentos de SIG e tecnologias de informação limitados em muitos dos associados.	Os utilizadores podem consultar a IG utilizando exclusivamente o *browser* de Internet, numa interface intuitiva, fácil de manipular.
Necessidade crescente de integrar diferentes níveis de IG de várias fontes.	Utilização de uma aplicação que cumpre as especificações do OGC, permitindo integrar IG de outras fontes que cumpram as mesmas normas.
Inexistência de financiamento para aquisição de software, hardware, contratos de manutenção e formação especializada.	Aplicação baseada em software livre sem custo de licenciamento, baixas necessidades de hardware e com uma comunidade de utilizadores que fornece apoio sem custos.
Necessidade crescente de partilha e integração de IG entre organizações.	Possibilidade de criar uma infraestrutura de dados espaciais em rede com diferentes organizações.

B. Desenvolvimento arquitectura e modelo de dados

Na escolha de software livre é importante optar por projectos maduros, com grandes comunidades activas, reconhecidas pelos utilizadores como soluções estáveis que podem ser utilizadas sem problema em projectos piloto mas também em aplicações profissionais e que disponham de muitos recursos de suporte em diversos formatos (livros, foruns, conferências, etc.)[1] Uma marca de garantia no que respeita a software SIG livre é dado pela *Open Source Geospatial Foundation* (OSGEO) [32] que reconhece todos os projectos que cumpram um conjunto de requisitos de qualidade no campo dos SIG.

O motor de processamento do SIGD utilizado na aplicação desenvolvida foi o servidor de mapas MapServer. Dado que o sistema operativo onde deveria correr a aplicação era baseado em Microsoft Windows, foi utilizado o pacote MS4W [33], que contém um servidor pré-configurado que inclui, entre outros componentes, o servidor HTTP Apache e o MapServer CGI.

Originalmente desenvolvido pelo projecto ForNet da Universidade de Minnesota (UMN) em cooperação com a *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) e o Departamento de Recursos Naturais de Minnesota (MNDNR) é considerado como um dos mais completos sistemas para disponibilização de dados geográficos em ambiente de redes, possuindo recursos avançados para implementação de soluções corporativas de processamento de dados geográficos.

O MapServer é uma plataforma para publicação de dados espaciais e aplicações interactivas, que tem como principal objectivo a disponibilização de informação espacial através da Internet. Quando executado, em resposta a uma requisição feita por Internet pelo utilizador, o MapServer lê um arquivo de configuração designado por MapFile onde se encontram descritos os níveis de informação e os diferentes componentes do mapa, este ficheiro não é mais que um arquivo em formato de texto, que lista as configurações de tudo o que vai ser desenhado e o modo de interacção com o mapa, incluindo informações sobre os níveis de informação a representar, as características de cada um desses níveis, formato, rectângulo envolvente do mapa, sistema de projecção utilizado, se e como é gerada a legenda, formato da imagem de saída, entre outras especificações que podem ser customizadas em função das necessidades do utilizador.

Na fig. 1 está representada a arquitectura do SIGD com os diferentes componentes de software livre utilizados. O MapServer garante a disponibilização de IG proveniente de dados armazenados localmente em pastas (informação raster: ortofotomapas, cartas militares, cadastro, etc.) e pelo acesso local a uma base de dados espacial gerida pelo PostgreSQL/PostGIS (informação vectorial: solos, ocupação, parcelário, unidades de gestão, ZIF, etc.). O acesso a outras fontes de informação podem igualmente ser disponibilizados pelo MapServer, utilizando uma ligação a uma base de dados

remota ou com base em servidores que implementem as especificações OGC, nomeadamente as normas WMS,WFS e WCS.

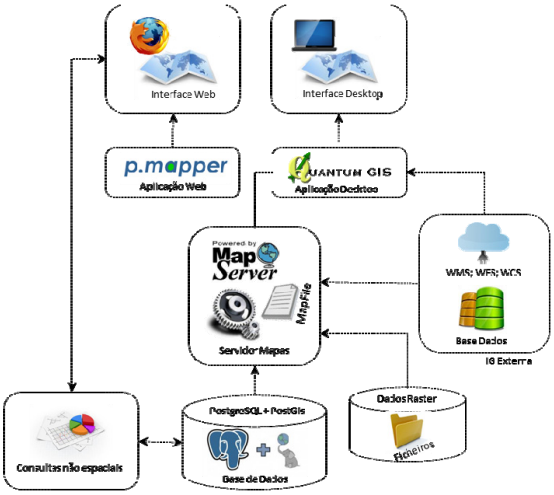


Figura 1. Esquema da arquitectura do SIGD e diferentes componentes de software livre utilizados.

A visualização da IG por parte dos utilizadores é garantida pela interface Web, por intermédio de uma aplicação de software livre pré configurada designada por pmapper [34] que oferece um conjunto de funcionalidades que facilitam bastante a criação de uma aplicação Web do Mapserver baseada em PHP/Mapscript.

Em alternativa, os utilizadores com mais conhecimentos de SIG podem utilizar aplicações *desktop* para a visualização e manipulação da IG disponibilizada, existindo várias soluções de software livre como o Quantum GIS [35], que inclusivamente se pode ligar directamente à base de dados PostgreSQL/PostGIS bem como a outras fontes de informação externa, não dependendo exclusivamente do MapServer.

Apesar de a utilização do PostgreSQL/PostGIS permitir a realização de consultas espaciais, nesta primeira versão da aplicação tal ainda não foi implementado. As consultas e edição resumem-se aos atributos da informação espacial visualizada armazenados na base de dados relacional.

C. Interface, funcionalidades e ferramentas do SIGD

A aplicação criada tem por objectivo principal a disponibilização via Web da informação, sendo que o acesso à mesma é feito pelo sítio de Internet da associação de produtores florestais, onde cada utilizador pode aceder à sua área de cliente onde tem à sua disposição diferentes níveis de informação, em função das características das suas unidades de gestão florestal.

O pmapper é constituído por uma moldura de visualização (Fig. 2) que pode ser parametrizada com facilidade, nomeadamente a dimensão dos mapas, nível de definição, campos de pesquisa, camadas de informação, legendas e outras. O resultado pode ser estruturado como um simples visualizador ou com a ligação à base de dados existente numa aplicação Web interactiva, que permite aos utilizadores a visualização, gestão e pesquisa dos seus dados, ainda que apenas seja possível a edição de campos alfanuméricos correspondentes aos elementos geográficos existentes. O utilizador pode desta forma consultar toda a informação espacial, referente às suas unidades de gestão florestal e manipular os dados no visualizador, recorrendo a um conjunto de ferramentas, normalmente disponíveis num SIG Desktop, das quais se destacam as operações de zoom, identificação, medição de áreas e distâncias, pesquisa com base em instruções SQL e impressão.

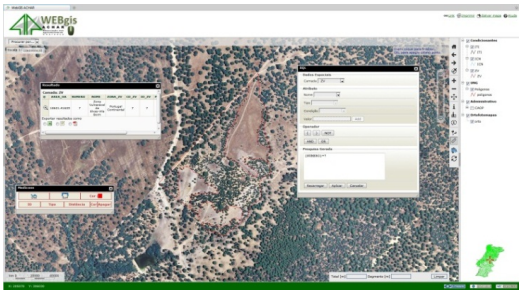


Figura 2. Ferramenta de visualização Web do SIGD

VI. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A introdução de SIGD apresenta-se como uma mais-valia para qualquer organização que pretenda concretizar uma gestão florestal inteligente, que não seja apenas sustentável mas também economicamente viável. O custo e a complexidade destas soluções deixaram de ser um dos grandes entraves à sua adopção. Muitos dos componentes de software livre apresentam versões *out-of-the-box* que rivalizam com as alternativas baseadas em software proprietário, não representando o custo de desenvolvimento uma factura pesada como era normal acontecer em aplicações construídas à medida.

As especificações e normas do OGC combinadas com o uso do software livre permitem uma interoperabilidade entre diferentes plataformas e a possibilidade de partilhar IG entre organizações.

É importante definir uma metodologia de implementação quando se pensa num SIGD. A oferta de tecnologias e software é cada vez maior, independentemente de falarmos de software livre ou proprietário. Para cada um dos componentes existem diferentes opções que importa comparar e avaliar, no que diz respeito às vantagens e desvantagens, compatibilidades, e custos totais de implementação (software, hardware, manutenção, suporte e formação). A solução aqui descrita não pretende ser a ideal, mas aquela que foi considerada como a melhor para as limitações do modelo existente.

A possibilidade de construir consultas espaciais e a edição de elementos geográficos, por exemplo com adopção da especificação WFS-T, via Web, constituem dois dos principais objectivos de desenvolvimento futuro, prespectivando-se neste

último caso a mudança do MapServer para GeoServer, visto que o primeiro não implementa até ao momento WFS-T.

A presente aplicação está em fase de testes em ambiente real e representa ainda uma primeira abordagem com vista à introdução de SIGD em organizações com as características de uma associação de produtores florestais que permitam a criação de uma rede de partilha de IG aplicada à gestão florestal.

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer à Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT) pelo financiamento da Bolsa de Doutoramento em Empresa que contribuíu directamente para a elaboração do presente artigo e dos trabalhos futuros no âmbito desta temática.

REFERENCIAS

[1] Moreno-Sanchez, Rafael, Anderson, Geoffrey, Cruz, Jesus and Hayden, Mary 2007. The potential for the use of Open Source Software and Open Specifications in creating Web-based cross-border health spatial information systems. International Journal of Geographical Information Science, 21:10, 1135 – 1163

[2] Open GeoSpatial Consortium, 2011, OGC, de: http://www.opengeospatial.org/ último acesso em (05/02/2011)

[3] Aires, J.M.G., Dias, A.P., Duarte, P. and Coucelo, C., 2004, Terramais - Serviço On-line de Suporte à Gestão Agro-Florestal. [CD ROM] In Actas do VIII Encontro de Utilizadores de Informação Geográfica - ESIG 2004, USIG (Ed.) (TagusPark, Oeiras), 14 p.

[4] Alves, M.V.G., S.Koehler, H. and M.Filho, B.d., 2005, Utilização de um banco de dados relacional no Sistema de Informações Geográfica (SIG) para o cadastro florestal. In XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, INPE (Ed.) (Goiânia - Brasil), pp. 2003-2009.

[5] Martins, H., Pereira, S., Pinho, J.R. and Borges, J.G., 2004, Desenvolvimento de Bases de Informação para Sistemas de Informação Aplicados ao Ordenamento Florestal. Silva Lusitana, n.º especial: 49-65, pp. 1-17.

[6] PROF, C.A., 2006, Bases de Ordenamento Florestal – Volume III - Alentejo Central. p. 219 (Évora: Universidade de Évora).

[7] Freire, S., Carrão, H. and Caetano, M.R., 2002, Produção de Cartografia de Risco de Incêndio Florestal com Recurso a Imagens de Satélite e Dados Auxiliares. [CD ROM] In Actas do VII Encontro de Utilizadores de Informação Geográfica - ESIG 2002, USIG (Ed.) (TagusPark, Oeiras), 15 p.

[8] Felícisimo, A.M., Francés, E., Fernandés, J.M., González-Díez, A. and Varas, J., 2002, Modelling the Potential Distribution of Forests with a GIS. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing - American Society for Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, vol. 68, pp. 455-461.

[9] Yíjun, C., 2003, Remote Sensing and GIS for Supporting Sustainable Forest Management Certification in the Tropics (A case study in Labanan Concession, East Kalimantan, Indonésia). Thesis submitted for the degree of Science in Geo-information Science and Earth Observation, Forestry for Sustainable Development, International Institute for Geoinformation Science and Earth Observation.

[10] Hamzah, K.A., 2001, Remote Sensing, GIS and GPS as a tool to support precision forestry practices in Malaysia. In 22nd Asian Conference on Remote Sensing, CRISP (Ed.) (Singapore), pp. 562-566.

[11] Altoé, R.T., Oliveira, J.C. and Ribeiro, C.A.A., 2005, Sistema de informações geográficas na definição de corredores ecológicos para o município de Conceição da Barra – ES. In XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, INPE (Ed.) (Goiânia - Brasil), pp. 1995-2002.

[12] Cruz, A.L., Neves, N. and Araújo, M., 2004, Áreas de wilderness para a conservação da vida selvagem em Portugal Continental. [CD ROM] In Actas do VIII Encontro de Utilizadores de Informação Geográfica - ESIG 2004, USIG (Ed.) (Tagus park, Oeiras), 13 p.

[13] Nunes, J.P. and Pacheco, N.R., 2004, Informação Geográfica e Modelação para a Gestão de Bacias Hidrográficas - Consequências das alterações climáticas para os processos hidrológicos e erosivos: potenciar a informação geográfica para a gestão ambiental. [CD ROM] In Actas do VIII Encontro de Utilizadores de Informação Geográfica - ESIG 2004, USIG (Ed.) (Tagus park, Oeiras), 13 p.

[14] Nunes, A. and Caetano, M., 2006, Forest monitoring with remote sensing: A web application for the common user. In ASPRS 2006 Annual Conference, ASPRS (Ed.) (Reno, Nevada).

[15] Shi-ming, L., Saborowski, J., Nieschulze, J., Zeng-yuan, L., Yuan-chang, L. and Er-xue1C., 2007, Web service based spatial forest information system using an open source software approach. In Journal of Forestry Research, 18(2): 85−90 (2007), 7p.

[16] Miranda, J.I., 2004, SpringWeb: Um Aplicativo para Publicar Mapas na Web. Embrapa Informática Agropecuária, 41, pp. 1-25.

[17] Longley, P.A., Goodchild, M.F., Maguire, D.J. and Rhind, D.W., 2005, Geographic Information Systems ans Science (Barcelona: John Wiley & Sons Ldt).

[18] Anderson, G., Moreno-Sanchez, R. 2003. Building web-based spatial information solutions around open specifications and open source software. Transactions in GIS , 7(4): 447–466.

[19] Farcy C., Terwagne B. de, Blerot P., 2005. A distributed information system for public forest and wildlife management in the Walloon Region (Belgium) using open GIS standards. Computers and Electronics in Agriculture 47 (2005) 207-220, Elsevier

[20] Proctor P., Heath L. S., Deusen P. C.V., Gove J. H., Smith, J. E. 2002, COLE: A Web-based tool for interfacing with foresta inventory data. Proceedings of the Fourth Annual Forest Inventory and Analysis Symposium ,2002, 6p

[21] Kelly N. M., Tuxen K, 2002. WebGIS for Monitoring "Sudden Oak Death" in coastal California. Computers, Environment and Urban Systems 27 (2003) 527-547 Pergamon-Elsevier

[22] Souza, V.C.O.d., Oliveira, M.L.R., Vieira, T.G.C. and Alves, H.M.R., 2005, Portal Vertical GeoSolos – Spring Web na divulgação dos resultados de pesquisa em regiões cafeeiras de Minas Gerais. In XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, INPE (Ed.) (Goiânia, Brasil), pp. 2389-2396.

[23] Yang, C.P., Wong, D.W., Yang, R., Kafatos, M. and Li, Q., 2004, Performance-improving techniques in web-based GIS. International Journal of Geographical Information Science, 19:3, pp. 319-342.

[24] Machado, J., Cabral, P. and Painho, M., 2002, Aplicações de SIG na WEB - O atlas do ambiente dinâmico. [CD ROM] In Actas do VII Encontro de Utilizadores de Informação Geográfica - ESIG 2002, USIG (Ed.) (Tagus Park, Oeiras), 11 p.

[25] Peng, Z.-R. and Tsou, M.-H., 2003, Internet GIS - Distributed Geographic Information Services for the Internet and Wireless Networks (New Jersey: Wiley - John Wiley & Sons, Inc.).

[26] Tang, W. and Selwood, J., 2003, Connecting our World - GIS Web Services (Redlands: ESRI Press).

[27] Proctor P., Deusen P. C.V., Heath L. S., and Gove J. H., 2003, The Open-Source Movement: An Introduction for Forestry Professionals. In Proceedings of the Fifth Annual Forest Inventory and Analysis Symposium ,2003, 6p

[28] Uchoa HN, Coutinho RJC, Ferreira PR, Filho LCTC, Brito JLNeS. 2007. Arquitetura OpenGIS® Baseada em Software Livre para Solução de Geoprocessamento. OpenGeo.

[29] OSI, 2011, Open Source Initiative, de: http://www.opensource.org/ último acesso em (05/02/2011)

[30] GNU, 2011, GNU Operating System. de: http://www.gnu.org/ último acesso em (05/02/2011)

[31] Hecht L 2002b Insist on interoperability. GeoWorld 15(4): 22–3

[32] Open Source Geospatial Foundation, 2011 OSGEO, e: http://www.osgeo.org/ último acesso em (05/02/2011)

[33] MS4W, 2011 MapTool, de: http://www.maptools.org/ último acesso em (05/02/2011)

[34] Pmapper, 2011, de: http://www.pmapper.net/ último acesso em (05/02/2011)

[35] QuantumGIS, 2011, de: http://www.qgis.org/ último acesso em (05/02/2011)

Percepção social na aprendizagem online: identificando requisitos para o LMS Amadeus

Ivanildo José de Melo Filho
IFPE – Campus Belo Jardim – Pernambuco – Brasil
UFPE – Centro de Informática – Pernambuco – Brasil
ivanildo.melo@belojardim.ifpe.edu.br

Rosângela Saraiva Carvalho
Escola Superior de Relações Públicas de Pernambuco – Brasil
UFPE – Centro de Informática – Pernambuco – Brasil
rosangelac@gmail.com

Rosangela Maria de Melo
ITEP – Instituto de Tecnologia de Pernambuco – Brasil
rmdemelo@gmail.com

Josilene Almeida Brito
IF-SERTÃO Pernambucano – Brasil
UFPE – Centro de Informática – Pernambuco – Brasil
josilene.brito@ifsertao-pe.edu.br

Alex Sandro Gomes
UFPE – Centro de Informática – Pernambuco – Brasil
asg@cin.ufpe.br

Abstract— **With the increasing sophistication of virtual learning environments, online learning has at its disposal resources that provide an education more effectively. Importantly say, the collaborative activities can be enhanced in virtual learning environments, since the elements of social awareness are willing and will allow participants to share knowledge and experiences.**

The present work aims to establish requirements related to the phenomena of social awareness and collaboration in Amadeus LMS. This research was an exploratory qualitative study. The methodological approach applied in this work was the interaction with the environment, questionnaires, conducting focus group, video recording and observation. The participants are students of final year coach IFPE – Campus Belo Jardim. Needs were identified and the results indicate that the functionality of the elements of social awareness of Amadeus LMS needs to be complemented, and that other elements must be integrated. The results of this research were prototyped for Amadeus LMS.

Keywords-component; social awareness, online learning, LMS Amadeus

I. INTRODUÇÃO

A convergência tecnológica tem permitido que as modalidades de ensino alavanquem e conquistem novos espaços, quebrando paradigmas na educação, no sentido de ultrapassar os limites dos quais se costumava a lidar.

No Brasil, atualmente, presencia-se a massificação do ensino a distância, bem como, a sua inserção como alternativa complementar aos cursos presenciais. Um exemplo é o que ocorre no nível profissionalizante, através da Escola Técnica Aberta do Brasil – Projeto e-Tec BRASIL[1] – e, no ensino superior ou de pós-graduação, através da UAB[2] – Universidade Aberta do Brasil.

Neste sentido, as instituições têm buscado soluções que permitam aos alunos desta modalidade de ensino atuarem de forma concreta no seu processo de aprendizagem. A utilização dos LMS – *Learning Management System* – apoiados pelas tecnologias da informação e comunicação tem servido de base para a oferta, condução e instrumentalização na educação.

Os LMS possuem a capacidade de fortalecer as práticas educativas em diferentes modalidades de ensino, dispondo de mecanismos que permitem a convergência de diferentes mídias como texto, imagem, som e vídeo. Entretanto, em certas ocasiões, esses mecanismos se tornam insuficientes na medida em que a possibilidade de interação entre os participantes no ambiente funciona de maneira restritiva, limitando a sua percepção e a do grupo no ambiente para realização das atividades propostas. O que frequentemente gera frustração e impossibilita a formação de grupos, além de reforçar a sensação de solidão.

Para [1], no domínio do CSCL – *Computer Supported Collaborative Learning* – a percepção de grupo é um tema emergente e abrange o conhecimento e a percepção das

[1] Escola Técnica Aberta do Brasil - e-Tec Brasil, é um programa do governo federal para desenvolvimento da educação profissional técnica na modalidade de educação a distância. Disponível em:< http://www.etecbrasil.mec.gov.br/gCon/recursos/upload/file/Decreto_etec(2).pdf>

[2] A Universidade Aberta do Brasil é um sistema integrado por universidades públicas que oferece cursos de nível superior para camadas da população que têm dificuldade de acesso à formação universitária, por meio do uso da modalidade de educação a distância. Disponível em:< http://www.uab.capes.gov.br/>

capacidades cognitivas, sociais e o contexto da informação, comportamento de um grupo ou de seus membros.

Desta forma, a questão central deste trabalho é identificar as dificuldades, bem como estabelecer requisitos de percepção social no LMS Amadeus, objetivando o aperfeiçoamento de algumas interfaces de navegação e da interface distribuída para discussão de vídeo com chat em grupo.

A estrutura desta pesquisa está organizada da seguinte forma: a segunda seção apresenta a percepção social nos ambientes virtuais de aprendizagem; a terceira aborda a importância da aprendizagem *online;* na quarta – o LMS Amadeus – ambiente virtual de aprendizagem utilizado nesta pesquisa é apresentado. A quinta seção descreve o método utilizado; a sexta apresenta os requisitos estabelecidos; na sétima são sugeridos alguns dos protótipos gerados a partir dos resultados obtidos. Na oitava seção é realizada a discussão dos resultados, e por fim, é evidenciada a conclusão deste trabalho.

II. Percepção Social nos Ambientes Virtuais de Aprendizagem

Segundo [2], a percepção social abrange o estudo da forma como os seres humanos formam impressões sobre outras pessoas, e sobre como fazemos inferências sobre elas. Um aspecto importante da percepção social é que esta nos permite dar sentido ao mundo social em que fazemos parte, e influencia as nossas decisões com outras pessoas. Para [3], a percepção social é definida como a compreensão de uma situação contextual em um momento presente. Em ambientes virtuais colaborativos, a percepção desempenha um papel importante para alcançar uma real comunicação digital entre os participantes.

De acordo [4], os elementos de percepção social contidos nos ambientes virtuais de aprendizagem podem ser definidos como mecanismos destinados a auxiliar as pessoas a construírem e manterem a consciência das atividades umas das outras. Bem como, o contexto ou situação, mesmo quando os participantes não estão no ambiente de aprendizagem. Além disso, os elementos de percepção social proporcionam benefícios, como: o aumento da colaboração entre os participantes, promove relações sociais, melhora o bem-estar dos indivíduos, no sentido de eliminar a sensação de estar sozinho no ambiente de aprendizagem.

Através da percepção social, os participantes conseguem constituir o sentido da presença social dos seus pares, e a partir deste, iniciam o processo de interação social através do ambiente. Para [5], normalmente, nos LMS os membros do grupo estão localizados em lugares diferentes e, possuem quase nenhuma pista social sobre a existência dos outros. Para se construir uma comunidade *online* entre pessoas sem ligações anteriores, a presença social desempenha um papel decisivo para a mobilização e coesão do grupo, conforme citam [6]. Outros estudos foram realizados objetivando o fornecimento de mecanismos de percepção social em LMS, e podem ser encontrados em [7]; [8] e [9].

III. Aprendizagem *Online*

A aprendizagem *online* é uma constante no dia a dia, no trabalho, em casa, na vida [10]. Esta permite que a mensagem seja modificável e que ocorra o envolvimento e a participação dos aprendizes, destaca [11]. Em [11] ainda é reforçado que esta modalidade habilita o emissor, a definir e a ofertar uma gama de possibilidades a serem exploradas, navegadas, abertas a interferências e modificações dos alunos, gerando colaboração. E, desta forma, faz com que o receptor manipule, edifique e torne-se participante ativo na construção do seu conhecimento.

Para garantir – na aprendizagem *online* – o envolvimento ou engajamento, a participação e a colaboração dos alunos faz-se necessário a utilização adequada dos LMS. Neste sentido, [3] esclarecem que nos LMS, os participantes devem perceber as pessoas com as quais estão interagindo, suas responsabilidades e contribuições, bem como, estar ciente das atividades de colaboração, e do acompanhamento do seu nível de progresso.

De acordo com [10]: *"O importante é que os alunos aprendam de verdade no presencial e no online".* A aprendizagem *online* necessita incorporar em profundidade todas as possibilidades propostas pelos ambientes virtuais de aprendizagem, principalmente, com foco no aluno e na participação como eixos de uma educação ativa e transformadora. Ele ressalta que é possível, quando necessário, combinar atividades colaborativas para vários alunos de modo a construir situações vivas de aprendizagem compartilhada. E, assim, inúmeras possibilidades de aprendizagem podem ser combinadas com o melhor do presencial, quando possível, com as facilidades do virtual.

IV. LMS Amadeus

O LMS Amadeus tem origem em um conjunto de pesquisas acadêmicas nas áreas de Interação Humano Computador e Tecnologia Educacional. Foi desenvolvido pelo grupo de pesquisa CCTE [3] – Ciências Cognitivas e Tecnologia Educacional do Centro de Informática da UFPE – Universidade Federal de Pernambuco. Esse LMS é definido por [12] como um sistema de gestão de aprendizagem para educação presencial, a distância e todas as suas variações. Ele é baseado no conceito de *blended learning,* segundo o qual, para se atingir um grande público com projetos de formação a distância, faz-se necessário uma combinação de formas de mediar a apresentação e as interações com os conteúdos das aulas. A interação entre os usuários, e destes, com o conteúdo no ambiente permite a execução de novas estratégias de ensino e de aprendizagem orientadas por teorias construtivistas ou sócio-interacionista do desenvolvimento humano.

O LMS Amadeus é distribuído sob uma licença de *Software* Livre, e desde março de 2009, passou a integrar o PSPB[4] – Portal do Software Público Brasileiro. Atualmente, a

[3] CCTE na Internet: <http:/www.cin.ufpe.br/~ccte>.

[4] Portal do Software Público Brasileiro na Internet: http://www.softwarepublico.gov.br.

comunidade do LMS Amadeus no PSPB conta com aproximadamente 4000 participantes.

V. MÉTODO

Esta seção apresenta os procedimentos metodológicos adotados nesta pesquisa. Primeiramente, é apresentado o contexto, em seguida, os participantes, e finalmente a descrição dos procedimentos que foram adotados e as técnicas que foram aplicadas na condução desta investigação.

Para tanto, o desenho metodológico que foi aplicado nesta pesquisa, durante o acesso ao campo foi planejado de forma que, no seu desenvolvimento pudessem ocorrer interações com os participantes. Desta forma, foram utilizadas técnicas de observação, questionários, grupo focal, gravações das ações em tela do computador, de áudio e de vídeo durante o processo de coleta de dados.

A. Contexto da pesquisa

Este trabalho centrou-se na busca dos fenômenos de percepção social no processo de navegação da interface web do LMS Amadeus, e na utilização de sua interface distribuída para discussão de vídeo com chat em grupo. O conteúdo utilizado nesta investigação foi o entendimento do conceito e da relação entre grandezas elétricas (tensão, corrente e resistência) que são estabelecidas pela Lei de OHM. As Figuras 1, 2, 3 e 4 são algumas das interfaces do LMS Amadeus que foram objeto desta pesquisa.

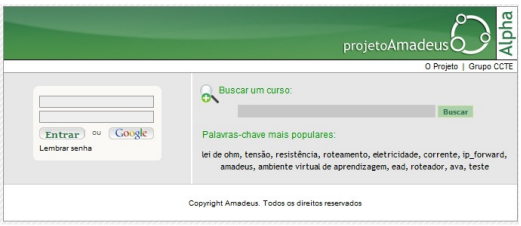


Figura 1. Interface de entrada.

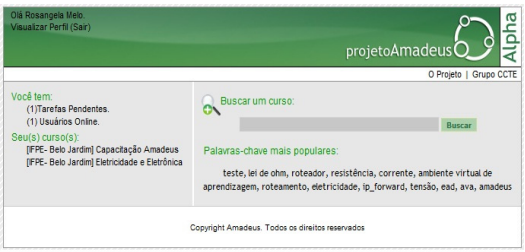


Figura 2. Interface para seleção de curso.

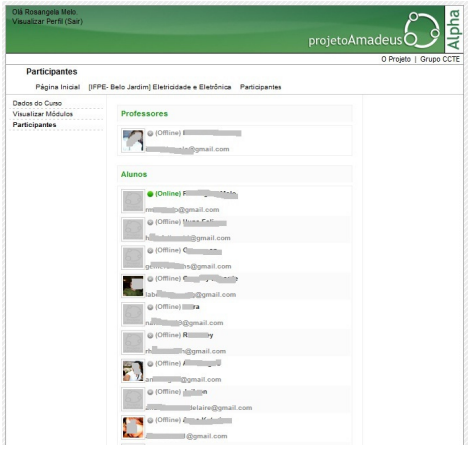


Figura 3. Interface para visualização dos colegas de sala.

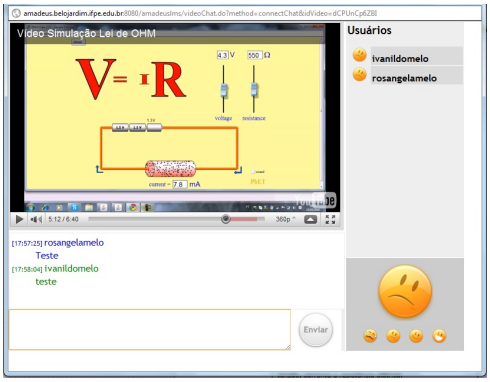


Figura 4. Interface distribuída pra discussão de vídeo com chat em grupo.

B. Participantes

Os participantes desta pesquisa são alunos do IFPE – Campus Belo Jardim, do curso técnico em informática.

C. Procedimentos

É recomendado por [13] que um método de pesquisa seja descrito numa sequência de passos, para demonstrar que os objetivos que estão sendo propostos foram atingidos. Portanto, os procedimentos que foram adotados para a coleta dos dados ocorreram em 3 (três) sessões a saber:

- **Sessão 1 – Interação inicial dos alunos participantes no LMS AMADEUS** – Esta sessão teve como objetivo observar o nível de aceitação e compreensão dos alunos quanto ao ambiente, e registrar as primeiras impressões desses em relação ao LMS Amadeus. Ao final desta sessão, os alunos responderam o Questionário de Aceitação que teve como objetivo, registrar as primeiras impressões desses em relação ao LMS Amadeus, relacionadas a facilidade, flexibilidade e satisfação na utilização do ambiente. Além disso, este

instrumento abordou aspectos relacionados a importância das informações pessoais dos participantes, a disposição dos materiais e das atividades no ambiente, bem como, a verificação do grau de dependência que um usuário deve ter para utilizar o ambiente.

- **Sessão 2 - Interação no LMS Amadeus –** Nesta etapa, os alunos participaram das sessões de interação no LMS para a realização das tarefas. Foram definidas 3 (três) sessões de interação com duração de 60 minutos em dias distintos. As atividades propostas aos alunos consistiram na exibição de seis vídeos – de domínio público – que foram **agrupados** dois a dois por sessão de interação, resultando em três momentos para a discussão em grupo através da interface distribuída para discussão em grupo de vídeo com *chat*, vide Figura 4. Ao final desta sessão, os alunos responderam o Questionário de Percepção – que objetivou registrar a percepção social desses em relação ao ambiente de aprendizagem, e entre os seus pares. O questionário tratou de questões relacionadas a dificuldade de encontrar os participantes no LMS, de distinguir o perfil dos participantes, quais informações e funcionalidades deveriam ser acrescentadas ao LMS, de modo que, os alunos tenham uma participação mais efetiva no ambiente. Por fim, os alunos foram questionados em relação a interface distribuída para discussão de vídeo com *chat* em grupo (Figura 4), com vistas a identificar a facilidade de uso, e quais aspectos presentes na interface facilitaram ou dificultaram a sua participação nas respectivas sessões.
- **Sessão 3 – Grupo focal com os participantes –** A decisão pelo grupo focal deve-se ao fato de que a observação natural é um método para coleta que demanda um tempo maior para captar as reações dos participantes. Sendo assim, o principal objetivo em utilizar esta técnica, neste trabalho, foi conhecer as opiniões dos participantes e promover a discussão coletiva a respeito das sessões realizadas, visando a validação e a consensualização das impressões geradas a partir dos questionários de aceitação e percepção. Desta forma, as percepções comuns aos participantes levantadas nesta pesquisa, foram reforçadas e as divergentes foram discutidas coletivamente. Ao final desta sessão , os alunos foram convidados a sugerir protótipos, com vistas a aperfeiçoar as interfaces do LMS Amadeus com as quais estes interagiram. Isto permitiu que os alunos fornecessem um *feedback* informátivo sobre suas compreensões em relação ao ambiente, e ainda participar ativamente das discussões durante a avaliação dos protótipos.

D. Análise dos dados

Para análise dos dados foi considerada análise dos vídeos gerados através da captura das ações realizadas no LMS Amadeus, dos *chats*, das gravações do áudio durante as sessões de interação, dos registros manuais gerados pelos participantes ao longo das sessões de colaboração, e da gravação em vídeo do grupo focal

VI. REQUISITOS ESTABELECIDOS

Baseado na análise qualitativa dos dados, os requisitos foram estabelecidos a partir da identificação das dificuldades e das necessidades expressadas pelos participantes durante a realização dos procedimentos. Estes foram agrupados por interface e apresentados nas Tabelas 1 e 2.

TABELA I. INTERFACE WEB DO LMS AMADEUS

Requisitos	Descrição	Protótipo
[REQ_01]	A apresentação do LMS Amadeus deve estar disponível ao visitante	1
[REQ_02]	As interfaces devem conter o recurso de "Ajuda"	Todos
[REQ_03]	Indicações diretas sobre a oferta e andamento de cursos ou módulos	2
[REQ_04]	Interação com os usuários online	2
[REQ_05]	Separação dos contextos da interface	Todos
[REQ_06]	Mudança de cor da indicação de presença	2
[REQ_07]	Relatórios do histórico de acesso e de atividades – Aluno	2
[REQ_08]	Indicações diretas sobre a oferta e andamento de cursos ou módulos	2
[REQ_09]	Integração com redes sociais	2
[REQ_10]	Envio de mensagens através de SMS	2
[REQ_11]	Inclusão de Serviço de *Inbox*	2,3
[REQ_12]	Registro de mensagens gravadas de áudio e de vídeo	2
[REQ_13]	Inclusão de histórico de acesso e atividades realizadas – Professor	2

TABELA II. INTERFACE DISTRIBUÍDA PARA DISCUSSÃO DE VÍDEO COM *CHAT* EM GRUPO

Requisitos	Descrição	Protótipo
[REQ_14]	Redimensionamento da área de apresentação da discussão na tela e do tamanho da fonte	3
[REQ_15]	Inclusão da imagem do participante e readequação da indicação de sua satisfação	3
[REQ_16]	Inclusão de identificações diferenciadas para aluno, monitor e professor:	2,3
[REQ_17]	Possibilitar ao usuário a troca da cor da fonte	3
[REQ_18]	Mecanismo para a moderação da sessão de interação	3
[REQ_19]	A interface deve permitir o envio de mensagens entre os usuários	3
[REQ_20]	Lista de perguntas ou dúvidas	3
REQ_21]	Gravação das sessões de interação	3
[REQ_22]	Utilização de *chat* com vídeo	3
[REQ_23]	Integração da interface distribuída com o *Slideshare*	3
[REQ_24]	Liberação do áudio e vídeo durante as sessões	3

VII. PROTOTIPAÇÃO

Esta etapa consistiu na construção de protótipos de telas, que apontaram sugestões a serem implementadas de acordo com os aspectos de percepção e de colaboração identificados.

A. Avaliação dos protótipos

Os protótipos foram apresentados aos alunos, em papel impresso, e a avaliação de cada interface permitiu descrever problemas de comunicabilidade com os usuários. A avaliação também contribuiu para elucidar dúvidas quanto aos protótipos sugeridos na Sessão 3. O processo avaliativo fez com que os alunos interagissem com os protótipos e discutissem

coletivamente buscando a validação das funcionalidades propostas, como também, permitiu a discussão e a busca para resolução refinada dos problemas encontrados.

B. Prototipos Sugeridos

As figuras 5, 6 e 7 representam alguns dos protótipos sugeridos, e que foram avaliados pelos participantes.

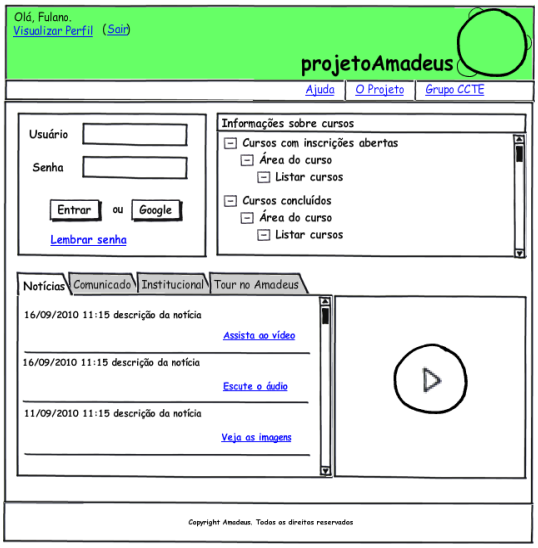


Figura 5. Protótipo "1" – Interface de entrada do LMS Amadeus.

Figura 6. Protótipo "2" – Interface do curso/módulo.

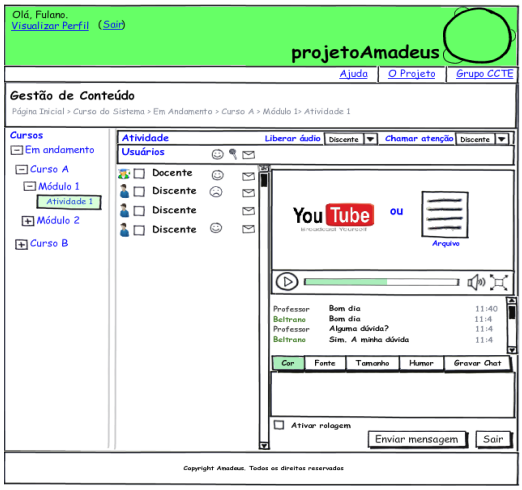


Figura 7. Protótipo "3" – Interface distribuída – Vídeo e Apresentação *Online*.

VIII. Resultados

Observou-se que os elementos de percepção social existentes no LMS Amadeus são importantes. Contudo, há indícios de frustração por parte dos alunos quanto a este elemento, visto que este possibilita identificar os usuários presentes no LMS, no entanto, não os permite estabelecer contato *online* através do ambiente. Os alunos demonstraram interesse em detalhes, como por exemplo, a mudança – temporizada – da cor da indicação de presença, como ocorre nos sistemas de bate-papo e redes sociais. As necessidades identificadas mostram que perceber a quantidade, e ter ciência dos usuários que estão *online* – em uma única interface – é insuficiente para o processo de formação de grupos e engajamento em atividades.

A probabilidade de manter contato com os seus pares, mesmo que estes não estejam *online* no LMS Amadeus foi apontada pelos alunos como um fator que pode auxiliar na manutenção das relações no ambiente, visto que esta seria uma forma adicional de comunicação. O estabelecimento de comunicação entre os alunos através do LMS – seja por meio de redes sociais, dispositivos móveis ou utilização de mensagens gravadas de áudio e vídeo – mostram-se em consonância com [14] e que são ratificadas por [15] e [16]. Vale evidenciar, que os alunos demonstraram preocupação constante quanto à percepção do professor, no que diz respeito às informações de suas atividades.

A interface distribuída não dispõe de nenhum mecanismo que permita ao professor moderar a condução das sessões. Isto pode ser averiguado, se, por exemplo, ocorrer diálogos fora do contexto da interação entre os alunos na sessão. Os alunos registraram no questionário e ratificaram na discussão coletiva, que a área onde são exibidas e/ou registradas as discussões por *chat* é pequena, o que dificulta a sua compreensão e seu acompanhamento. Isto ocorre mesmo quando se deseja retroceder – através da barra de rolagem – para acompanhar a discussão. Também, descreveram a sensação de frustração,

resultante entre outros aspectos: da forma como os participantes, na interface distribuída para discussão de vídeo com *chat*, são identificados. Esta os impossibilita de distinguir, por exemplo, quem é o monitor ou professor durante a sessão. Outro ponto ressaltado foi a tentativa e o insucesso do contato com o professor para esclarecimento de dúvidas.

Os participantes selecionaram através do questionário e descreveram na discussão coletiva a importância de manter contato privado, tanto com o professor quanto com os seus pares, isso pode colaborar positivamente para o esclarecimento de dúvidas e discussão sobre o conteúdo abordado, através da interface. Ainda ressaltaram que do mesmo modo que se utiliza o vídeo para discussão, outros objetos de aprendizagem poderiam ser integrados à interface, como apresentações *online* com a participação simultânea do professor e dos alunos e discussões através de vídeo com *chat*. Esta última também foi identificada recentemente no trabalho de pesquisa de [17].

IX. Conclusão

Ficou evidenciado que os elementos de percepção social existentes nas interfaces *web* do LMS Amadeus limitam-se a indicação da quantidade dos usuários e do seu *status*. Isto torna difícil a comunicação e o engajamento dos alunos, para não dizer que é inexistente. Os alunos demonstraram sentimento de solidão e frustração durante sua navegação, considerando desde a sua entrada no ambiente, até a utilização dos materiais ou das atividades disponibilizadas pelo professor.

Os requisitos de percepção social estabelecidos nesta pesquisa para o LMS Amadeus apontaram que os seus atuais mecanismos de percepção precisam ser complementados, enquanto outros necessitam ser adicionados, visto que existe apenas a indicação da presença, seja do aluno ou do professor.

Na descrição dos resultados percebe-se que tais melhorias beneficiarão a comunicação, a formação de grupos, e consequentemente a participação dos alunos, além de promover a redução da sensação de solidão comum aos LMS. A utilização da interface distribuída do LMS Amadeus possibilitou a constatação de dificuldades, limitações e necessidades que precisam ser revistas, analisadas e superadas, para permitir ao professor explorar a potencialidade da interface na utilização de outras atividades com os alunos.

As contribuições geradas nesta pesquisa estão representadas através dos requisitos estabelecidos e dos protótipos sugeridos. A adoção destas permitirá ao LMS Amadeus a dar continuidade ao seu novo ciclo de vida, que se encontra em curso. Os resultados obtidos, neste trabalho, foram reportados a comunidade do LMS Amadeus, através do Portal do Software Público Brasileiro. É importante lembrar, que as contribuições aqui mostradas podem ser aplicadas a outros LMS, visto que o processo de avaliação de qualquer ambiente de aprendizagem deve ser contínuo, de forma que as necessidades identificadas possam ser incorporadas. E, a partir destas, novas avaliações possam ser realizadas, com vistas ao aprimoramento do LMS, respeitando as capacidades, necessidades e preferências dos seus usuários.

Referências

[1] Bodemer, D., & Dehler, J. – Group awareness in CSCL environments. Computers in Human Behavior. 2010.

[2] Pilati, R. Percepção Social - Laboratório de Psicologia Ambiental - Instituto de Psicologia – Universidade de Brasília. 2007.

[3] Idrus Z., Abidin S., Hashim R., OMAR N. – Social awareness: the power of digital elements in collaborative environment. WSEAS Transactions on Computers 9 (6): 644-653, 2010.

[4] Markopoulos, P., Ruyter,· B. de, Mackay, W. – Awareness Systems – Advances in Theory, Methodology, and Design – Human – Computer Interaction. 2009. Series – Springer.

[5] Cress, U. & Kimmerle, J. – Knowledge Exchange as a Motivational Problem – Results of an Empirical Research Program. 2009. CSCL 2009 Proceedings – Computer Supported Collaborative Learning Practices.

[6] Deng L. & Yuen A.H. K. – Designing Blended Learning Communities. 228-243 pp In: Handbook of Research on Hybrid Learning Models: Advanced Tools, Technologies, and Applications. Chapter 14 IGI Global. 2010.

[7] Gerosa, M.A., Fuks, H. & Lucena, C.J.P. – Elementos de percepção como forma de facilitar a colaboração em cursos via Internet, Anais do XII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, Vitória-ES, p. 194-202. 2001

[8] Souza Neto, M. – Direto Online:Percepção de Presença em Ambientes de Educação a Distância baseados na Web. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas – SP. 2004

[9] Alves, S. V. L. – Suporte à percepção em groupware síncronos de aprendizagem. Dissertação de mestrado em Ciência da Computação – UFPE – Universidade Federal de Pernambuco. Centro de Informática. Recife. 2006.

[10] Moran, J. M. Os modelos educacionais na aprendizagem online. 2007. Disponível em: <http://www.eca.usp.br/prof/moran/modelos.htm>. Acesso em: 09 out. 2010.

[11] Silva, M. – Sala de Aula Interativa - A Era da Interatividade – 3ª Edição – Editora Quartet. 2002.

[12] Gomes, A.S; Monteiro, B.S.; Carvalho, R.S; Melo Filho, I.J.; Rolim, A.L.S.; Oliveira, G.R.S. – AMADEUS - Novas Formas de Interação para Educação a Distância. Revista Espírito Livre – Edição 008 – Páginas 73 - 78. Novembro/2009

[13] Wazlawick, R. S. – Metodologia de pesquisa para ciência da computação. Editora Elsevier. Rio de Janeiro. 2008.

[14] The Horizon Report – New Media Consortium and Educause Learning Initiative – Edition 2007.Diposnível em:< http://www.nmc.org/pdf/2007_Horizon_Report.pdf>. Acesso em: 10 out. 2010.

[15] Litto, F. M. – Aprendizagem a distância. Editora Imprensa Oficial. São Paulo. 2010.

[16] Tori, R. – Educação sem distâncias - Tecnologias interativas na redução de distâncias em ensino aprendizagem. Escola do Futuro – Universidade de São Paulo. Editora SENAC. São Paulo. 2010.

[17] Carvalho, R. S. – Sistemas de gestão da Aprendizagem e Sistemas de Gestão Acadêmica: Avaliados pela Ótica do Docente. Universidade Federal de Pernambuco – Centro de Informática – Pós-Graduação em Ciência da Computação. 2010.

Seguimiento a Distancia de Pacientes con Patologías Crónicas Mediante Tecnologías Móviles

Jaime Galán-Jiménez, Alfonso Gazo-Cervero, José-Luis González-Sánchez
Departamento de Ingeniería de Sistemas Informáticos y Telemáticos
Escuela Politécnica de Cáceres, Universidad de Extremadura
Cáceres, Extremadura (España)
jgaljim@unex.es, agazo@unex.es, jlgs@unex.es

***Abstract*—A lo largo de los últimos años se ha producido un incremento notable en el número de pacientes con enfermedades crónicas en la población de las sociedades occidentales. Este aumento implica un incremento en los costes y en la asignación de recursos del sistema sanitario, así como en el número de desplazamientos a centros hospitalarios por parte de los pacientes. Al utilizar las tecnologías de comunicaciones móviles se pueden reducir estos costes y mejorar la calidad de vida de los pacientes con patologías crónicas y de sus familiares o cuidadores. Por otro lado, las comunicaciones inalámbricas pueden verse afectadas por las interferencias generadas en el entorno doméstico del paciente. El trabajo que se presenta en este artículo muestra un cambio en la concepción de los servicios sanitarios de seguimiento de pacientes con patologías crónicas, lo que ayuda a mejorar la calidad asistencial.**

Keywords-pacientes crónicos; dispositivos biomédicos; interferencias; Mobile Tele-monitoring; eHealth

I. INTRODUCCIÓN

La asistencia sanitaria a pacientes crónicos se ha convertido en un problema prioritario de las sociedades occidentales. También en los países en desarrollo surgen tendencias hacia un aumento notable de las enfermedades crónicas. Se estima que las patologías crónicas representarán más del 60% del total de las enfermedades mundiales en el año 2023. La insuficiencia cardiaca es un padecimiento crónico en constante crecimiento. Su existencia ha ido en aumento fundamentalmente por el envejecimiento de la población y la supervivencia de pacientes con enfermedades primariamente cardiacas como la cardiopatía isquémica o general, con gran impacto cardiovascular, como la diabetes y la hipertensión arterial.

Otro aspecto saliente de esta realidad es el coste que ha supuesto para el sistema sanitario debido al aumento de ingresos hospitalarios por fallos cardíacos. Debido a ello, es de gran interés encontrar medidas que mejoren la calidad de vida de estos pacientes mejorando por un lado el diagnóstico precoz de las descompensaciones que puedan evitar o demorar un internamiento y por otro lado el cumplimiento terapéutico.

El actual desarrollo de las tecnologías de comunicaciones móviles permite la creación de soluciones relacionadas con servicios de salud y monitorización remota que eran inasumibles en el pasado. Además, estas soluciones permiten que usuarios finales sin conocimientos tecnológicos las puedan utilizar sin ningún problema.

Cuando a un paciente se le diagnostica una patología crónica, ésta implica, en mayor o menor medida, una pérdida en su calidad de vida y en la de sus familiares y cuidadores. Asimismo, la propia naturaleza de la patología crónica diagnosticada puede llevar aparejada la necesidad de realizar un seguimiento médico de la misma con continuos desplazamientos a los centros sanitarios. El hecho de tratar de minimizar estos desplazamientos podría incrementar el tiempo de reacción ante potenciales complicaciones.

En algunos casos, los pacientes pueden ser instruidos para realizar pruebas de seguimiento sencillas en sus propios hogares. Sin embargo, esta aproximación, que tan sólo puede aplicarse a un conjunto de pruebas de gran simplicidad, puede acarrear un nivel de incertidumbre adicional con respecto a los resultados obtenidos. Por este motivo, se replantean y consideran soluciones alternativas para conseguir una monitorización remota más efectiva y eficiente.

En los últimos años ha habido una actividad de investigación considerable en el ámbito de las redes inalámbricas de área personal (*Wireless Body Area Networks, WBAN*) [1]. El proyecto *MobiHealth* [2] ha desarrollado y probado un sistema de monitorización de constantes vitales personalizable basado en una WBAN y en una plataforma de *mobile-health* que utiliza las redes públicas inalámbricas de próxima generación. Por ejemplo, [3] se centra en la rehabilitación asistida por ordenador mediante el diseño de una WBAN basada en sensores de movimiento inteligentes. Otros enfoques como [4] pretenden desarrollar protocolos de red eficientes energéticamente para este tipo de redes.

Sin embargo, el uso de diferentes tecnologías inalámbricas y móviles puede originar problemas relacionados con los efectos que se pueden producir si todas estas tecnologías operan a la vez en el mismo entorno: las interferencias. El uso simultáneo de tecnologías y el medio que utilizan para transmitir en un entorno reducido pueden generar interferencias que afecten al rendimiento de las redes que conforman. Esto se debe al libre uso de las bandas médicas, científicas e industriales (*Industrial, Scientific and Medical, ISM*), reservadas internacionalmente, no pensadas para uso comercial y abiertas para el que quiera utilizarlas.

Este trabajo ha sido financiado en parte por la Consejería de Economía, Comercio e Innovación de la Junta de Extremadura a través de la beca para la formación predoctoral con expediente número PRE09184.

Este trabajo propone la aplicación de comunicaciones móviles al seguimiento de pacientes con patologías crónicas que necesitan de frecuentes visitas a los centros hospitalarios. La infraestructura tecnológica desarrollada en este trabajo permite a un grupo de pacientes seleccionado no tener que modificar aspectos significativos de su vida diaria. Esta infraestructura está constituida por una red de sensores biomédicos y dispositivos móviles. Los dispositivos biomédicos recogen la información biomédica individual y la transmiten a los sistemas de información centralizados a través de los dispositivos móviles. De este modo, los pacientes se realizan las mediciones desde sus propios domicilios y envían los datos obtenidos utilizando las comunicaciones móviles, evitando un número elevado de visitas a los centros médicos y mejorando la calidad de vida de sus familiares y cuidadores.

Por tanto, este documento se centra en los aspectos técnicos de la arquitectura propuesta para un conjunto específico de patologías y parámetros en la monitorización remota así como en los problemas de despliegue causados por las interferencias existentes en los domicilios de los pacientes.

El resto del artículo está organizado de la siguiente forma: la segunda sección se centra en las patologías, parámetros biomédicos y dispositivos de monitorización. En la tercera sección se presenta la arquitectura del sistema mientras que en la cuarta se incluye información relacionada con el despliegue y la evaluación de la metodología llevada a cabo. La sección cinco muestra un estudio de la influencia de las interferencias inalámbricas sobre los dispositivos móviles para, finalmente, describir las conclusiones y el trabajo futuro de investigación.

II. Patologías, Parámetros y Dispositivos Biomédicos

El servicio sanitario en el que se centra el trabajo es el de cardiología, para controlar las insuficiencias cardiacas de pacientes con edades superiores a los 50 años, hipertensos y propensos a la ganancia de peso.

En colaboración con los facultativos investigadores de [5], se realizaron varias reuniones en las que se identificaron las patologías y los parámetros biomédicos a monitorizar:

- Control de peso. Retención de líquidos.
- Control de frecuencia cardiaca, mediante la visualización de un electrocardiograma realizado a través de un electrocardiógrafo.
- Control de tensión arterial mediante el uso de un tensiómetro.

A. Control de peso (retención de líquidos)

Se controla el peso diario de los pacientes para detectar la posible retención de líquidos que éstos puedan experimentar. Existen umbrales relacionados con el peso que indican el estado en el que se encuentran. Por ejemplo, si un paciente sufre un aumento de 2 ó 3 kg. en menos de una semana, quiere decir que está presentando anomalías potencialmente relacionadas con el posible empeoramiento de salud. Por ello, se debe realizar un seguimiento del peso diario de los pacientes para obtener una curva en la que se observen estas variaciones.

En caso de aumento de peso repentino, se generan alarmas que alertan de la situación al facultativo. Se distinguen dos niveles de alarma: uno para los facultativos de atención primaria encargados de hacer el seguimiento del paciente y otro, en caso de emergencia, para el especialista del centro hospitalario para notificarle del posible ingreso del paciente. El dispositivo utilizado para ello es la báscula con capacidad Bluetooth modelo [6].

B. Control de frecuencia cardiaca

Se realiza un seguimiento de la frecuencia cardiaca diaria de los pacientes a través de la realización de electrocardiogramas utilizando dispositivos electrocardiógrafos individuales. Estas pruebas también se realizan una vez al día o en el caso de que el paciente se encuentre mal. La idea es poder detectar posibles anomalías en el ritmo cardiaco que puedan predecir o evitar ingresos hospitalarios, gracias a la actuación preventiva del facultativo. Al igual que en el control de peso, existen umbrales que indican anomalías. En este caso, si se superan las 125 ó 130 pulsaciones por minuto, se genera una alarma que envía una notificación al facultativo, el cual es el último responsable del cuidado del paciente. El dispositivo de electrocardiografía utilizado es el modelo [7], también con capacidad Bluetooth.

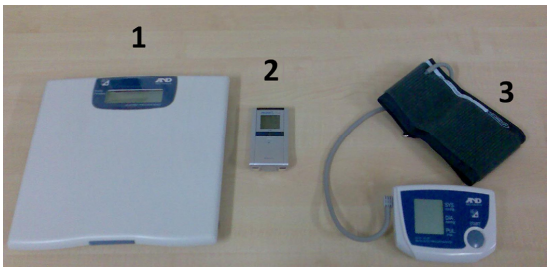
C. Control de tensión arterial

La tensión arterial es otro factor que puede anticipar una insuficiencia cardiaca. El paciente se toma la tensión una vez al día utilizando un tensiómetro que se le facilita. Si las cifras de presión arterial están por encima de 139/89 mmHg, se generan alarmas para el facultativo encargado de su seguimiento. Al igual que en el control de peso, se tiene una curva que muestra las variaciones de sístole, diástole, y pulso arterial a lo largo del tiempo. El dispositivo de toma de tensión arterial Bluetooth que se ha utilizado es el modelo [8].

En la Fig. 1 se pueden observar los dispositivos biomédicos utilizados en este trabajo.

III. Arquitectura del Sistema de Monitorización

En esta sección se presenta la arquitectura desarrollada para este trabajo. Se trata de una infraestructura de comunicaciones que integra un conjunto de sensores biomédicos para la monitorización a distancia de pacientes crónicos.



1. Dispositivo de control de peso.
2. Dispositivo de electrocardiografía.
3. Dispositivo de toma de tensión arterial.

Figura 1. Dispositivos biomédicos utilizados

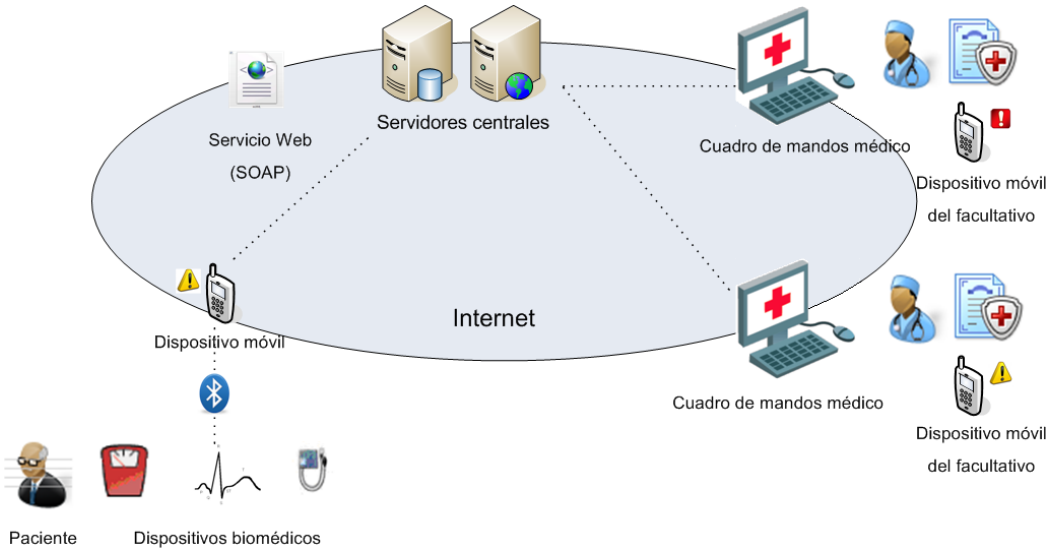


Figura 2. Esquema de la arquitectura general del sistema

Los elementos que forman parte de la arquitectura son los siguientes:

- Dispositivos biomédicos (tres por paciente): obtienen los datos biomédicos del paciente (peso, frecuencia cardiaca y tensión arterial).
- Dispositivos móviles (uno por paciente): se reciben los datos procedentes de los dispositivos biomédicos y se envían a un servidor central que almacena toda la información de los pacientes en seguimiento.
- Servidor central: almacena y procesa todos los datos de las mediciones para su monitorización.
- Portal de seguimiento médico: proporciona acceso remoto a la información médica de cada paciente de forma que se puedan controlar los parámetros de seguimiento de salud. Se encuentra disponible únicamente para los facultativos.

En la Fig. 2 se puede observar el esquema de la arquitectura desarrollada.

A. Procedimiento automatizado

A continuación se describe el procedimiento automático de realización de pruebas de seguimiento y envío al servidor central para que los facultativos puedan controlar a los pacientes con el portal de seguimiento médico.

Cuando a un paciente se le diagnostica una patología crónica (por ejemplo, cardiopatía) elegible para poder realizar un seguimiento mediante la solución propuesta, se le proporciona tanto el material necesario como las instrucciones para utilizarlo. El material consiste en el conjunto de dispositivos biomédicos descrito en la sección tres y un terminal móvil de tipo *smartphone*.

Los dispositivos biomédicos cumplen con la Directiva Europea 93/42 EEC para productos médicos [9]. Estos dispositivos están diseñados para poder remitir información al terminal móvil utilizando la tecnología Bluetooth. El desarrollo de la aplicación creada para el terminal móvil se ha llevado a cabo utilizando la tecnología J2ME (*Java 2 Micro Edition*). Además, se han implementado distintos módulos Bluetooth para la obtención de datos desde los dispositivos biomédicos y su posterior envío al dispositivo móvil.

El procedimiento seguido cuando se desea realizar una medición se muestra en la Fig. 3 y describe a continuación: El usuario elige el tipo de medición a realizar y el dispositivo móvil comienza una búsqueda para encontrar el dispositivo biomédico correspondiente. Si lo encuentra, ambos dispositivos se emparejan mediante la tecnología Bluetooth. Una vez emparejados ambos dispositivos, comienza la transferencia de los datos obtenidos desde el dispositivo biomédico hasta el dispositivo móvil, donde se visualizan por parte del paciente. En ese momento, la aplicación móvil pregunta al paciente si desea enviar los datos al servidor central para actualizar la información acerca de su estado de salud.

B. Seguimiento del facultativo y recepción de alertas

El control de los pacientes por parte de los facultativos se realiza a través del portal de seguimiento médico; se trata de una aplicación Web en la que se proporcionan diferentes gráficas individualizadas para cada paciente, de forma que el facultativo correspondiente puede conocer la evolución de los parámetros de estudio y actuar en consecuencia. Las funciones concretas son las siguientes:

- Monitorizar el peso, la tensión arterial y la frecuencia cardiaca de cada paciente. La evolución de las medidas se muestra mediante un gráfico de líneas.

Figura 3. Ejemplo de realización de medición y remisión de datos

- Para el electrocardiógrafo se muestra la derivación del electrocardiograma.
- Gestión de alarmas (leve, grave, crítica) para cada paciente y patología estudiada.

En el desarrollo del portal de seguimiento se ha utilizado el framework Struts y el servidor de aplicaciones JBoss. Se ha implementado además un Servicio Web para el envío de datos desde el terminal móvil al servidor central a través de la red 3G. Para ello se ha utilizado la librería kSoap2 para Java. Por otro lado, los facultativos también disponen de dispositivos móviles con conectividad a la red. La arquitectura integra un sistema de alertas que permite la recepción de alertas cuando se detecta alguna anomalía en la salud de los pacientes. Estas anomalías indican que existe un valor o un conjunto de valores obtenidos durante las pruebas sobrepasan un determinado umbral previamente fijado por el personal sanitario. En la Fig. 4 (a) se muestra un ejemplo de una recepción de alerta tras una medición para el control de peso de un determinado paciente. Estas alertas son configurables y se han programado para avisar al personal sanitario tan sólo cuando los valores obtenidos excedan los umbrales críticos. Pueden consultarse también en el sistema de gestión de alertas del portal de seguimiento, de forma que el personal sanitario esté avisado del problema potencial, pero pueda decidir el mejor momento para atenderla.

C. *Control terapéutico*

La última característica de la arquitectura desarrollada está relacionada con el control terapéutico, es decir, el control de que el paciente recibe correctamente el tratamiento prescrito para su patología. En función de las características del paciente y de la patología, el personal sanitario puede determinar si es necesario que al paciente se le avise a través de su terminal móvil cada vez que tenga que realizar un paso del tratamiento. Además existe una opción que obliga al paciente a confirmar que el tratamiento ha sido administrado correctamente. La Fig. 4 (b) muestra un ejemplo de cómo un paciente recibe un aviso de control terapéutico en el terminal móvil.

(a) (b)

Figura 4. Alertas de seguimiento y de control terapéutico

IV. Despliegue y Evaluación

El despliegue del experimento se ha realizado con pacientes elegidos según un proceso aleatorio de entre grupos de pacientes actualmente seguidos en la Unidad de Cardiología del Hospital de Don Benito-Villanueva de la Serena de la provincia de Badajoz en Extremadura, España [10].

Los criterios de inclusión han sido los siguientes:

- Pacientes con diagnóstico de insuficiencia cardiaca (IC).
- Recientemente hospitalizados por este motivo.
- Actualmente en situación de estabilidad clínica.
- Domicilio de los pacientes en una zona de cobertura UMTS (núcleos urbanos de la comarca).

Los criterios de exclusión se citan a continuación:

- Incapacidad psicofísica para realizar la experiencia o bien falta de asistencia de familiar o cuidador.
- No superar una prueba de uso de los dispositivos utilizados.
- Negarse a firmar el consentimiento informado.
- Falta de cobertura UMTS en el lugar de residencia del paciente.

Se estimó un tamaño de muestra de 9 pacientes y una duración de 6 semanas para el desarrollo del experimento. Con los criterios anteriormente citados, se realizó el estudio con varones y mujeres de un rango de edades entre 49 y 69 años, tanto con experiencia en el uso de tecnologías de comunicaciones móviles como sin ella.

Los resultados obtenidos permiten la división en dos grupos claramente diferenciados según la edad:

Grupo A (59-69 años): Los 5 pacientes mayores de 59 años no tenían experiencia en el uso de terminales móviles. Tres de ellos utilizaron los dispositivos e hicieron las mediciones con la ayuda de otras personas. Los otros dos pacientes vivían solos con sus cónyuges y no contaron con la ayuda de terceras personas para usar los dispositivos y hacer las mediciones. El resultado del experimento con los pacientes que recibieron ayuda fue óptimo/satisfactorio. Sin embargo, en el caso de

aquéllos que no la recibieron, el resultado fue deficiente/no satisfactorio.

Grupo B (49-58 años): Los 4 pacientes con insuficiencia cardiaca mayores de 50 años tenían experiencia en el uso de terminales móviles e hicieron las mediciones y los envíos de forma autónoma, sin ayuda de terceras personas. Resultado: óptimo/satisfactorio.

Para aquellas personas sin experiencia en el uso de estas tecnologías fue fundamental la ayuda de terceras personas. Los inconvenientes que aparecieron con aquéllos pacientes que no pudieron realizar las mediciones pueden ser salvados con entrenamiento tanto del paciente como del entorno familiar. La ergonomía y usabilidad tanto de los dispositivos biomédicos como del terminal móvil han sido fundamentales en este experimento piloto. La mayor barrera detectada en el uso de los dispositivos biomédicos ha sido el electrocardiógrafo.

Se han realizado varias entrevistas al comienzo, en el ecuador y una vez finalizado el experimento piloto con algunos de los pacientes. Además, se ha realizado una encuesta final a cada participante, tanto facultativos como pacientes. Los pacientes se sintieron muy participativos en el envío de mediciones y reconocieron el valor del experimento. Los facultativos participantes también reconocieron el valor del trabajo realizado y la necesidad de su integración en los servicios sanitarios.

V. Estudio de Interferencias en la Monitorización

Otro de los aspectos investigados es el efecto que se produce cuando las tecnologías móviles e inalámbricas se ven expuestas a determinadas situaciones en entornos que pueden provocar interferencias [11],[12],[13].

El uso simultáneo de estas tecnologías y el medio que utilizan para transmitir en un entorno reducido pueden generar interferencias que afecten al rendimiento de las redes que conforman. Esto puede provocar una caída de rendimiento durante las pruebas cuando se transfieren los datos a través de la comunicación establecida entre los dispositivos biomédicos y el dispositivo móvil. Esta caída de rendimiento puede evidenciarse también al enviar los datos desde el terminal móvil al servidor central si existen dispositivos propensos a generar interferencias que se encuentran operando en el mismo entorno. Por ejemplo, determinado instrumental médico puede provocar un rendimiento deficiente de las redes Wi-Fi en el interior de los hospitales [14],[15].

Para analizar las interferencias entre las tecnologías inalámbricas, se ha utilizado el analizador de espectro OmniSpectrum de WildPackets. Además, se ha desarrollado una aplicación para obtener datos reales acerca de la variación del rendimiento cuando ciertos dispositivos interfieren debido a que se encuentran operando en las mismas frecuencias o canales.

Se han realizado tres tipos de pruebas en este estudio: 1) Descarga de un archivo utilizando el protocolo FTP. 2) Descarga del mismo archivo utilizando el protocolo HTTP. 3) Transmisión de un archivo de vídeo utilizando el protocolo RTP. Las tres pruebas anteriormente mencionadas se han

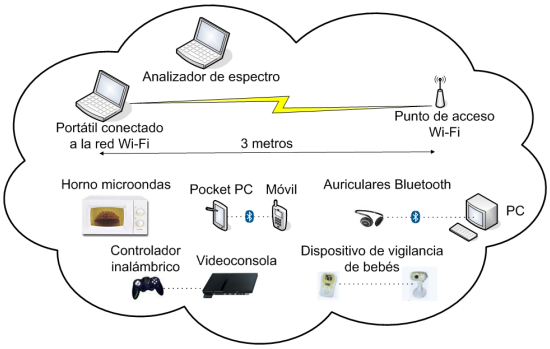


Figura 5. Disposición del entorno de pruebas

llevado a cabo para cada una de las siguientes situaciones: transferencia de archivos vía Bluetooth, horno microondas, auriculares inalámbricos Bluetooth conectados a un PC, dispositivo de vigilancia remota de bebés y controlador de videojuegos inalámbrico. En otras palabras, hemos introducido una nueva fuente de interferencias que opera también en la banda de frecuencias de los 2,4 GHz para medir la variación del rendimiento de la red inalámbrica tras la activación de estos dispositivos. Todos estos dispositivos pueden encontrarse en cualquiera de las viviendas de los pacientes a los que se les quiere realizar un seguimiento de forma remota. En la Fig. 5 se puede observar un esquema con la disposición del entorno de pruebas. Para obtener datos fiables y coherentes, todas las pruebas se han realizado siguiendo la misma metodología:

1) Con el analizador de espectro se obtienen los valores de interferencia que un determinado dispositivo produce en un entorno donde no hay actividad de radiofrecuencia alguna.

2) A continuación se inicia una captura de tráfico de 100 segundos y la transferencia en cuestión.

3) Después de un intervalo de tiempo de 30 segundos, se activa la fuente de interferencias para conocer el efecto sobre el rendimiento de la red inalámbrica.

4) La fuente de interferencias se encuentra activa durante 30 segundos, para posteriormente desactivarla.

5) Finalmente, la captura termina a los 100 segundos y se analizan los resultados obtenidos.

La Fig. 6 muestra la gráfica proporcionada por la extensión de software desarrollada y se corresponde con la descarga HTTP cuando la situación que provoca interferencias es la transferencia de archivos via Bluetooth.

En la Tabla 1 se puede observar que la mayor caída de rendimiento se produce al activar el dispositivo de vigilancia de bebés (100%), seguida por el horno microondas, en cuyo caso se acerca al 80%. Por otro lado, la prueba realizada con los auriculares Bluetooth no afecta al rendimiento de la comunicación inalámbrica y las llevadas a cabo tanto con el mando de videojuegos inalámbrico como la transferencia de un archivo utilizando la tecnología Bluetooth afectan a la transferencia realizada con tráfico TCP (en torno al 45% de caída de rendimiento), pero no a la transmisión multimedia con RTP.

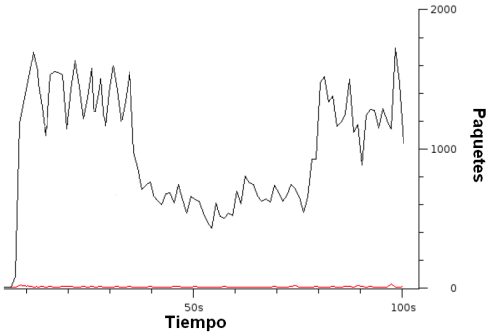


Figura 6. Gráfica de rendimiento de una descarga HTTP cuando la fuente de interferencias es una transferencia Bluetooth

TABLA I. PORCENTAJE DE CAÍDA DE RENDIMIENTO POR PRUEBA

Transferencia / **Dispositivo**	***Descarga FTP***	***Descarga HTTP***	***Transmisión RTP***
Horno microondas	79 %	88 %	75 %
Transferencia Bluetooth	40 %	50 %	0 %
Auriculares Bluetooth	0 %	0 %	0 %
Vigilabebés	100 %	100 %	100 %
Mando inalámbrico	41 %	50 %	0 %

VI. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

Una de las consecuencias inmediatas del exitoso resultado del trabajo es el experimento piloto de monitorización remota de pacientes con patologías crónicas llevado a cabo, ya que ayuda a definir un nuevo paradigma de seguimiento de pacientes que permite aprovechar los recursos económicos destinados a estos programas y mejorar la calidad asistencial. Por ello, podemos afirmar que con este trabajo se ha demostrado la viabilidad para aplicar las tecnologías de comunicaciones móviles al campo de la salud, y más concretamente, a la mejora de servicios asistenciales.

Entre las novedades tecnológicas aportadas en el trabajo destaca la utilización de redes de sensores biomédicos y su comunicación con los dispositivos móviles existentes en los domicilios de los pacientes. Además de la adquisición de la información biomédica, se han estudiado diferentes vías para el envío de dicha información a los sistemas de información sanitarios centrales, así como su explotación tanto desde el punto de vista clínico como desde el punto de vista operativo. Del mismo modo, se aprovecha la telefonía de 3ª generación para realizar el seguimiento de pacientes de forma remota a través del cuadro de mandos médico desarrollado. Se ha analizado la viabilidad de la comunicación pro-activa entre el centro hospitalario y paciente crónico para que acuda al hospital en el momento y fecha citado, sin que existan olvidos inesperados por parte de los pacientes. Además, se han analizado los efectos originados por las interferencias entre tecnologías móviles e inalámbricas sobre las transmisiones de datos en situaciones similares a las producidas en este tipo de servicios de monitorización remota.

Actividades futuras de investigación permitirán identificar los perfiles de los pacientes más adecuados así como las patologías idóneas a monitorizar mediante este tipo de tecnologías. Se podrán estudiar los beneficios y perjuicios en la formación de comunidades, tanto de pacientes como de personas de su entorno. Otra línea de investigación futura que consideramos es el desarrollo de sistemas expertos que, a partir de la información procedente del paciente y la capturada mediante este tipo de tecnologías, permita la identificación temprana de problemas en su salud o contraindicaciones de los tratamientos médicos y/o farmacológicos realizados.

AGRADECIMIENTOS

Queremos expresar nuestro sincero agradecimiento al Hospital de Don Benito-Villanueva de la Serena y a todos los pacientes y facultativos que han participado en la experiencia piloto llevada a cabo en este trabajo.

REFERENCIAS

[1] K. van Dam, S. Pitchers, y M. Barnard, “Body area networks: towards a wearable future,” en Proceedings of the WWRF Kick-off Meeting, Marzo 2001.

[2] A. van Halteren, R. Bults, K. Wac, D. Konstantas, I. Widya, N. Dokovsky, G. Koprinkov, V. Jones, y R. Herzog, “Mobile patient monitoring: the MobiHealth system,” en The Journal on Information Technology in Healthcare, 2004.

[3] E. Jovanov, A. Milenkovic, C. Otto, y P. C. de Groen, “A wireless body area network of intelligent motion sensors for computer assisted physical rehabilitation,” en Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation, Marzo 2005.

[4] B. Latré, “Networking in wireless body area networks,” en Fifth FTW PhD Symposium, Faculty of Engineering, Ghent University, Diciembre 2004.

[5] Grupo Investigador Multidisciplinar Extremeño. Página Web de GRIMEX. http://www.grimex.org/index2.html. Última visita: Febrero 2011.

[6] A&D Medical Precision Health Scale UC-321PBT/UC-321PBT-G. Instruction manual.

[7] Card Guard Personal Wireless 1 and 12-Lead ECG Monitor. PMP[4] SelfCheck ECG.

[8] A&D Medical Digital Blood Pressure Monitor Model UA-767PlusBT. Instruction manual.

[9] Council Directive 93/42/EEC of 14 June 1993 concerning medical devices, en Official Journal L 169, 12/07/1993 P. 0001-0043.

[10] R. Pérez, A. Altuna, D. Fernández-Bergés, M. Galán, L. Lozano, y S. Nijensohn, “MESEAS: mejora del servicio asistencial,” en II Conferencia Internacional sobre Brecha Digital e Inclusión Social, Octubre 2009.

[11] L. Angrisani, A. Napolitano, y A. Sona, “VoIP over IEEE 802.11 wireless networks: experimental analysis of interference effects,” en 2008 International Symposium on Electromagnetic Compatibility - EMC Europe, Septiembre 2008.

[12] A. Mathew, N. Chandrababu, K. Elleithy, y S. Rizvi, “IEEE 802.11 & Bluetooth interference: simulation and coexistence,” en Communication Networks and Services Research Conference, Mayo 2009.

[13] L. Tehuang, y L. Wanjiun, “Interference-aware QoS routing for multi-rate multi-radio multi-channel IEEE 802.11 wireless mesh networks,” en IEEE Transactions on Wireless Communications, Junio 2009.

[14] X. Jiang, y I. Howitt, “Multi-domain WLAN load balancing in WLAN/WPAN interference environments,” en IEEE Transactions on Wireless Communications, Septiembre 2009.

[15] A. P. Subramanian, H. Gupta, S. R. Das, y C. Jing, “Minimum interference channel assignment in multiradio wireless mesh networks,” en IEEE Transactions on Mobile Computing, Diciembre 2008.

Que Learning Objects (LOs) utilizam as Instituições de Ensino Superior ?

Maria José Angélico Gonçalves
ISCAP/IPP
Porto, Portugal
mjose@iscap.ipp.pt

Manuel Pérez Cota
Universidade de Vigo
Vigo, Espanha
mpcota@uvigo.pt

Pedro Pimenta
Universidade do Minho
Guimarães, Portugal
pedroccpimenta@gmail.com

Resumo— O uso das tecnologias com base na Web, no processo ensino/aprendizagem, têm obtido excelentes resultados, onde a Internet é a plataforma base de comunicação e interacção entre estudantes e professores. Assiste-se, também, a uma partilha/reutilização constante de conteúdos educativos/Learning Objects, em diferentes formatos e diferentes tipos de plataformas, incrementada pela Web 2.0. Este artigo apresenta um estudo sobre o desenvolvimento, disponibilização e utilização de Learning Objects em instituições de Ensino Superior. Conclui-se que as instituições de Ensino Superior inquiridas não desenvolvem, não reutilizam nem promovem a reutilização de LOs, que utilizam as especificações SCORM e IMS, e apresentam-se observações sobre as vantagens e desvantagens da sua utilização.

Palavras chave: Learning Objects; Learning Objects Repositories; Standards; WEB 2.0;Instituições Ensino Superior.

I. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento, armazenamento e reutilização de conteúdos educativos, vulgarmente denominados de *Learning Objects* (Objectos de Aprendizagem), é um tema da maior relevância que vem a ser estudado pela comunidade científica desde os anos 90. O IEEE LTSC, *Learning Object Metadata WG12* [1], refere que os "LOs são definidos como qualquer entidade, digital ou não digital, que possa ser utilizada, reutilizada ou referenciada durante o processo de ensino suportado por tecnologia".

Os LOs podem ser disponibilizados em *Learning Management Systems* (LMS), *em Learning Content Management Systems* (LCMS) ou *em Learning Objects Repositories* (LOR). Embora a arquitectura tecnológica destes sistemas seja muito diferente, as funcionalidades são muito semelhantes. Possuem controlo de acessos e permitem que os utilizadores interajam com os LOs.

Um LOR é uma colecção de LOs, com informação detalhada sobre os dados (metadados), que é acessível através da Internet. Além de armazenar os LOs estes repositórios podem também armazenar as localizações/endereços dos LOs armazenados noutro local. Funcionam como "catálogos", disponíveis na Web, que indexam LOs e geram os metadados dos LOs armazenados em outros locais [2] e [3]. Podemos citar, como exemplo, o repositório Merlot. Actualmente, armazena metadados e ligações para conteúdo educativo existente na Web, em vários formatos.

A actual geração da Internet (denominada por O'Reilly Web 2.0, 2004) veio trazer alterações no modo como a tecnologia se relaciona com a sociedade, em particular com a educação. Com a Web 2.0, o conhecimento torna-se global e, ao mesmo tempo, dinâmico. A Internet assume-se como uma plataforma global, onde se partilha informação, emoções e experiências, atingindo um nível de interactividade bastante elevado. Disponibiliza um conjunto de ferramentas capazes de armazenar e partilhar conteúdos em diferentes formatos, permitindo criar bases de conhecimento colaborativo ou comunidades de aprendizagem.

Contudo, à semelhança da Web tradicional, a Web 2.0 carece de padrões e linguagem para estruturar e representar a informação (e o seu significado) o que dificulta a interoperabilidade e a reutilização de LOs [4].

Para contornar este problema, as comunidades da Web Semântica e da Web 2.0 uniram esforços para criar a chamada Web Semântica Social (*Social Semantic Web*) ou Web 3.0. Poder-se-á, assim, criar sistemas de conhecimento colectivo (*Collective Knowledge Systems*) nos quais comunidades poderão compartilhar informação (como acontece na Web 2.0) e organizar e estruturar o seu significado (como acontece na Web Semântica) [5]. Nestes sistemas educativos inteligentes, os estudantes poderão compartilhar informações e recursos, constituir grupos de trabalho de forma mais eficiente e criar conteúdo de forma activa e colaborativa. Ou seja, agentes inteligentes poderão guiar os estudos pesquisando e apresentando o melhor conteúdo didáctico disponível, adaptado às necessidades dos estudantes.

Actualmente, a comunidade de Inteligência Artificial aplicada à Educação é de opinião que a utilização da Web 3.0 na educação pode proporcionar resultados sensivelmente positivos quando comparados com os ambientes de ensino baseados na Web tradicional e na Web 2.0. Muitos destes resultados estão disponíveis gratuitamente no portal O4E - *Ontologies for Education* (http://o4e.iiscs.wssu.edu/xwiki) [Devedzic, V., De Bra, P, Aroyo L., & Chepegin, V. e Isotani, S. & Mizoguch citados em 4].

Todavia, esta realidade ainda está longe de se enquadrar nas instituições de Ensino Superior conforme podemos verificar no estudo apresentado neste artigo.

Começamos por definir os conceitos de LO e LOR. Em seguida, caracterizamos o estudo efectuado no que respeita ao objectivo, metodologia usada, selecção da amostra e análise dos resultados. Finalmente, apresentamos as conclusões do estudo e as observações obtidas acerca das vantagens e desvantagens do uso dos LOs.

II. LEARNING OBJECTS

O conceito *Learning Object* (LO) aparece nos anos 90, associado à evolução do e-Learning e ao aparecimento de plataformas de gestão do processo de ensino/aprendizagem (LMS) e ao crescente número de cursos on-line baseados nestas plataformas. Polsani, em 2003, referiu que "existem tantas definições de LOs como número de utilizadores" [6].

David Wiley [7] define LOs como "qualquer recurso digital que possa ser reutilizado como suporte educativo". David Merril [5] define LOs como "uma forma de organizar uma base de conhecimento de recursos (texto, áudio, vídeo ou gráficos) de forma que um determinado algoritmo - reflectindo uma estratégia de ensino - possa ser usado para ensinar uma variedade de diferentes conteúdos".

L'Allier [8] diz que um LO "é definido como a mais pequena estrutura experimental que contém um objectivo, uma actividade de aprendizagem e uma forma de avaliação", onde: o objectivo representa uma declaração dos resultados esperados e dos critérios da actividade de aprendizagem; a actividade de aprendizagem é a parte que ensina para a prossecução do objectivo; e a avaliação um elemento que determina se o objectivo foi alcançado com os resultados esperados.

Quinn e Hobbs [9] descrevem um LO utilizando quatro componentes: conteúdo, funções, objectivos de aprendizagem e características dos LO.

Finalmente, a Cisco Systems [10] diz que "um LO é definido como tendo conteúdo, interactividade e metadados. Refere ainda, que cada LO tem um objectivo de aprendizagem e, portanto, tem também associados: uma actividade de aprendizagem, exercícios e avaliação, para garantir que as novas competências e conhecimentos foram adquiridos".

A visão de conteúdo educativo no contexto do *e-Learning*, em forma de LOs, deu origem ao conceito de *Reusable Learning Objects*. Independência, personalização, flexibilidade, manutenção eficiente, distribuição através de diferentes tipos de meios; redução dos custos de produção, redução do tipo de pesquisa e acesso (existência de metadados) e aumento da qualidade do produto final são algumas das vantagens dos *Reusable Learning Objects*, mencionadas na bibliografia. Esta visão privilegia a reutilização.

Vários autores referem que existe uma relação inversa entre o tamanho do LO e a reutilização. Quanto menor for a tamanho (baixa granularidade) maior é a possibilidade de reutilização do mesmo em diferentes aplicações [7]. A granularidade dos LOs refere-se ao tamanho, decomposição e potencial de reutilização.

Em conclusão, podemos dizer que o conceito de LO é alvo de múltiplas definições sendo umas mais restritas do que outras. Variam em termos de tamanho, abrangência, conteúdo, desenho e implementação técnica. Neste artigo optamos pela definição seguinte: Um LO é um recurso digital com fins educativos, que possui características técnicas (reusabilidade, portabilidade, modularidade, metadados e as padronizações definidas pelas IEEE e IMS) e que contempla aspectos pedagógicos (interactividade, autonomia, cooperação e cognição).

Os principais consórcios envolvidos no desenvolvimento de especificações e ferramentas para a generalização dos LOs são o projecto *Instructional Management System/Global Learning Consortium* (IMS GLC), *Educational Modelling Language* (EML) e o *Sharable Content Object Reference Model Initiate* (SCORM) resultado da cooperação entre o Governo dos Estados Unidos, da academia e da indústria e consolidou os trabalhos do AICC, IMS, ADIANE e LTSC do IEEE.

IMS GLC é um consórcio que integra vendedores, produtores e utilizadores de conteúdos de e-learning. O seu principal objectivo é desenvolver e promover a utilização de "especificações abertas" para facilitar a distribuição de LOs. As especificações IMS cobrem uma variedade ampla de características, onde se destaca a interoperabilidade entre plataformas. A IMS *Content Packaging Information Model* é uma especificação que descreve estruturas de dados e que pode ser usada para troca de dados entre os sistemas que desejam importar, exportar, agregar e desagregar LOs.

O SCORM é um modelo de referência no que se refere a conteúdos *E-learning*. Actualmente, este modelo é composto por 3 secções *Content Aggregation Model* (CAM), *Sequencing and Navigation e Run Time Environment* (RTE). Tem como objectivo principal padronizar o modo como os conteúdos se relacionam com os sistemas que os suportam (LMS, LCMS ou LOR). As suas características principais são: organização de conteúdos, migração/portabilidade, reutilização e standardização, e versatilidade.

No entanto, os sistemas de aprendizagem actuais, LMS e LCMS, baseados na Web possuem pouca ou nenhuma interoperabilidade entre si, ou seja, praticamente toda a informação disponível num determinado sistema não pode ser compartilhada com outros sistemas. Por exemplo, as interacções e os estilos de aprendizagem de um aluno, não podem ser compartilhados, pois a forma de representar o modelo do aluno em cada sistema é diferente. Outra dificuldade é a partilha do material educativo, cursos ou preferências pedagógicas. Apesar de alguns sistemas adoptarem padronizações de linguagem para formatar cursos

(e.g. IMS-LD ou SCORM) e os seus materiais, conhecidos como LOs (eg. LOM ou Dublin Core), a arquitectura dos actuais sistemas não permite partilha e interoperabilidade da informação [4].

Por outro lado, disponibilizar LOs em LOR tem vantagens acrescidas uma vez que os tipos de acesso são diferentes. Normalmente o tipo de acessos aos LMS/LCMS é restrito à comunidade educativa, enquanto que o controlo do acesso aos LOR é geral. Abrangendo assim um público muito mais vasto e como consequência maior reutilização. Contudo, os repositórios não possibilitam o registo de comentários e relato de experiências educativas de reutilização dos LOs. Fóruns de discussão, então, são uma realidade distante. Os repositórios, embora muito úteis por agregarem recursos que poderiam ficar "perdidos" na Web e por permitirem a sua catalogação (por temas, autor, disciplinas, etc.,), não têm incorporada a possibilidade de interacção da Web 2.0.

Assim, num ambiente de partilha dinâmica de conteúdos e de práticas educativas, os LOs e os LOR têm de evoluir. Seguindo a tendência da integração e interactividade da Web 2.0, algumas instituições integraram os LOs em portais interactivos dotados de ferramentas de comunicação e partilha. Por exemplo, o Ministério de Edução do Brasil (MEC) integrou o Repositório CESTA (Colectânea de Entidades de Suporte ao uso de Tecnologia na Aprendizagem), agora denominado de Banco Internacional de Objectos Educativos, no portal do professor. Este repositório é constituído por 7.031 recursos educativos [11].

III. Estudo

A. Objectivo

Medir a taxa de utilização de Learning Objects (LOs) no processo ensino/aprendizagem em instituições de Ensino Superior é o objectivo deste estudo. Como referido anteriormente, um LO é um recurso digital com fins educativos, que possui características técnicas (reusabilidade, portabilidade, modularidade, metadados e as padronizações definidas pelas IEEE e IMS) e que contempla aspectos pedagógicos (interactividade, autonomia, cooperação e cognição).

Pretendemos com este estudo dar resposta às seguintes questões:

1) A instituição utiliza TIC (Tecnologias de Informação e Comunicação), nomeadamente LMS, para ministrar cursos de eLearning ou bLearning? Qual o LMS utilizado?

2) A instituição tem implementado algum repositório de conteúdos científicos e/ou LOs? Quais as características do repositório a nível de tipo de conteúdos (científicos, recursos educativos, Learning Objects), gestão de conteúdos, catalogação dos conteúdos e controlo de acessos? O repositório está integrado com outros repositórios nacionais e internacionais?

3) A instituição desenvolve conteúdos educativos em formato de LOs? Como são constituídas as equipas de desenvolvimento? Quais as especificações utilizadas?

4) A instituição promove a reutilização divulgando pelos docentes e discentes e comunidade académica em geral os LOs desenvolvidos?

B. Metodologia

1) Revisão de literatura

A Internet foi a ferramenta utilizada para pesquisa de informação sobre: Web 2.0 e Web semântica, LOs, especificações para definição de metadados e cursos, e LOR. As fontes utilizadas foram dissertações de doutoramento e mestrado, textos de autoria, artigos científicos e técnicos, revistas científicas e acesso a documentação existente em LOR. Ao longo do artigo as citações referem as diferentes fontes utilizadas.

2) Entrevista Semi-estruturada

O instrumento de recolha de dados utilizado foi a utilização de uma entrevista semi-estruturada. Pretendemos por um lado, dar resposta às perguntas de investigação e, por outro, ter flexibilidade suficiente para aprofundar ou confirmar pontos de vista sobre os assuntos referenciados no ponto anterior, caso houvesse necessidade. Apesar de o guião da entrevista já estar preparado, com base na revisão da literatura, algumas perguntas geraram-se à medida que a entrevista decorria. Conseguimos, também, com este formato de entrevista, inquirir vários tipos de entrevistados "*experts*", "*instructional designer*" e responsáveis técnicos de unidades de E-Learning.

C. Amostra

Para obtermos uma amostra suficientemente representativa tivemos em conta 2 factores:

1) A dimensão e natureza da amostra – decidimos inquirir instituições de Ensino Superior Universitário e Politécnico e Unidades Orgânicas de diferentes áreas científicas nomeadamente Ciências Empresariais, Engenharia, Saúde, etc.

2) O método de selecção dos entrevistados – Seleccionamos "*experts*" (responsáveis por centros de investigação acreditados pela Fundação da Ciência e Tecnologia (FCT) na área de investigação em estudo), "*Instrucional designers"* e responsáveis técnicos de unidades de E-Learning.

Aplicados estes critérios foram seleccionadas as 6 instituições seguintes:

Instituto Politécnico do Porto (IPP)

Unidades Orgânicas: *ISEP (Instituto Superior de* Engenharia do Porto), ESEIG (Escola Superior de Estudos Industriais e de Gestão) e ISCAP (Instituto de Contabilidade e administração do Porto).

Universidade do Porto (UP):

Gabinete de Apoio para as Novas Tecnologias na Educação da Universidade do Porto (GATIUP). Este gabinete oferece, a todos os docentes da Universidade do Porto, apoio pedagógico e técnico com o objectivo de incentivar e viabilizar iniciativas de ensino aberto e à distância, tirando partido das tecnologias da Internet, em particular da Web.

A Universidade do Porto é constituída pelas seguintes Unidades Orgânicas: Faculdade de Arquitectura, Faculdade de Belas Artes, Faculdade de Ciências, Faculdade de Ciências da Nutrição e Alimentação, Faculdade de Desporto, Faculdade de Direito, Faculdade de Economia, Faculdade de Engenharia, Faculdade de Farmácia, Faculdade de Letras, Faculdade de Medicina, Faculdade de Medicina Dentária, Faculdade de Psicologia e de Ciências da Educação, Instituto de Ciências Biomédicas Abel Salazar.

Para além de entrevistar O GATIUP decidimos também entrevistar um "*expert*", e um responsável técnico da unidade de E-Learning da FEUP (CIMAT) pelo facto desta unidade orgânica ser um centro de excelência para desenvolvimento, disponibilização e reutilização de LOs devido à sua missão.

CESPU - Cooperativa de Ensino Superior, Politécnico e Universitário

Unidades Orgânicas: Instituto Superior de Ciências da Saúde – Norte (Ensino Universitário) e Escola Superior de Saúde do Vale do Ave (Ensino Politécnico).

D. Análise de Resultados

Efectuada a análise das entrevistas retiramos as seguintes conclusões:

1) A instituição utiliza TIC (Tecnologias de Informação e Comunicação), nomeadamente LMS, para ministrar cursos de eLearning ou bLearning? Qual o LMS utilizado?

Todas as instituições utilizam o LMS Moodle, como complemento ao ensino presencial, à excepção da CESPU que se encontra actualmente em fase de implementação do LMS. Verificamos também que 75% das instituições ministram cursos de curta duração e/ou Pós-graduações em b-Learning.

2) A instituição tem implementado algum repositório de conteúdos científicos e/ou LO.

A tabela seguinte apresenta o tipo de repositórios implementados nas instituições de Ensino Superior inquiridas.

TABELA I. CARACTERIZAÇÃO DOS REPOSITÓRIOS EXISTENTES NAS INSTITUIÇÕES

Instituição	**Repositórios**		
	Conteúdos científicos e educativos	***Conteúdos científicos***	***Conteúdos educativos***
ISCAP	-	Sim	-
ESEIG	-	-	-
ISEP	-	Sim	Sim
UP	Sim*	-	-
FEUP	Sim*	-	-
CESPU	-	-	-

*Mais de 90% é produção científica

67% das instituições têm implementado um repositório de conteúdos científico e/ou educativo. Na maior parte das instituições o conteúdo é exclusivamente científico. Contudo, a UP e a FEUP têm disponível conteúdo científico e um nº reduzido de conteúdo educativo, em vários formatos, para estudantes específicos. O ISEP tem implementado um repositório de conteúdos educativos, que arquiva conteúdos em vários formatos (Power Point, Flash,…), catalogados com a especificação LOM. Neste repositório parte dos metadados são extraídos directamente do conteúdo educativo.

3) A instituição desenvolve conteúdos educativos em formato de LOs (utilização da especificação SCORM ou IMS)?

Nenhuma instituição desenvolve LOs utilizando essas especificações. A FEUP, no âmbito de um projecto, desenvolveu LOs, em parceria com outras instituições, para serem utilizados na formação profissional. O GATIUP apoia os professores na criação de materiais multimédia em vários formatos, de interesse para as actividades de ensino e de formação da UP; no entanto esses materiais são entregues aos professores, são armazenados pela instituição mas não são disponibilizados no repositório de conteúdo científico e educativo da UP.

4) A instituição promove a reutilização divulgando pelos docentes e discentes e comunidade académica em geral os LOs desenvolvidos?

Nenhuma das instituições apresenta/publicita os conteúdos produzidos.

A tabela II apresenta observações obtidas sobre as vantagens no uso de LOs nas práticas dos professores.

TABELA II. VANTAGENS NO USO DE LOS NAS PRÁTICAS DOS PROFESSORES

Vantagens
1. A utilização de standards facilita a interoperabilidade entre ferramentas; **
2. Adequados a auto-estudo*.
3. Adequados a cursos com formação rígida nomeadamente cursos de formação profissional. Os conteúdos são estáticos e os formadores não são críticos; *
4. Adequados ao processo ensino/aprendizagem no contexto actual, implementação processo de Bolonha.*

*Todos referiram

** apenas alguns referiram

A tabela III apresenta observações obtidas sobre as desvantagens no uso de LOs nas práticas dos professores.

TABELA III . DESVANTAGENS NO USO DE LOS NAS PRÁTICAS DOS PROFESSORES

Desvantagens
1. Os professores, nas práticas lectivas, usam conteúdos educativos com menor grau de granularidade, por exemplo, vídeos, pdf etc*
2. Não existem ou não aparecem nas pesquisas LOs bons. Se existissem os professores usavam-nos*;
3. O desenvolvimento de LOs consome muito recursos financeiros, materiais e humanos;*
4. Inexistência de Gabinetes de apoio para produção de LOs .*
5. Inexistência de recursos humanos para disponibilização e catalogação de LOs;*
6. Formato demasiado rígido para poder ser actualizado com frequência.**
7. A comunidade académica não valoriza o desenvolvimento de conteúdo educativo;**
8. Só existe interoperabilidade de LOs em diferentes ambientes de aprendizagem. A parte da comunicação e registo das actividades dos estudantes, existente no ambiente de aprendizagem, perde-se;*
9. As potencialidades oferecidas pela Web 2.0 vieram dificultar a utilização de conteúdos educativos empacotados em formato de Los (não se empacotam Blogs e wikis)*

Desvantagens
10. Existência de vários standards dificulta a interoperabilidade entre ferramentas. Por exemplo, versões diferentes do modelo SCORM são incompatíveis;*

*Todos referiram

** apenas alguns referiram

IV. CONCLUSÕES E TRABALHO FUTURO

A comunidade científica debate-se com a falta de uma definição clara e amplamente aceite do que é um LO [1,6,7,8,9,10]; embora, este conceito venha a ser estudado desde os anos 90. Assim, torna-se necessário redefinir o conceito de LO, tendo em consideração o avanço da tecnologia nomeadamente da WEB.

Neste artigo definimos LO como um recurso digital com fins educativos, que possui características técnicas (reusabilidade, portabilidade, modularidade, metadados e as padronizações definidas pelas IEEE e IMS) e que contempla aspectos pedagógicos (interactividade, autonomia, cooperação e cognição).

A utilização de especificações na descrição de LOs possibilita uma boa plataforma de entendimento e nesse sentido pode facilitar a reutilização. Além deste aspecto, cada vez mais se verifica a necessidade de definição de uma estrutura pedagógica que defina o contexto da sua utilização [4,11].

Do estudo apresentado concluímos que as instituições de Ensino Superior inquiridas não desenvolvem, não reutilizam nem promovem a reutilização de LOs que utilizam as especificações SCORM ou IMS. Verificamos, também, que 67% das instituições têm implementado um repositório de conteúdo científico e/ou educativo. As instituições que arquivam conteúdo educativo e cientifico no mesmo repositório armazenam uma percentagem mínima de conteúdo educativo inferior a 10%, sendo quase a totalidade das publicações de conteúdo científico.

As vantagens apontadas pelas instituições inquiridas para a reutilização de LOs foram: apropriados para auto-estudo e adequados a cursos com formação rígida nomeadamente cursos de formação profissional.

As desvantagens apresentadas foram: os professores, nas práticas lectivas usam conteúdos educativos com menor grau de granularidade, por exemplo, vídeos, pdf etc; não existem LOs bons ou não aparecem nas pesquisas; o desenvolvimento de LOs consome muitos recursos financeiros, materiais e humanos; não existem gabinetes de apoio para produção de LOs; não existem recursos humanos para a catalogação e disponibilização de LOs; a parte da comunicação e registo das actividades dos estudantes, existente no ambiente de aprendizagem, perde-se quando se transfere um LO de LMS para outro; a existência de vários standards dificulta a interoperabilidade entre ferramentas; e as potencialidades oferecidas pela Web 2.0 vieram dificultar a utilização de conteúdos educativos empacotados em formato rígidos [4,11].

Após esta analise é importante saber que tipo de conteúdos educativos/LOs os professores utilizam e reutilizam nas suas práticas lectivas. Os conteúdos educativos são totalmente produzidos pelo professor? Onde o professor armazena os conteúdos desenvolvidos? Existe ou não reutilização de conteúdos? Darão as ferramentas da Web 2.0 resposta a estas perguntas?

Para o conseguirmos estamos a construir um questionário para professores de Ensino Superior que será, brevemente, disponibilizado nas redes pessoais.

REFERENCES

[1] IEEE Learning Technology Standards Committee (LTSC), IEEE Standard for Learning Object Metadata (LOM). 1484.12.1-2002, 2002

[2] Heery, R. & Anderson, S., "Digital Repositories", Review. UKOLN & University of Bath and Arts and Humanities Data Service (19 February 2005), 2005. Em http://www.jisc.ac.uk/uploaded_documents/digital-repositories-review-2005.pdf .

[3] OLCOS, Open Educational Practices and Resources: "OLCOS Roadmap 2012". EUfunded OLCOS (Open eLearning Content Observatory Services), 2007. Em http://www.olcos.org/cms/upload/docs/olcos_roadmap.pdf .

[4] Seiji Isotani; Ig Ibert Bittencourt; Riichiro Mizoguchi; Evandro Costa, "Estado da Arte em Web Semântica e Web 2.0: Potencialidades e Tendências da Nova Geração de Ambientes de Ensino na Internet", Revista Brasileira de informática na educação, volume 17, nº 1, 2009.

[5] Gruber, T. , "Collective knowledge systems: Where the Social Web meets the Semantic Web". Journal of Web Semantics 6(1), 4–13, 2008.

[6] Polsani, P, "Use and Abuse of Reusable Learning Objects". Journal of Digital Information, Volume 3 Issue 4, Article No. 164, Feb. 19th 2003, 2003. Em http://jodi.ecs.soton.ac.uk/Articles/v03/i04/Polsani/

[7] Wiley, D. A., "Connecting learning objects to instructional design theory: A definition, a metaphor, and a taxonomy". The Instructional Use of Learning Objects, 2000. Em http://reusability.org/read/chapters/wiley.doc

[8] L'Allier, J. J. , "Frame of Reference: NETg's Map to the Products, Their Structure and Core Beliefs". NetG, 1997.

[9] Quinn, C., Hobbs, S. Learning Objects and Instruction Components. International Forum of Educational Technology and Society, 2000.

[10] Cisco Systems, "Reusable Learning Object Strategy: Designing and Developing Learning Objects for Multiple Learning Approaches (White Paper)", 2003. Em http://www.e-novalia.com/materiales/RLOW__07_03.pdf

[11] Explorando os Recursos Educacionais noPortal do Professor, em http://portaldoprofessor.mec.gov.br/storage/recursos/recursos_educacionais.pdf

Método para a introdução de Criatividade no processo de Planeamento de Sistemas de Informação

Vitor Santos[1], Luís Amaral[2] , Henrique Mamede[3]

[1] Universidade do Minho, Guimarães, Portugal

[2] Universidade do Minho, Guimarães, Portugal

[2] Universidade Aberta, Lisboa, Portugal

vitors@dsi.uminho.pt, amaral@dsi.uminho.pt , hsmamede@univ-ab.pt

Resumo — **No enquadramento da crescente competitividade global, a capacidade das organizações em utilizarem eficazmente as tecnologias da informação e apostarem na inovação e criatividade é, hoje, comummente reconhecida como importante. Neste contexto, a hipótese de recorrer a técnicas de criatividade conhecidas ou em adaptações das mesmas, para ajudar à inovação na área dos Sistemas de Informação afigura-se como sendo um desafio promissor.**

Neste artigo é proposto um método para introdução de criatividade no processo de Planeamento de Sistemas de Informação, tendo em vista a construção de Sistemas de Informação inovadores que não tenham sido identificados pelos métodos normais de análise de requisitos de Sistemas de Informação. É apresentado um caso de aplicação do método para a identificação de oportunidades de sistemas de informação num organismo público.

Keywords-component; Planeamento de Sistemas de Informação, Pensamento Criativo, Inovação

I. INTRODUÇÃO

O Planeamento de Sistemas de Informação (PSI) constitui uma actividade vital para o sucesso e competitividade das empresas [3][13]. A diversidade de sectores de actividade empresarial, os diferentes contextos e as diferentes estruturas organizacionais constituem, juntamente com a crescente complexidade do mundo globalizado dos negócios, um enorme desafio para a efectivação deste planeamento.

A capacidade das empresas utilizarem eficazmente as tecnologias da informação e apostarem na inovação e criatividade são reconhecidos como importantes factores para a competitividade e agilidade das empresas. As organizações retiram benefícios naturais a partir da criatividade e inovação reorganizando de forma inovadora os seus processos, projectos e produtos [6].

Neste contexto, a hipótese de recorrer a técnicas de criatividade conhecidas ou a adaptações das mesmas, para mediar a geração de ideias, ajudar a produzir novas combinações, dar respostas inesperadas, originais, úteis e satisfatórias, na área dos Sistemas de Informação afigura-se como sendo desafiante.

Neste artigo, assumindo um âmbito mais limitado, propõe-se um método para introdução de técnicas de criatividade e inovação no processo Planeamento de Sistemas de Informação, tendo em vista a construção de Sistemas de Informação mais ágeis e eficientes, que permitam, consequentemente, maior competitividade empresarial.

II. CRIATIVIDADE NO PLANEAMENTO DE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO

O papel do Planeamento de Sistemas de Informação tornou-se crucial para o desenvolvimento e implementação de planos estratégicos efectivos nas organizações [5][10]. O aumento da incerteza dos mercados tem incentivado as empresas a serem mais pró-activas. A tecnologia da informação proporciona um conjunto de oportunidades para alcançar vantagens competitivas e para ajustar os Sistemas de Informação em benefício da empresa. Por outro lado, as organizações verificam que a capacidade de dar uma resposta rápida a acontecimentos imprevisíveis, é fundamental para sua sobrevivência [1].

Apesar da importância criatividade no planeamento de Sistemas de Informação ser reconhecida e de, inclusive, este reconhecimento ser enquadrado nas principais abordagens de PSI como, por exemplo no modelo dos três estágios de Bowman [4] e na abordagem multidimensional de Earl [8], a investigação desenvolvida nesta área tem sido escassa. Ruohonen e Higgins analisam o potencial de aplicação da *activity theory* no PSI [14]. A análise é dividida em três períodos temporais distintos segundo uma perspectiva de evolução do PSI e é discutido o relacionamento da criatividade com o Planeamento de Sistemas de Informação em cada um dos períodos temporais.

Horton e Dewar propõem o uso do formalismo dos padrões alexandrinos para encapsular os aspectos criativos da formação de Sistemas de Informação estratégicos [9]. Utilizam um estudo de caso sobre uma força policial do Reino Unido que lhes permite derivar dois padrões que demonstram o uso de uma prática criativa num micro nível político.

Da revisão teórica realizada sobre a área de Criatividade nos Sistemas de Informação e, em particular, no contexto deste artigo, sobressai, por um lado, a importância da actividade de PSI na definição dos sistemas a desenvolver para que estes estejam alinhados com a estratégia das organizações e, por outro, a necessidade de que esta actividade seja criativa e inovadora propiciando o desenvolvimento de soluções mais competitivas e adaptáveis às mudanças ambientais.

No que respeita à revisão feita sobre criatividade e técnicas de criatividade, foi possível apurar ser esta uma área sólida e existirem cerca de duas centenas de diferentes técnicas de criatividade passíveis de serem agrupadas e utilizadas em diferentes situações. Destas técnicas, que permitem suportar, estimular, acelerar a produção criativa, seleccionamos, para utilização em diferentes etapas do método, as que se afiguram poder ser mais adequadas em cada caso.

No cruzamento destas duas áreas de estudo, Sistemas de Informação e pensamento criativo, encontram-se diversas temáticas de investigação, como são exemplos principais: a geração de ideias mediadas por computador, criatividade no desenvolvimento de Sistemas de Informação, ferramentas de suporte à criatividade e Sistemas de Informação criativos e Criatividade no Planeamento de Sistemas de Informação. É nesta última temática de cruzamento entre os Sistemas de Informação e o pensamento criativo que se enquadra a presente proposta. Mais especificamente, na convergência entre a actividade de PSI que, por si só, deve ser criativa com investigação feita sobre criatividade e desenvolvimento de pensamento criativo.

III. Estratégia de Introdução de Criatividade no Planeamento de Sistemas de Informação

Existindo diversas abordagens de PSI, das quais se destacam as abordagens de Alinhamento e de Impacto, importa compreender quais os mecanismos de introdução da criatividade nestas. Sendo o modelo dos três estágios de Bowman e a abordagem multidimensional de Earl os mais representativos das famílias das abordagens de Alinhamento e das abordagens de Impacto e, sendo a abordagem PRAXIS/a de Amaral [Amaral 1994] uma conjugação importante do modelo dos três estágios e da abordagem multidimensional, focamos a nossa investigação nestas três abordagens.

O "Modelo dos 3 Estágios" [4] é uma das abordagens mais relevantes da PSI. Baseia-se na procura do alinhamento do SI com a organização, tendo a preocupação da análise das necessidades e requisitos de informação e da racionalização dos recursos. Segue uma estratégia *top-down* e aponta um conjunto de actividades e tarefas ordenadas e bem definidas.

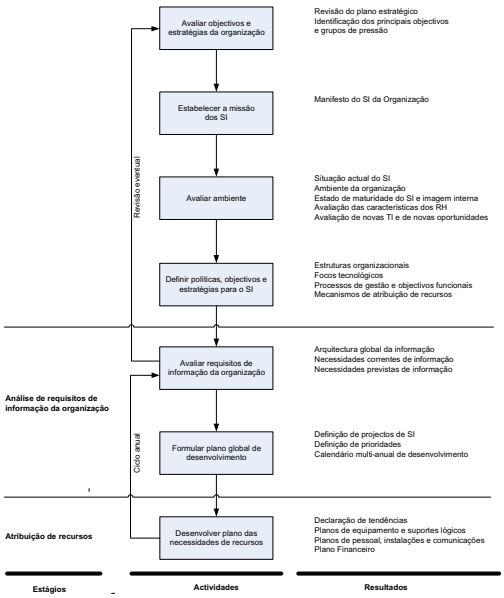


Figura 1 – "Modelo dos 3 Estágios"

Nesta abordagem as actividades do PSI são realizadas em três estágios diferentes. Na figura 1 descrevem-se estes estágios pela indicação das suas actividades principais, o seu encadeamento e os seus principais resultados.

Earl, na sua "Abordagem Multidimensional" [8], defende que o PSI deve procurar separadamente as seguintes três finalidades: clarificar as necessidades e estratégia da organização em relação ao seu SI, avaliar o suporte à organização e a utilização corrente do SI e Inovar pelo aproveitamento das oportunidades estratégicas oferecidas pelas TI/SI. Esta procura deve ser realizada em processos separados mas que se influenciem mutuamente. A razão pela qual a procura deve ser feita de forma separada deve-se ao facto de cada uma das finalidades ser totalmente distinta e ter características únicas. Earl chamou "pernas" a cada um destes processos distintos de pesquisa. Na figura 2 descrevem-se as características e os focos principais de cada uma das "pernas".

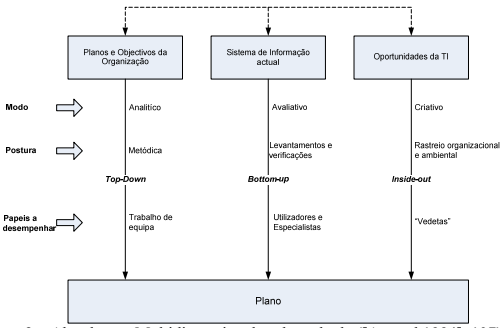


Figura 2 – Abordagem Multidimensional - adaptado de ([Amaral 1994], 107)

A abordagem PRAXIS/a, como se visualiza na figura 3, incorpora simultaneamente as preocupações da "Abordagem Multidimensional" e do "Modelo dos 3 Estágios" complementando-as quanto à intenção ou foco: enquanto o primeiro visa o alinhamento e o impacto das TI/SI na organização, o segundo visa o alinhamento das TI/SI com a organização e a ligação do PSI com o Desenvolvimento de Sistemas de Informação (DSI).

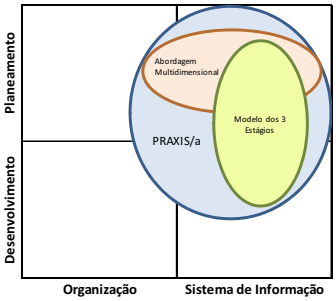


Figura 3 – Abordagem PRAXIS/a – posicionamento relativo do Modelo dos 3 estágios e da Abordagem Multidimensional - adaptado de ([Amaral 1994], 170)

A estratégia que propomos visa incorporar processos criativos e técnicas de criatividade em diferentes momentos das, atrás enunciadas, principais abordagens de PSI. Para tal reconhecemos as diferenças entre as abordagens e as diferentes fases em que fará sentido, para cada uma, introduzir processos criativos tal como se ilustra pelas zonas identificadas com "C" na figura 4.

		Intenção			
		Impacto	Alinhamento		Ligação ao DSI
		Estratégico			
Abordagem	PRAXIS/a (momentos)	C TI->Org	Org-> TI	Tecnológico	Operacional
	Multi-dimensional ("Pernas")	C Oportunidades das TI	Planos e objectivos da organização	Sistema de Informação actual	
	Modelo 3 Estágios (Estágios)		Planeamento estratégico	C Análise de Requisitos de Informação da Organização	Atribuição de recursos

Figura 4 - Criatividade nas abordagens de PSI

Para operacionalização dos processos criativos propomos um método genérico de introdução de criatividade a adaptar conforme as especificidades de cada uma das três abordagens.

Este método, descrito em seguida, recorre a diversas técnicas de criatividade que julgamos serem adequadas às diferentes etapas do método e que no seu conjunto lhe conferem poder criativo. O método é constituído por seis etapas. A figura 6 apresenta uma visão global do método, cujas etapas a executar em sequência, são descritas em seguida:

Etapa 1 – Construir Equipa - Nesta etapa procede-se à constituição da equipa que irá aplicar o método. É importante definir um chefe de equipa e identificar as competências e experiência pessoal de cada elemento. Desejavelmente os membros da equipa deverão ter perfis pessoais e profissionais diferentes.

Etapa 2 – Clarificar o Objectivo - Nesta etapa a equipa deve, partindo de uma necessidade de negócio genérica (tipicamente novo desafio, oportunidade, lacuna ou melhoria), identificar claramente o objectivo a atingir pelo Sistema de Informação a desenvolver. A partir da necessidade de negócio inicial, o objectivo deve ser definido de forma eficaz, clara precisa e mensurável.

Etapa 3 – Compreender as necessidades da Organização - Após a definição clara do objectivo há que examinar em profundidade a situação actual da organização no âmbito em que se insere o objectivo atingir. Esta análise tem por finalidade compreender quais os pontos condicionantes do sucesso e explicitar qual será a situação ideal a atingir sob o ponto de vista de cumprimento do objectivo. Neste último ponto a utilização de técnicas de criatividade, nomeadamente do Brainstorming, poderá ser muito útil, por exemplo, definindo a "situação ideal a atingir" de formas inesperadas e inovadoras.

Etapa 4 – Focar nas causas primárias - Esta etapa tem por objectivo identificar quais as causas primárias que estão na origem da necessidade de negócio.

Esta é uma questão fundamental, uma vez que só será possível pensar em novas abordagens e soluções se se tiver estabelecido as verdadeiras causas que estão na origem das necessidades de negócio. Também aqui o recurso a técnicas de criatividade, nomeadamente ao brainstorming, poderá ser muito útil para identificar as causas mais profundas.

Etapa 5 – Encontrar Soluções - Nesta etapa, considerando as necessidades da Organização e as causas primárias, aplicam-se uma ou mais técnicas de criatividade, seleccionadas conforme as tipologias em causa (tal como se exemplifica na figura 5) na tentativa de obter soluções inovadoras que ataquem estas causas.

		Origem das OSI			
		Não Cobertura	Melhoria	Novos negócios	Integração
Técnicas de Criatividade	Idea Box		X		X
	Brainstorming	X		X	X
	Brute Thinking			X	
	Reversal			X	
	SCAMPER		X		X
	White Board			X	

Figura 5 – Exemplo de aplicação de Técnicas de Criatividade na identificação de Oportunidades de Sistemas de Informação (OSI) inovadoras conforme origem do problema

Nesta etapa, é importante pensar criativamente e manter a mente aberta para que seja possível obter o maior número de soluções alternativas, antes de seleccionar as melhores. Face ao previsivelmente elevado número de soluções alternativas é de

considerar usar um método de avaliação formal para escolher a melhor solução.

Etapa 6 – Incorporar soluções no Plano - Finalmente, na última etapa, proceder-se à incorporação das soluções encontradas na Etapa 5 no PSI. O Plano deverá ser construído segundo a estrutura adoptada pela organização.

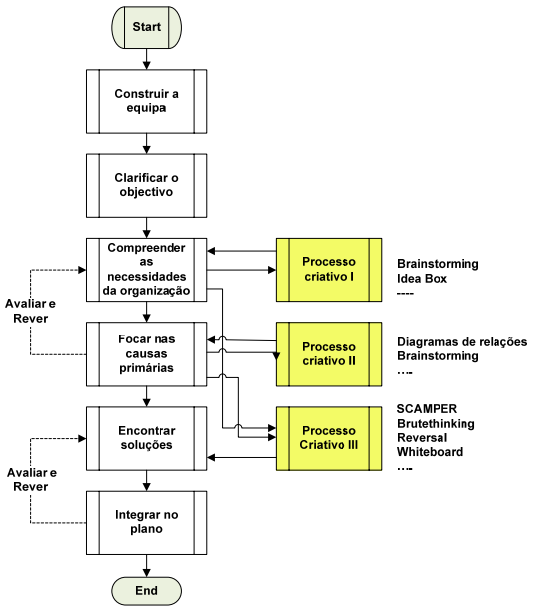


Figura 6 - Visão global do Método genérico de

Introdução de criatividade na PSI

Para suporte aplicação da estratégia e método descritos acima, desenvolvemos um conjunto de ferramentas e *templates*. Algumas das ferramentas têm como objectivo ajudar a realizar a análise dos problemas e a recolha de dados, outras suportar a produção de documentação.

IV. Identificação de Oportunidades de Sistemas de Informação na Direcção de Património Cultural da Câmara Municipal de Lisboa

No contexto do Projecto do Plano Estratégico e Modelo de Gestão Estratégica do Sistema de Informação da Câmara Municipal de Lisboa (CML) foram realizadas várias sessões de trabalho na CML com o objectivo de identificar Oportunidades de Sistemas de Informação (OSI) inovadoras. O método genérico de Introdução de criatividade na PSI foi aplicado em todas as sessões de trabalho.

A primeira sessão de trabalho teve como objectivo identificar OSI inovadores capazes de ajudar a Direcção de Património Cultural (DPC) a resolver um dos problemas com que se defronta na sua missão. Teve a duração de 4 horas.

Recorreu-se à aplicação do método segundo a forma que se documenta abaixo:

1- A constituição da equipa foi efectuada pela CML antes da realização da sessão. Foi tido o cuidado de se constituir um grupo heterogéneo, com especialista e não especialistas em cultura que propiciasse situações de pensamento "*out of the box*". Para além das pessoas da área da cultura (da DMC) participaram pessoas das áreas do "atendimento" e da "informática".

2- A Direcção de Património Cultural (DPC) apresentou a seguinte necessidade de negócio:

"*É necessário melhorar a comunicação sobre as actividades culturais com os munícipes e atingir novos públicos. Há desinteresse dos media, dispersão de meios e excesso de informação*."

Foi feito o enquadramento do problema preenchendo, em conjunto, um formulário de suporte e discutida e definida o que seria a solução ideal (objectivo) .

3- Em seguida procedeu-se a um debate e à construção de um diagrama de relações de causas de forma a ser possível identificar e listar as fontes primárias do problema. O diagrama de relações obtido é apresentado na figura 7.

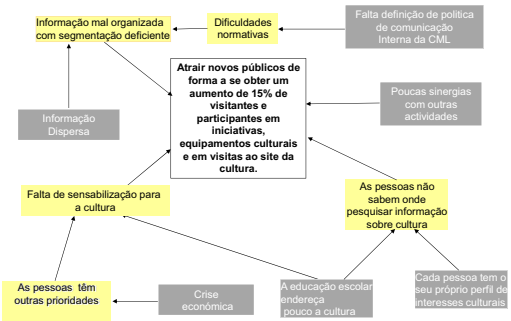


Figura 7 – Diagrama de relações

4- Com base no que seria a solução ideal (objectivo) procedeu-se à identificação e listagem dos pontos chaves que sustentariam essa solução ideal.

5- Para abordar o problema, e de acordo com a tipologia das causas primárias identificadas, foram seleccionadas e aplicadas, em momentos diferentes, duas técnicas de criatividade: o Brute Thinking e o Reversal.

O Brutethink de Michael Michalko [11] é uma técnica de auxílio ao pensamento lateral e criatividade. Pode ser usada para conceber soluções alternativas, mas também pode ser útil para ajudar a identificar causas de problemas.

Esta técnica tem por base um processo muito simples que se desenvolve em quatro passos, como se referem: escolher uma palavra de forma aleatória; escolher coisas/elementos

associadas(os) à palavra obtida aleatoriamente; forçar ligações entre a palavra e o problema e entre as associações e o problema; listar as ideias obtidas e analisá-las.

A técnica Reversal (reversão) tem origem nas transformações geradoras de ideia incluídas na lista de verificação de Osborn [12]. Em alguns casos é melhor pensar primeiro pela negativa e depois reverter as negativas.

6- Da aplicação das duas técnicas resultaram as seguintes sete novas OSI:

- CRM para Cultura
- Ferramenta de publicação sobre actividades culturais da Cidade com editor Chefe
- Sinergias entre cultura e engenharia (portal da cultura e da engenharia)
- Passaporte de Cultura (cada cidadão tem a possibilidade de fazer uma colecção pessoal dos eventos em que participou obtendo um carimbo no seu passaporte cultural – tipo expo)
- Virtualização da oferta cultural (realidade virtual)
- Portal Supercultura (concentração de toda a informação existente sobre actividades culturais num único local *web*)
- Programa cultural por unidades de proximidade (Unidade de Projectos ou zonas da Cidade)

Os especialistas da DMC presentes declaram que todas as OSI encontradas em resultado da aplicação das técnicas de criatividade são pertinentes e promissoras.

V. CONCLUSÕES

O Planeamento de Sistemas de Informação é, provavelmente, uma das áreas mais desafiantes na gestão de Sistemas de Informação. Num ambiente de mercado caracterizado pelo rápido desenvolvimento de tecnologias e pela intensificação da concorrência global a introdução de maior criatividade no processo de Planeamento de Sistemas de Informação assume, na nossa óptica, crescente importância e potencial impacto no sucesso das Organizações.

A necessidade de efectuar abordagens criativas para o desenho de novos sistemas constitui simultaneamente uma oportunidade e um desafio para os gestores de Sistemas de Informação [6].

Neste artigo apresentamos um método para introdução de criatividade no processo de Planeamento de Sistemas de Informação descrevendo-o um nível macroscópico e descrevendo um caso de sucesso da aplicação prática do mesmo no contexto da identificação de oportunidades de sistemas de informação para a CML. Da aplicação do método resultaram sete novas OSI.

É, assim, em nossa opinião, possível delinear uma estratégia consistente para a introdução dos processos de criatividade e inovação no Planeamento de Sistemas de Informação e operacionalizar a sua aplicação através de métodos simples e práticos.

As próximas etapas a serem realizadas no âmbito da continuação deste trabalho prendem-se, nomeadamente, com o desenvolvimento dos modelos teóricos que sustentem o desenho e desenvolvimento da estratégia, com o aperfeiçoamento do método, com o refinamento dos critérios de validação e análise de aplicabilidade, e com a execução de novos testes e avaliações, e implementação de eventuais correcções.

REFERÊNCIAS

[1] Allaire, Y. and M. E. Firsitoru, "Coping with Strategic Uncertainty", Sloan Managemen Review, 30,3 Spring, 1989, 7-16.

[2] Amaral, L. "PRAXIS: Um referencial para o Planeamento de Sistemas de Informação," in: Departamento de Sistemas de Informação, Universidade do Minho, Guimarães, 1994.

[3] Amaral, L. and Varajão, J. Planeamento de Sistemas de Informação, FCA - Editora de Informática, Lda, Lisboa, 4ª ed, 2007, p. 247.

[4] Bowman, B., G. Davis and J. Wetherbe, "Three Stage of MIS Planning", Information and Management, 6, 1, 1983.

[5] Chen, Daniel Q., Mocker, M., Preston, David S. and Teubner, Alexander. 2010.“ Information Systems Strategy: Reconceptualization, Measurement, and Implications” Quarterly (34:2), pp. 233-259.

[6] Cooper, R.B. Information technology development creativity: A case study of attempted radical change. MIS Quarterly 24(2), 245–275, 2000.

[7] Couger, J. D., "Ensuring Creative Approaches in Information System Design", Managerial and Decision Economics, 11, 1990, 281-295.

[8] Earl, M. Management Strategies for Information Technologies Prentice Hall, London, 1989.

[9] Horton, K.S., and Dewar, R.G. "Evaluating Creative Practice in Information Systems Strategy Formation: the application of Alexandrian patterns," 34th Hawaii International Conference on System Sciences, 2001.

[10] Lederer, A. L, and V. Sethi, "Critical Dimensions of Strategic Information Systems Planning", Decision Sciences, 22, 1991, 104-119.

[11] Michalko, Thinkertoys: A Handbook of Creative-Thinking Techniques (2nd Edition), Ten Speeed Press, Toronto, 2006

[12] Mycoted "Creativity, Innovation, Tools, Techniques, Books, Discussions, Puzzles, Brain Teasers, Training ... ," 2011.

[13] Ravishankar, M. N., Pan, S. L., and Leidner, D. E. 2010.“Examining the Strategic Alignment and Implementation Success of a KMS: A Subculture-Based Multilevel Analysis,” Information Systems Research, forthcoming.

[14] Ruohonen, Mikko & Higgins, Lexis F. Application of Creativity Principles to IS Planning. In Hugh J. Watson (ed.) Proceedings of the Thirty-First Hawaii International Conference on System Sciences. Volume VI: Organizational Systems and Technology Track. Los Alamitos, California: IEEE Computer Society, 1998.

Revisión Sistemática: Factores críticos de éxito en la mejora y despliegue de procesos

Bayona Sussy; Calvo-Manzano, Jose A.; Cuevas, Gonzalo; San Feliu, Tomás
Departamento Lenguajes y Sistemas Informáticos e Ingeniería de Software
Universidad Politécnica de Madrid, Facultad de Informática
28660 Boadilla del Monte, Madrid, España
sbayona@mpsei.fi.upm.es, {jacalvo, gcuevas, tsanfe}@fi.upm.es

Resumen—**En los últimos años se han desarrollado modelos, estándares y métodos enfocados en la mejora de procesos software. Sin embargo, las organizaciones presentan aún dificultades en el uso y adopción de los procesos desplegados. La razón es que el despliegue de los procesos definidos es altamente dependiente de las personas. Con el objetivo de conocer (1) cuáles son los factores que condicionan el éxito de un proceso de mejora y de despliegue de procesos y (2) qué estudios de experiencias organizacionales sobre la mejora y el despliegue de procesos existen, se presenta el protocolo de revisión sistemática para la búsqueda, identificación, selección, revisión e información de los artículos extraídos de las bases de datos especializadas. Los resultados obtenidos muestran la necesidad de considerar los aspectos técnicos y los relacionados con las personas en las iniciativas de mejora y despliegue de procesos.**

Palabras clave: ***factores críticos de éxito; despliegue de procesos; mejora de procesos; revisión sistemática.***

I. INTRODUCCIÓN

Diversos modelos y estándares de referencia han sido creados para la mejora de procesos [1], [2], [3], [4]. Se han realizado estudios que muestran que el esfuerzo que realizan las organizaciones por contar con estos modelos y estándares puede ayudar a producir productos software de alta calidad, y a incrementar la productividad [5], [6], [7], [8], [9]. Las organizaciones dedicadas al desarrollo y mantenimiento de software definen sus procesos software, haciendo uso de estos modelos de referencia. Una vez definidos e implantados los procesos, éstos son desplegados en la organización. Sin embargo, las organizaciones presentan dificultades en cuanto a uso y adopción de los procesos que despliegan.

Por un lado, esto es debido a que el proceso de despliegue es muy dependiente de las personas. La dificultad en la institucionalización de los procesos se presenta cuando la preocupación de los responsables del despliegue, sólo se centra en los aspectos técnicos, sin considerar los aspectos relacionados con las personas. McDermid y otros [10], coinciden en que los factores humanos para la mejora del despliegue de procesos han sido ignorados y esto ha impactado sobre la eficiencia de los programas de mejora. Hall y otros [11], [12], sugieren que las experiencias, opiniones y percepciones de los profesionales tienen un efecto indirecto sobre la calidad del software producido, por lo que es importante tenerlos en cuenta.

Por otro lado, cuando la necesidad de la organización de usar estos modelos de referencia surge de una necesidad de obtener niveles de certificación o por la presión del mercado, y no de una verdadera toma de conciencia de mejora, esta situación empeora. Tanto la necesidad de obtener la certificación y la presión del mercado son factores que han sido considerados desmotivadores [13].

Según Niazi et al. [14] y Calvo Manzano et al. [15], el problema de la mejora de procesos no es la falta de estándares o modelos, sino la falta de una efectiva y exitosa estrategia para institucionalizar dicha mejora.

Durante la ejecución de las actividades de mejora y despliegue de procesos, los responsables deben tratar con problemas, tales como: (1) compromiso de la alta dirección, de las partes interesadas relevantes, del personal [16] [17], (2) disponer de personal con conocimientos y habilidades especiales debido a la cantidad de conocimiento técnico, tácito e implícito que debe ser aplicado [18], [19], (3) adaptar los procesos a la cultura individual y organizacional, (4) contar con una estrategia para el despliegue basada en las personas y (5) minimizar la resistencia del personal a los cambios [20]. Estas razones nos permiten afirmar que el despliegue de procesos, dentro de la organización o de las unidades organizacionales, depende tanto de aspectos sociales como técnicos [18], [21], [22].

En este artículo, se pretende a través de una revisión sistemática responder a la siguiente pregunta:

¿Cuáles son los principales factores críticos condicionantes para ser tenidos en cuenta al diseñar una estrategia de despliegue de procesos?

Para ello, se utiliza la técnica de revisión sistemática propuesta por Kitchenham [23], [24]. La revisión sistemática es un proceso formal y verificable que el investigador realiza para documentar el estado de conocimiento sobre un tema en particular. Esta revisión es más comúnmente usada en otros campos como la medicina, para documentar conclusiones de alto nivel que pueden ser obtenidas de una serie de estudios. Sin embargo, ésta se está ampliando cada vez más a otros campos como es la ingeniería de software [25], [26].

El presente artículo está organizado como sigue: La sección 2 presenta los detalles del proceso de revisión sistemática, las preguntas de investigación, la estrategia de búsqueda y los criterios de selección y extracción de datos, en la sección 3 se

Este trabajo ha sido patrocinado por everis Foundation y la Universidad Politécnica de Madrid a través de la "Cátedra de Mejora del Proceso Software en el Espacio Iberoamericano"

analiza e interpreta los resultados de la revisión sistemática, en la sección 4 se informa de los resultados de la revisión sistemática basado en un análisis empírico de los factores críticos de éxito en el despliegue de procesos y, finalmente, la sección 5 presenta las conclusiones.

II. REVISIÓN SISTEMÁTICA

Antes de iniciar una investigación sobre algún tema de interés es necesario identificar, recopilar, seleccionar, analizar y resumir toda la información relevante existente relacionada, de manera sistemática.

Según Kitchenham [23], una revisión sistemática es una manera de evaluar e interpretar toda la investigación disponible, que sea relevante respecto de una interrogante de investigación particular, en el área temática o fenómeno de interés. La revisión sistemática [24] permite: (1) revisar los trabajos relevantes que han sido realizados en el área de estudio, (2) controlar los resultados, evaluarlos y contrastarlos, e (3) identificar lagunas en investigaciones actuales con el fin de hacer una propuesta adecuada de una actividad nueva de investigación.

La revisión sistemática incluye las siguientes actividades: (A) identificar las necesidades para realizar la revisión sistemática, (B) proponer un protocolo de revisión, (C) llevar a cabo la revisión (identificar los estudios primarios, evaluar los estudios y sintetizar la información), (D) analizar e interpretar los resultados de la revisión sistemática, e (E) informar de los resultados de la revisión sistemática.

A continuación, se detalla el proceso de la revisión sistemática de factores críticos, en la mejora y despliegue de procesos. En la sección III y IV se presentan, las actividades D y E de la revisión sistemática.

A. Identificar las Necesidades para Realizar la Revisión Sistemática

Se requiere realizar la revisión sistemática que permita: (1) identificar los factores críticos que intervienen en el proceso de mejora y despliegue de procesos, (2) identificar la categorización de los factores críticos que afectan a la mejora y despliegue de procesos, e (3) identificar los estudios de experiencias organizacionales de mejora y despliegue de procesos.

B. Proponer un Protocolo de Revisión

El protocolo de revisión específica: las preguntas a realizar, los criterios para seleccionar las fuentes de bases de datos, las fuentes de bases de datos que deben usarse para realizar la búsqueda y los métodos a utilizar para localizar y seleccionar los estudios.

1) Formulación de la pregunta

Para dar inicio a la revisión, es necesario plantearse la problemática y un conjunto de preguntas que están relacionadas con las necesidades y objetivos de la revisión.

- *Problema*: la mejora y despliegue de procesos están altamente enfocados en las personas, por lo que el éxito de su implementación está condicionado por factores técnicos y humanos. Es necesario determinar cuáles son estos factores para ser considerados en las estrategias de despliegue de procesos.
- *Preguntas*: las preguntas a responder son: ¿cuáles son los factores críticos que intervienen en la mejora y despliegue de procesos?, ¿qué experiencias organizacionales existen en la mejora y despliegue de procesos?
- *Población*: las publicaciones relacionadas con el despliegue de procesos, mejora de procesos, factores críticos para la mejora y despliegue de procesos.
- *Intervención*: estado actual de la mejora y despliegue de procesos y los factores críticos condicionantes de su éxito.
- *Efecto*: factores críticos condicionantes de la mejora y despliegue de procesos.
- *Medida del resultado*: factores críticos identificados en la mejora y despliegue de procesos.
- *Aplicación*: instituciones que han investigado el despliegue y mejora de procesos o investigadores que están trabajando en el tema de mejora de procesos o despliegue de procesos y sus factores.

2) Criterios para la selección de fuentes

Actividad en la que se establecen los criterios para la identificación y selección de las fuentes bibliográficas, bases de datos especializadas en las que se llevará a cabo la búsqueda de los estudios.

Los criterios para la selección de las fuentes son:

- Bases de datos que incluyan revistas, artículos enfocados en ingeniería de software, estudios empíricos, factores humanos en ingeniería de software y calidad de software.
- Bases de datos que cuenten con mecanismos de búsqueda avanzada, haciendo uso de los términos y sinónimos usados en las preguntas de búsqueda.
- Disponibilidad del texto completo de los artículos.
- Artículos disponibles en la Web de forma gratuita.
- Revistas especializadas disponibles en la biblioteca de la Facultad de Informática de la Universidad Politécnica de Madrid.
- Artículos en inglés o español.

3) Identificación de las fuentes

Las bases de datos son seleccionadas tomando en consideración las áreas de investigación: ingeniería de software, mejora de procesos, despliegue de procesos, factores críticos, taxonomía de factores críticos del despliegue, gestión del cambio y resistencia al cambio.

Entre las fuentes seleccionadas están las bases de datos especializadas como Science@Direct, IEEE Computer, ACM Digital, Springerlink, Institute for Scientific Information (ISI) WEB of Knowledge, Willey InterScience; artículos y presentaciones de conferencias especializadas como Software Engineering Process Group (SEPG) del Software Engineering Institute (SEI), European Systems & Software Process Improvement and Innovation (EUROSPI), así como, informes, artículos y presentaciones de CrossTalk y Google Scholar.

Todas ellas están relacionadas con la mejora y el despliegue de procesos o implementación de mejoras de procesos.

4) Cadena de búsqueda

Los términos usados en la revisión sistemática son construidos usando los siguientes criterios: (1) deduciendo los principales términos o palabras claves de las preguntas para identificar la población, intervención y resultados esperados, (2) identificando las palabras alternativas y sinónimos de los términos principales. Estas palabras claves combinadas con los operadores lógicos AND (para enlazar términos de población, intervención y efecto) y OR (para incorporar palabras alternativas y sinónimos) son utilizados por los motores de búsquedas de las bases de datos especializadas.

Las palabras usadas en la cadena de búsqueda incluyen: “process deployment”, “software process improvement”, “SPI”, "critical success factors", "key factors", “human factors”, “social factors”, “taxonomy”, “catalog”, “barriers”, “motivators” y “demotivators”; enlazadas con las palabras “CMM”, “CMMI”, “SPICE”, “ISO9000” y “MPS”.

5) Selección de las fuentes

Se seleccionan las fuentes usando los criterios definidos para su selección. Se incluyen todas las fuentes de bases de datos identificadas. Se aplica la cadena de búsqueda en las bases de datos electrónicas y en las otras fuentes (revistas y conferencias que no están incluidas en las bases de datos). Se ha contado con la participación de tres expertos en mejora de procesos para evaluar la lista de fuentes obtenida.

C. Llevar a Cabo la Revisión

1) Criterios de selección de estudios y procedimientos para incluirlos y excluirlos dentro de los estudios primarios

En la Tabla 1 se presentan los criterios de inclusión y exclusión.

TABLA 1. CRITERIOS DE INCLUSIÓN Y EXCLUSIÓN

Inclusión(I)	Exclusión(E)
I1. Estudios empíricos de mejora y despliegue de procesos. Artículos que tratan sobre los factores que condicionan el éxito del despliegue y mejora de de procesos. I2. Artículos que hablan sobre la gestión del cambio y el despliegue de procesos y/o mejora de procesos. I3. Artículos que utilizan las palabras claves. I4. Artículos cuyo titulo, resumen o contenido está relacionado con el tema.	E1. Artículos que están basados sólo en una opinión particular. E2. Artículos cortos. E3. Estudios que no son relevantes para las preguntas de investigación o no están relacionados con el estudio en particular. E4.Estudios que no son claros o presentan ambigüedad. E5. Publicaciones duplicadas.

La selección de estudios se centra en estudios relacionados con factores críticos en la mejora y despliegue de procesos. Estudiar los casos relacionados con el despliegue de procesos y los factores críticos en el proceso de despliegue, permite establecer la situación actual y una base para futuras propuestas de mejora del proceso de despliegue.

En la primera fase de la revisión sistemática, haciendo uso de los motores de búsqueda que cuenta cada una de las bases de datos identificadas y poniendo la cadena de búsqueda elaborada en el protocolo de revisión, se encontraron un total de 1412 estudios, tras haber eliminado los estudios duplicados.

A continuación, se revisaron cada uno de los estudios tomando en consideración los criterios de inclusión anteriores, obteniendo un total de 232 estudios relevantes. Para seleccionar los estudios relevantes, se siguieron los siguientes pasos:

Paso 1. Leer el titulo. Si éste proporciona suficiente información, el estudio es seleccionado y guardado. Si no proporciona suficiente información se realiza el paso 2.

Paso 2. Leer el resumen del artículo. Si éste proporciona suficiente información, el estudio es seleccionado y guardado. Si no proporciona información o existe la evidencia de que no pueda estar relacionado con el tema, se realiza el paso 3.

Paso 3. Leer las conclusiones. Si éstas proporcionan suficiente información, el estudio es seleccionado y guardado. En caso contrario es eliminado.

A continuación, se revisaron los 232 estudios seleccionados aplicando los criterios de exclusión. Finalmente, se obtuvieron 31 estudios primarios que respondían a las preguntas formuladas inicialmente. Los estudios contienen casos de estudio, experimentos, encuestas, experimentos etc. La Tabla 2 muestra en la columna “Total” los estudios encontrados y en la columna “Primarios” los estudios primarios, por fuentes utilizadas.

TABLA 2. DISTRIBUCIÓN DE LOS ESTUDIOS POR FUENTE

Fuente	Total	Primarios
IEEE Explore	205	6
Science@Direct	406	6
ACM Digital Library	183	1
Springerlink	490	6
Google scholar	43	2
SEI	40	3
Willey	45	6
Total	**1412**	**31**

2) Evaluación de la calidad del estudio

Para evaluar la calidad de los estudios, se realizan las siguientes preguntas:

- ¿Es el estudio primario relevante para la investigación que se está realizando?
- ¿Los estudios proveen la suficiente información como para que los resultados se beneficien de la revisión sistemática?
- ¿Los estudios revisados dan un valor agregado a la investigación que se está realizando?

3) Extracción de datos y síntesis

Para extraer la información importante de cada artículo, se diseña un formulario. El formulario contiene los siguientes campos: (1) identificación del artículo, (2) bibliografía (título, autor, año), (3) tipo de artículo (caso de estudio, encuesta, experimento, investigación), (4) objetivo del estudio, (5) contexto en que se desarrolla el estudio, (6) país, (7) tipo de estudio (mejora, despliegue o ambos), (8) nivel del análisis, (9)

tamaño de la organización, (10) colección de datos, (11) análisis del estudio, (12) factores críticos identificados (13) categorización de los factores y (14) conclusiones.

Por cada artículo seleccionado, después de leerse el texto completo, se procede a registrar la información en el formulario, el cual permitirá realizar el análisis posterior de los resultados. Los campos "nivel del análisis", "análisis del estudio" y "factores críticos identificados" resumen los aspectos que responden a las preguntas planteadas y las conclusiones que presenta el estudio.

III. Analisis e Interpretación de los Resultados de la Revisión Sistemática

Al concluir la ejecución de la revisión sistemática, los resultados son resumidos y analizados. En el análisis, se usan herramientas estadísticas para determinar el estado de arte de los factores condicionantes del éxito de un proceso de mejora y despliegue de procesos. Para realizar el resumen los estudios fueron clasificados en estudios relacionados con: (1) iniciativas de mejora de procesos e (2) iniciativas de despliegue de procesos. A continuación, se presentan los resultados de la revisión sistemática.

A. Tendencia de los Estudios

Con el fin de conocer la tendencia de los estudios sobre factores críticos que condicionan el éxito o fracaso de las iniciativas de mejora y despliegue de procesos en los últimos años, los estudios se han clasificado en estudios relacionados con: (1) la mejora de procesos y (2) el despliegue de procesos.

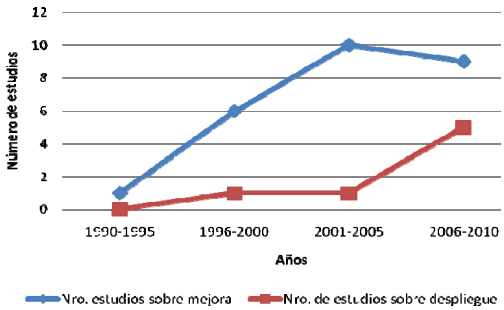


Figura 1. Tendencia de los estudios realizados

Los estudios de factores críticos relacionados con la mejora de procesos presentan una tendencia lineal, tal como se aprecia en la Fig. 1. Se observa que el interés de realizar estudios aumenta a un ratio constante hasta el año 2005. En el periodo 2006-2010, los estudios primarios de mejora de procesos presentan una ligera disminución. Similar es el interés por realizar estudios sobre factores críticos del despliegue de procesos software. En el periodo 2006-2010, se observa un aumento de los estudios. En 2006, es cuando el International Process Research Consortium (IPRC) [27] incluye el despliegue de procesos en una lista de futuras líneas de investigación.

Ambas tendencias indican que el interés de estudiar los factores críticos en las iniciativas de mejora y despliegue de procesos se mantiene, debido a que las organizaciones siguen presentando problemas y es necesario identificarlos para ser tenidos en cuenta en las estrategias de implementación de una iniciativa de mejora de procesos o de despliegue de procesos software.

B. Estudios Analizados por Tipo de Revisión

La Fig. 2 representa el porcentaje de estudios de acuerdo a la clasificación previa (iniciativas de mejora de procesos e iniciativas de despliegue de procesos). Se puede observar que el 78% de los estudios, están enfocados en la revisión de factores críticos en la mejora de procesos, solo el 19% están enfocados en factores críticos del despliegue de procesos y el 3% abarca ambos grupos. Los resultados muestran un bajo porcentaje de estudios sobre factores críticos en el despliegue de procesos y se evidencia la necesidad de ampliarlos.

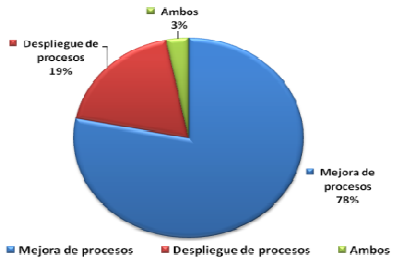


Figura 2. Estudios de acuerdo a clasificación

C. Estudios por Modelos Usados

Los resultados del análisis de los estudios primarios sobre los modelos y estándares usados por las organizaciones, muestran que CMM, CMMI, ISO 9000, tal como se puede apreciar en la Fig. 3 (los estudios pueden hacer referencia a más de un modelo), son los más usados.

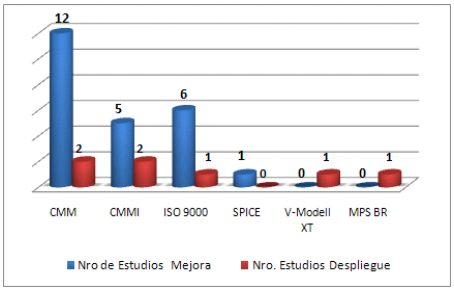


Figura 3. Estudios analizados por modelos usados en los estudios

IV. Informe de Resultados de la Revisión Sistemática

Una vez seleccionados y analizados cada uno de los estudios primarios, se identificaron los factores críticos considerados y se elaboró una matriz de factores críticos para el despliegue de procesos por autor. Durante la revisión de la matriz, se observó que diversos autores utilizaban diferentes denominaciones para los factores. Sin embargo, estaban

referidos al mismo concepto. Considerando que hay un número de veces que aparece repetido un mismo factor en varios estudios, mediante un procedimiento de conteo se determina el número de veces que el factor se repite. Al tabular los datos, se obtienen la lista de factores y la distribución de frecuencias, obteniéndose los factores críticos ordenados por la frecuencia con que han sido mencionados por los autores. Se identificaron los principales factores críticos, de acuerdo a la distribución de frecuencias, para el despliegue de procesos. Del análisis realizado de los factores críticos para el despliegue de procesos, se desprende que los factores mencionados en el 100% de los estudios sobre factores en el despliegue de procesos que fueron revisados son:

- "Compromiso" de la alta dirección como factor crucial para dar inicio a cualquier iniciativa de mejora o despliegue de procesos, ya que si no se cuenta con su apoyo la probabilidad de fracaso sería muy alta.
- "Formación" para dotar de conocimientos al personal sobre los nuevos procesos, técnicas y herramientas a desplegar y mejorar el rendimiento del equipo. Al respecto, algunos autores proponen brindar formación específica necesaria cuando se presenta la necesidad, en vez de acumular los conocimientos a la espera de que se presente la necesidad.
- "Alineados con los objetivos" porque los objetivos del proceso de despliegue deben estar alineados con los objetivos estratégicos de la organización.
- "Definición de procesos" por ser la entrada del proceso de despliegue y su definición debe responder a las necesidades de la organización y, de ser posible, estar organizados en una plataforma automatizada que permita que los procesos estén accesibles a todas las partes interesadas.

Los factores mencionados en el 83% de los estudios sobre factores en el despliegue de procesos que fueron revisados son:

- "Objetivos claros" que está relacionado con que los objetivos deben estar expresados en forma clara, sencilla y realista. Tener objetivos claros facilita la tarea de comunicación al personal involucrado en el proceso de despliegue.
- "Roles" y responsabilidades bien definidas de los miembros de un proyecto, facilita el desarrollo de las actividades. En caso contrario, se produce el caos durante el desarrollo de las actividades. Es necesario establecer una estructura funcional con responsables.
- "Participación" en la definición de los procesos, revisando y dando sugerencias de mejoras en los procesos. El personal es consultado sobre necesidades e ideas de mejora, tomando parte activa en el desarrollo del proceso y pudiendo proveer realimentación al proceso.
- "Cultura organizacional" como el sistema de valores y creencias compartidos en la organización. Los procesos antes de ser desplegados en la organización, deben ser adaptados de acuerdo a sus necesidades y teniendo en cuenta el contexto cultural (de las personas, de la organización y de los países).
- "Conocimientos y habilidades" como el conjunto de información almacenada a través del proceso enseñanza-aprendizaje o la experiencia. El proceso de despliegue requiere de personal con conocimientos de modelos y procesos software, de gestión de proyectos software, experiencia en definir procesos (tácito), de técnicas de comunicación, de técnicas de medición, de herramientas estadísticas de acuerdo al "rol" que le compete desempeñar dentro de la organización
- "Experiencia del personal" que va a participar del proceso de despliegue, facilita la conducción del proceso, facilita el proceso de formación del personal y el desarrollo de las actividades.
- "Metodología de despliegue" porque permite desarrollar un conjunto de actividades de manera sistemática para lograr que los procesos definidos sean usados e institucionalizados en la organización. La metodología de despliegue de procesos contiene las técnicas y las herramientas a utilizar en el proceso despliegue.
- "Gestión del cambio" porque una organización que tenga la capacidad de gestionar el cambio que se produce al introducir nuevos procesos, minimiza la resistencia de las personas a la hora de usarlos.
- "Comunicación/Colaboración" para dar a conocer a los involucrados las razones del cambio, los objetivos y los resultados esperados. La necesidad de mantener una comunicación bidireccional y efectiva que debe existir entre los diferentes niveles en la organización, facilita el proceso de despliegue. Luego, para que la comunicación sea clara, eficaz y oportuna es necesario tener en cuenta los factores "objetivos alineados a los objetivos estratégicos del negocio" y que estén expresados de forma clara, realista y sencilla.
- "Motivación/Satisfacción" factor que está relacionado con los factores "formación", "comunicación" y "participación" de las personas. Una persona que está preparada para asumir las nuevas actividades, que participa de manera activa del proceso, cuyas ideas sean tomadas en cuenta y, que está informada de manera permanente de las actividades, los resultados obtenidos y los beneficios visibles alcanzados, se sentirá motivada.

Es decir, la mayoría de los factores mencionados están relacionados con la las personas, procesos, tecnología y la organización. Los resultados de la revisión sistemática evidencian que (1) el número de estudios sobre los factores críticos del despliegue de procesos es menor que los realizados para la mejora de procesos, (2) es necesario contar con una clasificación de los factores y homogenizar los términos utilizados por los autores, y (3) es necesario contar con métodos que integren los factores críticos y puedan servir de guía a los responsables de despliegue.

V. CONCLUSIONES

En este artículo se han presentado los resultados de una revisión sistemática de aquellos factores críticos que condicionan el éxito o fracaso de las iniciativas de mejora y despliegue de procesos. Los resultados de nuestro estudio sugieren la necesidad de armonizar los términos y las definiciones de los factores críticos. Durante el análisis de los estudios, se ha observado que cada autor usa un vocabulario diferente para un mismo significado. Así mismo, la clasificación que usan para los factores difiere de un estudio a otro. Varios de los estudios son resultado de la experiencia organizacional, experiencia de los responsables de mejora y despliegue o de revisiones de la literatura. La revisión sistemática ha permitido identificar los factores críticos y priorizar los factores más importantes para el despliegue de procesos. La importancia está basada en la frecuencia con que estos factores han sido identificados en los estudios revisados.

Del análisis realizado, se desprende que el factor "compromiso" de la alta dirección y de los involucrados en el proceso son críticos en la mejora y despliegue de procesos, así como también tener los "objetivos claros" y "objetivos alineados" con los objetivos estratégicos de la organización. Los factores "definición de procesos" y "participación de las personas" están muy relacionados, ya que permiten que las personas se sientan motivadas para usar los procesos definidos con su participación, a diferencia de que se les imponga el uso de los nuevos procesos. Otro factor mencionado es que la organización cuente con una metodología formal de despliegue de procesos que sirva de guía al proceso de despliegue. Considerando que el despliegue de procesos es un cambio y este cambio debe ser gestionado para minimizar la resistencia de las personas, la gestión del cambio es un factor crítico de éxito para el proceso de despliegue. Los factores "formación", "comunicación" y "participación" se constituyen en los pilares fundamentales que soportan el proceso de cambio que implica el despliegue de procesos.

REFERENCIAS

[1] S. Sheard, "The frameworks quagmire," Crosstalk: The Journal of Defense Software Engineering, vol. 10, September 1997.

[2] S. Sheard, "Evolution of the frameworks quagmire," IEEE Computer, vol. 34, pp. 96-98, 2001.

[3] T. Dyba, "An empirical investigation of the key factors for success in software process improvement," IEEE Transactions on Software Engineering, vol. 31, No. 5, 2005.

[4] M. Niazi and Muhammad B., "Motivators of Software Process Improvement: An Analysis of Vietnamese Practitioners Views," 11th International Conference on Evaluation and Assessment in Software Engineering (EASE) Keele University, UK, 2–3 April 2007.

[5] K, Butler, "The economics benefits of software process improvement", Cross Talk, pp. 14-17, July 1995.

[6] G. Yamamura, "Software process satisfied employees," IEEE Software pp. 83-85, September/October1999.

[7] B. Pitterman, "Telcordia technologies: the journey to high maturity" IEEE Software July/August pp. 89-96, 2000.

[8] H. Nasir, R. Ahmad and N. Hassan, "Resistance factors in the implementtation of software process improvement project," Journal of Computer Science vol. 4, pp. 211-219, 2008.

[9] NDIA Systems Engineering Division, "The economics of CMMI," http://www.sei.cmu.edu/library/assets/Economics%20of%20CMMI.pdf, consultado el 12 de febrero de 2010, 2009.

[10] J. McDermid and K. Bennet, "Software engineering research: A critical appraisal," IEEE Proceedings on software engineering , vol. 146, pp. 179–186, 1999.

[11] T. Hall, D. Wilson, "Views of software quality: a field report," IEEE Proceedings on Software Engineering vol. 144 (2), pp. 111–118, 1997.

[12] T. Hall, D. Wilson, "Perceptions of software quality: a pilot study," Software Quality Journal vol. 7, pp. 67–75, 1998.

[13] T. Hall A. Rainer and N. Baddoo, "Implementing software process improvement: An empirical study", Software Process Improvement and Practice, 2002, vol. 7, pp. 3–15, 2002.

[14] M. Niazi, D. Wilson, D. Zowghi, "A framework for assisting the design of effective software process improvement implementation strategies," Journal of Systems and Software vol.78, pp. 204-222, 2005.

[15] J. Calvo-Manzano, G. Cuevas, T. San Feliu, "Factores críticos de éxito en la mejora de procesos", Jornada SPIN-Spain/ICM, 2006.

[16] M. Lepasaar, T. Varkoi and H. Jaakkola, "Models and success factor of process change", Product Focused Software Process Improvement at PROFES 2001, pp. 68-77, Kaiserslautern, Germany.

[17] W. Humphrey, Managing the software process, Addison-Wesley, 1989.

[18] J.Arent and J. Norbjerg, "Software process improvement as organizational knowledge creation: a multiple case analysis," Proceedings of the 33rd Annual Hawaii International Conference on System Sciences, pp 1-11, 2000.

[19] T. Kasse and P. Mcquaid, "Factors affecting process improvement initiatives," Crosstalk the Journal of Defence Software Engineering. Consultado el 11 de abril 2009.

[20] G. Cuevas, A. Amescua "Gestión del proceso software". Centro de Estudios Ramón Areces, 2003.

[21] A.Fuggetta "Software process: a roadmap. in: the future of software engineering," Ed. Anthony Finkelstein, 22nd Int. Conference on Software Engineering, pp. 27-34, 2000.

[22] M. Montoni, Gleison S., A. Rocha, Sávio F., R. Cabral, R. Barcellos, B. Ahilton, A. Soares, C. Cerdeiral and P. Lupo, "Taba Workstation: supporting software process deployment dased on CMMI and MR-MPS.BR COPPE/UFRJ," PROFES 2006, LNCS 4034, pp. 249-262, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2006.

[23] B. Kitchenham, T. Dybå and M. Jørgensen, "Evidence-based software engineering," Proceedings of the International Conference on Software Engineering, pp. 273–281, 2004.

[24] B. Kitchenham, "Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering," EBSE Technical Report EBSE-2007-01, Keele University, 2007.

[25] J. Biolchini, P. Mian, A. Natali and G. Travassos, "Systematic review in software engineering," Technical report, Systems Engineering and Computer Science Department, UFRJ, Brasil, 2005.

[26] F. Pino, F. Garcia and M. Piattini. "Revisión sistemática de mejora de procesos software en micro pequeñas y medianas empresas", REICIS, vol. 2, pp. 6-23, 2006.

[27] International Process Research Consortium. A Process Research Framework. Eileen Forrester, editor. Software Engineering Institute, 2006.

Integrating Simple Recommendation Systems on Digital TV Widget Applications

Luís Filipe Teófilo[1,3] and Pedro Brandão Silva[1,2]
DEI/FEUP [1] - Rua Dr. Roberto Frias, s/n 4200-465, Porto, Portugal +35122 508 1566
INESC Porto [2] – Rua Dr. Roberto Frias, s/n 4200-465, Porto, Portugal +35122 508 1566
LIACC/FEUP [3] - Rua Dr. Roberto Frias, s/n 4200-465, Porto, Portugal +35122 508 1566
luis.teofilo@fe.up.pt, pedro.brandao.silva@fe.up.pt

Abstract—**As Digital Television is becoming popular, an ever-growing number of television operators is providing interactive applications for its viewers. Due to the nature, usual employ and limited interaction possibilities with the device, an intensive use similarly to computer is hardly recommended. Instead, recurring to more casual and lightweight interfaces such as widgets, and obtaining information about the viewed contents has been considered a more appropriate employ of the potential of such a technology.**

This paper describes a recommendation system to be integrated with Digital TV Widget applications, which, by considering the user's program choices, is capable of presenting related commercial products and upcoming events, matching therefore the user's interests. The interface design is meant to be as simple and intuitive as possible, yet compatible with existing widget systems. This is achieved by recurring to similar button mapping and presenting color and geometric clues for its handling. This approach intends to offer simple, enjoyable, yet efficient personalized advertising features.

Digital TV; IPTV; Human computer interaction; Recommender system

I. Introduction

Nowadays the world is witnessing an increase of information flowing through the digital channels that can be accessed through a large number of different devices. However, the information is scattered, which makes it difficult to filter particular content to meet individual user interests. For this reason it is important to develop new methods and applications that facilitate the process of recovering information, managing it to reach its most relevant audience.

This research work presents the implementation of a recommendation system application. This application tries to relate the television viewer's likings with existing events and products, thus promoting them. Considering the example of a viewer who usually watches football on TV, it would be correct to infer that he probably enjoys football merchandizing products like the scarf of the top clubs, or the shirts of the best players. Such is the kind of inference drawn by this system.

The main challenge of this project resides on the interface design. Designing interfaces for TV applications greatly differs from conceiving for other electronic devices due to the different type of users. In TV, there are many different user profiles. This paper presents a 3-step iterative approach led for understanding different needs and how to address them.

Several users are not accustomed to deal with new technologies. For this reason the interface should be simple enough in order to provide the quickest adaptation possible. Complex interfaces are usually ignored by this type of users. Other users have visual impairments, such as color blindness which make it difficult for them to interact with interfaces with complex color schemes and foreground and background color combinations. This work also focused on these users, with the goal of reducing the handicaps caused by these disabilities.

The rest of this paper is organized as follows. First, some related work is presented, followed by the proposed solution which is based on the detected gaps in the state of the art. Section III presents the solution to this problem, namely the architecture of the application, its evolution and the main interaction problems as well as how to deal with them. Section IV describes the steps to implement the solution. Section V presents some user tests in order to validate this approach. Finally, Section VI presents the general conclusions and recommendations for future research work in this area.

II. Related Work

This research work focus on important areas of informatics engineering such as human computer interaction (HCI), recommendation systems and simulation software. These areas of knowledge were grouped together to develop a system for a digital television (DTV) platform, which is more dedicated to serve the general public. The system was prototyped for integration into a real existing DTV platform from ZON [1], the leading company in digital telecommunications in Portugal.

To create applications for TV, the balance between simplicity and the number of functionalities is a critical issue [2]. This means that it is important to provide the functionalities that are required by the targeting audience, but some aspects such as avoiding the excessive presence of the application, overlapping the show, must be taken into account. Some of these challenges are described and dealt with in research works like [2]; where a semitransparent widget system based on color interaction is proposed; or [3] which describes

general problems of these type of applications, with emphasis on a real case in Brazil.

The type of functionalities that are present on DTV applications is related to the type of users. The most frequent features present on DTV systems are electronic programming guides, Enhanced TV, Video-on-demand, personalized TV, Internet, ITV advertisement, T-commerce, home banking, games and gambling [4]. Most ordinary TV viewers are interested rather in simplicity than in the quantity of features. The user interfaces should be simple enough to capture the viewers' interest. The work [5] proposes an UI evaluation framework to predict the viewers' interest on the general TV interfaces.

The proposed application is a recommendation system that intends to provide information based on different user needs. One good example of such system architecture is in [6], which describes a compact architecture that is able to deal with this problem. Another similar work is [7], which talks about personalizing dynamic and collaborative contents for TV viewers.

One important work is [8] which is a survey that presents a general state of the art about TV research in industry and content sharing.

III. A SIMPLE RECOMMENDATION SYSTEM

The proposed recommendation system intends to provide simple yet efficient advertising features, based on the programs watched by the viewer. The control and navigation over the interface is supposed to be as enjoyable and intuitive as possible for any kind of user.

In this section an overview of the recommendation system will be presented, starting by the basic concept, general architecture and interaction, followed by the various experimented approaches.

A. Basic Concepts

In order to define the system architecture, it is necessary to identify first the concepts and entities, as well as to describe their relationships. The following UML diagram in Figure 1 illustrates those concepts. Some are displayed in a simplified manner, allowing a more global view on the system.

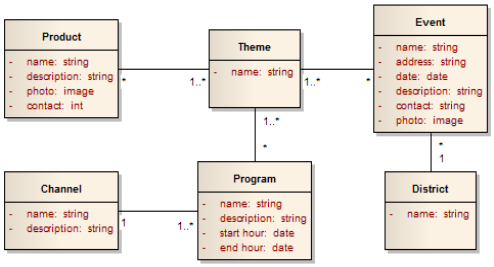


Figure 1. UML class diagram

As seen through the diagram, six different concepts can be identified:

- **Channel**: Represents a television channel. Each one has a name and a description of its contents. A channel consists of one or more television programs.
- **Program**: Represents a television program. Each one contains a name, a description of its contents, a start and end time. A program belongs to a particular channel and is associated with one or more themes.
- **Product**: Represents a product to be suggested to viewers, having a name, description, promoter contact and a photo. A product is associated with one or more themes.
- **Event**: Represents an event to be suggested to the viewers. It contains a name, address and date of occurrence, description, sponsor contact or an image illustrating the event. An event is associated with one or more themes and a district.
- **District**: represents a district or any kind of country geographic subdivision. The identification of this concept aims to group events by region, allowing viewers to get event suggestions on the region where they live.
- **Theme**: The concept of theme allows programs to associate events and products. When events or products are suggested to viewers, the ones that will be presented are the ones that have themes in common with the ongoing program.

B. System Architecture

In order to implement the application in a Widget System, client-server architecture was proposed. The following figure (Figure 2) gives a general view over the behavior of the system.

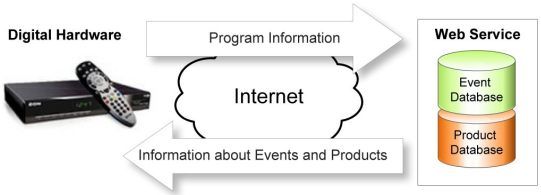


Figure 2. Widget architecture

The client application contains the widget, implemented on the television operator hardware. This equipment communicates through an Internet connection with a Web service, which provides the interface to access the server.

The Web service receives from the client information about the program that is currently being displayed. Upon receiving this information, the Web Service consults the databases in order to detect events and products related to this program. After this query, the results are immediately sent to the customer equipment and, consequently, to the viewer.

C. *Widget Interaction*

The interaction with the widget, achieved through a standard modern remote control, is intended to be simple and intuitive, requiring a reduced number different buttons: the four colored buttons (red, green, yellow and blue), a "back" button, up and down arrow buttons and, of course, an "exit" button.

While watching a program, the widget system can be accessed via the red button, which is very commonly used for accessing interactive TV applications. Figure 3 gives an overview of the conceived widget that is displayed once such button is pressed.

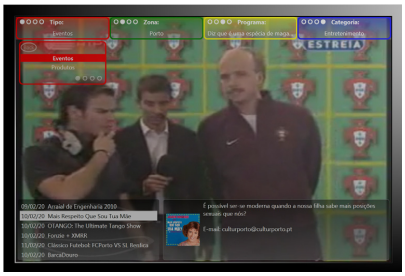


Figure 3. Overview of the Conceived Widget

As it can be seen in Figure 3, the widget is displayed as an overlay with transparency, meaning that it still allows the TV program to be watched, without presenting too much obstruction. Its arrangement is top-bottom which is different from what is normally seen in TV interfaces, which follow the L-shape arrangement [2]. The main reason for this decision is to allow the user to easily map and associate the button order in the remote control to the various top menus. There are four, each one associated with a color (which can provide additional visual clues to the user), to access four features:

- Red Button/Menu: Change between events and product display;
- Green Button/Menu: Change the location/district;
- Yellow Button/Menu: View events/products related to programs previously transmitted;
- Blue Button/Menu: Alternate between themes associated to the currently selected program.

Each colored top menu contain a label showing the currently selected item and well as an additional clue for colorblind users to understand which buttons correspond to which menu. Four circles are drawn, and the corresponding interaction button is filled while the others are hollow (see Figure 4).

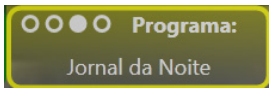


Figure 4. Button mapping clues for colorblind viewers

Whenever a colored button is pressed, a corresponding menu list appears below the colored block showing a set of items which can be scrolled down by repeatedly pressing the same colored button and scrolled up using the "Back" button. Figure 3 shows an example where a red menu list containing "Events" and "Products" is being displayed, and can be iterated over.

It is important to underline the fact that, while the events depend on selected location, program and theme, the same does not apply for products. Instead, only the selected program is a deciding factor, which is reflected on the interface when the "Products" option is selected: the green (locations) and blue (themes) menus become invisible.

On the bottom left part of the screen the events and products are listed, while on the right a more detailed description (as well as contacts) of the selected item is displayed. Navigating on the left list can be done through the up and down arrows. The contents of this list are refreshed whenever the selected items of the top menus are changed. As said, these are controlled by the user interaction with the four color buttons, but may also change automatically if the channel is switched or the current program finishes.

Finally, exiting the widget can be done through the assigned "Exit" button or, as expected, by switching off the TV.

D. *Widget Evolution*

In a first approach, the widget's purpose was to be integrated with a specific TV Widget System, owned by the TV operator "ZON", which had included it in their "ZON Box" devices. Therefore, the widget interfaces were designed to fit the existing system, as it can be seen in Figure 5:

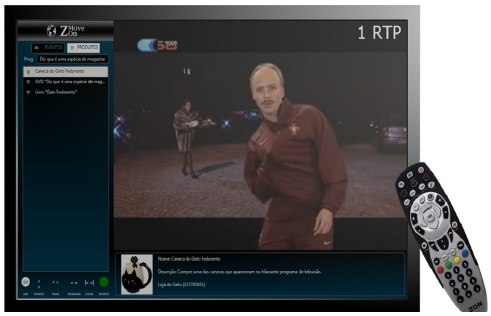


Figure 5. First version of the interface, adapted for the "Zon Box" device. On the right, the corresponding remote control is displayed.

While this system had the advantage for the said company to implement it within its system, it presented the following disadvantages:

- Non intuitive button interaction, which, besides requiring 4 sets of arrows and colored buttons for navigation, were difficult to remember and therefore required an additional label with instructions;
- Difficult text readability at medium range;

- Programs, districts and themes were displayed each in a text box with the currently selected item, which would give limited perception of item listing.

After obtaining some feedback from the potential users, the interface was further developed in order to correct some of the mentioned deficiencies, which resulted in the interface shown in Figure 6.

Figure 6. Second version of the interface

This approach was heavily based on the work of [2] which presented color as a more intuitive solution for interaction. By using colors, amount of required buttons for navigation was reduced to one set of arrows and the color buttons, eliminating the need for an additional label with instructions. Still, some problems remained:

- Iteration over districts, programs and themes could only be done in one direction, which could mean, for longer lists, a more difficult access to the intended item;
- Difficult text readability at medium range;
- Programs, districts and themes were displayed each in a text box with the currently selected item, which would give limited perception of item listing;
- While color support is helpful for most users, it can present difficulties to colorblind viewers which cannot perceive the differences.

In response to these new problems and especially the last, a more platform-independent approach was conceived (that is, having a completely different design than the one from "ZON Box"). It is displayed on Figure 7.

Figure 7. Third version of the interface

In this version a more powerful interaction was introduced, allowing scrolling through lists and navigating in both directions. The text was resized making it readable at medium distance even for smaller displays. Through some shape clues (a filled circle inside a larger circle, in a row with four circles corresponding to the four buttons), support for colorblind viewers was introduced. However, this approach required additional room and could not be clear enough for all users. Therefore this aspect was corrected, which resulted in the interface presented in the section C of this chapter.

E. Colorblind support

As soon as the problem of color blindness was pointed out, a constant concern regarding this aspect accompanied the remaining development stages. Although it could only be thoroughly tested with people with such deficiencies, it was possible, using specific filtering software, to simulate such view on the interface. Figure 8 shows an example the final version of the interface displayed in Figure 3 from the view of a red-blind person (protanopia).

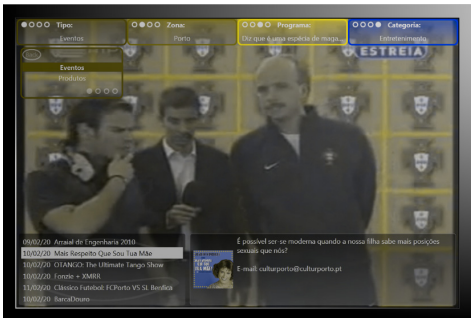


Figure 8. Red-blind vision (protanopia) of the widget interface

IV. Implementation

Since the TV operators' devices are commonly locked to avoid user reprogramming, the implementation of the concept in a real digital television device would be impossible. Even if that would not be the case, it would still require considerable work. Therefore, in order to test the concept, a desktop computer simulator was built, allowing the experimentation of the widget in an environment similar to a digital television system. The simulator uses pre-recorded videos as channels. Each video has different programs with small duration and advertising between them. The duration of the TV programs is small to speed up the tests.

A. Hardware

The television screen is represented by the monitor of a computer which runs the simulator. This avoids the need to deploy to any other platform and therefore allows quick altering and testing of interface features. The remote control, on the other hand, was replaced by a smart phone with a touch screen. The purpose of this approach is to enable easy customization of the remote as well, in order to seek the simplest, yet most effective layout possible (see Figure 9). It is

important to underline the fact that the base remote control layout tested matched the ZON TV [1] remote control.

Figure 9. Remote control interface on smart phone

The communication between the two devices is achieved though Bluetooth, which requires inexpensive hardware and is relatively easy to use.

Regarding the Web Service, which allows access to both product and event databases, it was implemented locally on the same computer for more immediate testing, but enabling remote access as well.

B. *Software*

The simulator interface was designed with the Microsoft Windows Presentation Foundation 4.0, a graphical subsystem of the .NET Framework 4.0. This choice was motivated by the great potential that this tool contains for interface creation. The chosen programming language was C#.

For the management of all data referring to the events and products, a Microsoft ® SQL Server Compact Edition (a simplified version of Microsoft ® SQL Server) was used. Regarding the Web Service, an IIS local server was set up, being the connection to it achieved through SOAP.

V. Results and Discussion

A. *User test groups*

To test the developed interface three different user groups were defined. The definition of user groups aims to distinguish the results between users with different needs and different levels of affinity with technologies. The defined user types were:

- Group A: Users with low affinity with technologies, namely people who usually use computers and interfaces only for work, or do not use them at all (18 users).
- Group B: Users with high affinity with technologies, such as the current users of ZON Widgets or other Digital TV services from different operators (12 users).
- Group C: Users with some visual impairment, such as color blindness, but with a high affinity with technologies (4 users).

B. *Test tasks*

The usability tests consisted in measuring the time that each type of user took to perform a certain task as well as the number of mistakes before reaching the goal (like pressing the wrong key on the remote).

Four different tasks were considered:

- Task 1: Open the widget; consult the events of the current program; check events of different themes; close the widget.
- Task 2: Open the widget; consult the events from Lisboa of the current program; close the widget.
- Task 3: Open the widget; consult the products of the current program; close the widget.
- Task 4: Open the widget; consult the products of the previous program; close the widget.

C. *Time tests*

The average time (in seconds) that each type of user took to perform a given task is presented in the following Table 1 and the correspondent chart (Figure 10).

TABLE I. Time to perform tasks

	Task 1	Task 2	Task 3	Task 4
Group A	95s	86s	53s	38s
Group B	36s	25s	19s	14s
Group C	58s	32s	28s	20s

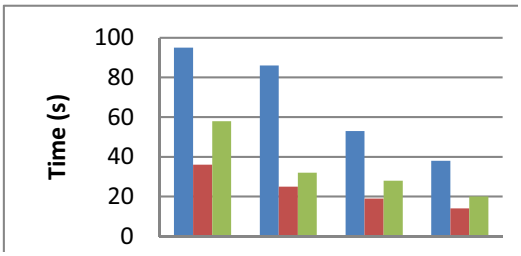


Figure 10. Time to perform tasks

It is possible to observe that the group of users that is more familiarized with technology is the group of users that took less time to perform all the tasks (Group B). For some tasks, the less experienced users (Group A) took almost twice or thrice as long to accomplish the same job. Regarding the users with visual impairments (Group C), they indeed took slightly more time than Group B, although they also had a high affinity with technologies. This was because these users had difficulties pressing the correct button, since they had to look at the remote to see the reassemble to the screen icons.

A tendency that was noticed in the various tests was the decrease in the necessary time to accomplish the tasks. This is expected, since it becomes easier when the mechanics are understood (and are the same for other tasks). Still, Group A

had a longer learning curve than the others. Group C always showed more difficulties than Group B due to the explained factors, but quickly adapted as well, coming closer to Group B in the last task.

D. *Mistake tests*

Some common interaction mistakes were noted while the users were performing the assigned tasks. Most of this errors consisted in pressing the wrong key for the desired action. The main mistakes are:

- Use of "back" button to close the widget – the button that should be used to close is the Exit button. This happens probably because of the high distance between the exit button and the color buttons (see Figure 11). The name of the button "back" can also confuse the users, because they might assume that back means to go back to the TV original state (without widget). Group A performed this mistake more often.

Figure 11. Full remote control overview, highlighting the distance between the buttons

- Use of the "back" button to close the "activated" menu. The users of Group B and C usually perform this error. They try to close the menu with the "back" button. The back button is used to navigate to the previous selection in that menu.
- Use of the "arrow" button to navigate in top menus. This mistake happens in all groups. When a color menu is activated, the users sometimes try to use the arrow keys to navigate between options, instead of using the menu's color key or the back button.
- Wrong color button: Despite having the icons presented on the screen representing the position of the color button that should pressed, the users of Group C sometimes have difficulties in selecting the right color.
- Use of other random button: This mistake happens mostly on group A. The ZON remote has too many buttons (48), which confuses the less experienced users.

VI. Conclusions and Future Work

In this research project, the implementation and integration of a recommendation system on a real platform was presented. The implementation of a recommendation system for Digital TV is of great interest because it allows its users to receive information fitting its profile, as well as providing this type of service to new kinds of users that are less familiar with new technologies through the most used media system around the world - the Television.

This work focused on the interface of such system with emphasis on improving the interface for users with visual impairments. The implemented system showed that this type of users always have more difficulties using this kind of interfaces, but quickly adapted to the mechanics, leading to reduced access times, as was proven in the tests.

There are some areas where future research work could focus. First, the recommendation system itself could be improved by providing suggestions not only linked to the program, but also related to the user's viewing history.

In order to monetize the widget, the online shopping concept could also be integrated. This way, the users could directly buy the products related to the shows or the tickets for a related event. The hardware of the widget should also be improved, namely the ZON control remote which has too many buttons. The proposed smart phone system presents itself as an interesting and quick way of discovering the best remote control configuration. Another possible future development is the integration of this system in Multimedia Home Platform (MHP) which is a famous middleware for TV software development.

Acknowledgments

We wish to thank to Professor Augusto Sousa and Professor Rui Rodrigues from Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. They supervised this work and encouraged us to lead the development of the study for people with visual impairments, who had little relevance in previous research on the subject. Luís Filipe Teófilo also thanks to Fundação para a Ciência e a Tecnologia for supporting his work by providing his PhD Scholarship: SFRH/BD/71598/2010. Finally, we would like to thank to Departamento de Engenharia Informática and ProDEI for providing financial support for the conference registration.

References

[1] S. d. T. e. M. ZON Multimédia, SGPS, SA. (2011, January 2011). ZON Homepage. Available: http://www.zon.pt

[2] H. Lee, et al., "Balancing the power of multimedia information retrieval and usability in designing interactive tv," in 1st international conference on Designing interactive user experiences for TV and video, Silicon Valley, California, USA, 2008, pp. 105-114.

[3] L. S. G. Piccolo and M. C. C. Baranauskas, "Desafios de design para a TV digital interativa," in VII Brazilian symposium on Human factors in computing systems, Natal, RN, Brazil, 2006, pp. 1-10.

[4] J. F. Jensen, "Interactive television: new genres, new format, new content," in Second Australasian conference on Interactive entertainment, Sydney, Australia, 2005, pp. 89-96.

[5] K. Chorianopoulos and D. Spinellis, "User interface evaluation of interactive TV: a media studies perspective," Universal Access in the Information Society, vol. 5, 2006, pp. 209-218.

[6] Q. Zhao, et al., "Design of Multi-mode E-commerce Recommendation System," in Intelligent Information Technology and Security Informatics (IITSI), 2010 Third International Symposium on, 2010, pp. 530-533.

[7] J. Zimmerman et al., "Tv Personalization System". In Liliana Ardissono, Alfred Kobsa, Mark Maybury (eds) Personalized Digital Television: Targeting Programs to Individual Viewers, Kluwer: 27-52, 2004.

[8] P. Cesar and K. Chorianopoulos, "The Evolution of TV Systems, Content, and Users Toward Interactivity" in Foundations and Trends in Human-Computer Interaction, vol. 2 issue 4, April 2009, pp. 373-95.

Modelo Borroso para Evaluar Destrezas Adaptativas en Niños con Discapacidad Cognitiva

Modelo Borroso por Adaptación

Alejandro Peña P.
Unidad Académica de Ingeniería Informática y Administrativa
Escuela de Ingeniería de Antioquia
Medellín, Colombia
pfjapena@eia.edu.co

Claudia Melo E.
Unidad Académica de Ingeniería Biomédica y Mecatrónica
Escuela de Ingeniería de Antioquia
Medellín, Colombia
claumelo@gmail.com

Andrea Botero L.
Unidad Académica de Ingeniería Biomédica y Mecatronica
Escuela de Ingeniería de Antioquia
Medellín, Colombia
able85@gmail.com

Abstract—**Uno de los problemas fundamentales que afronta la evaluación de niños con cualquier tipo de discapacidad, y en especial la evaluación de destrezas adaptativas en niños con discapacidad cognitiva, está directamente relacionado con la falta de retroalimentación que tienen los programas de formación, lo que genera una falla en la integración de estos niños a la sociedad, y en el largo plazo en el mundo laboral, lo que afecta igualmente su núcleo familiar. A pesar de la existencia de diferentes herramientas para la generación de inventarios de destrezas y sus objetivos como el Inventario de Destrezas Adaptativas – CALS, el Inventario para la Planificación de Servicios y Programación Individual – ICAP y el Curriculum de Destrezas Adaptativas – ALSC entre otras, estas herramientas aún son utilizadas de forma empírica y poco automatizada, lo que no permite ver claramente los aspectos más relevantes que afectan la evolución en el aprendizaje de una persona con este tipo de discapacidad. Es por esto que en este artículo, se presenta el desarrollo de un modelo basado en los principios de la computación borrosa y neuronal, para evaluar destrezas adaptativas en niños con discapacidad cognitiva, de modo que se genere una herramienta para la retroalimentación efectiva del proceso de aprendizaje, a partir del manejo de información vaga borrosa o incompleta, que caracteriza los inventarios de destrezas y sus objetivos asociados.**

Keywords- Discapacidad Cognitiva, Destrezas Adaptativas, Lógica Borrosa, Inteligencia Computacional,Ttakagi Sugeno, ANFIS

I. INTRODUCCIÓN.

Las personas con discapacidad cognitiva, han sido caracterizadas por la Organización de las Naciones Unidas – ONU, como *la minoría más grande del mundo*, y ha estimado que cerca del 10% de la población mundial viven con algún tipo de discapacidad [1]. Por su concepción, la discapacidad no es solo una condición médica, sino que es el resultado de la interacción de un individuo con deficiencias físicas, mentales, intelectuales o sensoriales, y las barreras debidas a la actitud y al entorno, que pueden impedir una participación plena y efectiva de una persona en la sociedad, en igualdad de condiciones con los demás individuos [5],[16].

Por otra parte, las personas que sufren limitaciones físicas o mentales, a menudo son considerados como discapacitados, no en función de una condición diagnosticable, sino porque se les niega el acceso a la educación, los mercados laborales y los servicios públicos. Esta exclusión conduce a la pobreza, y como parte de un círculo vicioso, la pobreza conduce a más discapacidad, lo que se ve reflejado en que el 80% de las personas con algún tipo de discapacidad, están concentradas en países en vías de desarrollo. Según la Organización Panamericana de la Salud – OPS, sólo un 2% de los 58 millones de personas que viven con algún tipo de discapacidad en Latinoamérica, encuentran respuestas a sus necesidades específicas de desarrollo [5].

La discapacidad se clasifica de acuerdo al área comprometida, y puede ser física, cognitiva, sensorial visual o sensorial auditiva, o mental entre otras. De esta manera, una de las discapacidades más complejas de abordar, es la discapacidad cognitiva, ya que esta hace referencia a limitaciones en el desempeño de las actividades de la vida diaria de un niño. Esta discapacidad, se caracteriza por un funcionamiento intelectual inferior al promedio de la sociedad, junto con limitaciones asociadas en áreas de habilidades adaptativas como: la comunicación, el cuidado personal, la vida en el hogar, las habilidades sociales, integración a la comunidad, autodeterminación, la salud y la seguridad, así como las habilidades académicas funcionales como: el ocio y el trabajo [4].

De esta manera, uno de los problemas fundamentales que afronta la formación personas, y especial la formación de niños con esta discapacidad, está directamente relacionada con la falta de retroalimentación que tiene los programas de formación en cuanto a la evaluación de destrezas de tipo adaptativo, esto debido principalmente a que muchas de las evaluaciones están centradas en la construcción de inventarios de destrezas y sus objetivos asociados, lo que conlleva un gran

volumen de información con gran incertidumbre, o que es vaga, borrosa o incompleta. Es por esto, que la falta de retroalimentación en la evaluación de estos niños, genera una falla en la integración a la sociedad, y a largo plazo en el mundo laboral, lo que afecta igualmente a su núcleo familiar. A nivel mundial, se utilizan una serie de herramientas que permiten evaluar las destrezas adaptativas del individuo como: el Inventario de Destrezas Adaptativas – CALS [14], el Inventario para la Planificación de Servicios y Programación Individual – ICAP [3], el Curriculum de Destrezas Adaptativas – ALSC [15], entre otros. Estas herramientas, además de evaluar, determinan las necesidades del individuo, los objetivos de su plan de trabajo, y cómo evaluarlos durante su proceso de habilitación. Sin embargo, estas herramientas han sido utilizadas de manera empírica y poco automatizada, con un desconocimiento en muchos casos del tipo, y la representación de la información de entrada que requiere el sistema para la evaluación [2].

Es por esto que en este artículo, se desarrolla y analiza un modelo basado en los principios de la computación borrosa y neuronal, para la evaluación de destrezas adaptativas en niños con discapacidad cognitiva. Para el desarrollo de este modelo, se partió de la identificación de los indicadores, parámetros, elementos y variables que son relevantes en los procesos, métodos y herramientas de evaluación que utiliza el modelo CALS [14], y de acuerdo con los lineamientos que establece el Instituto Colombiano de Bienestar Familiar (https://www.icbf.gov.co/), de acuerdo con tres áreas de derecho establecidas por tratados internacionales sobre los derechos del niño como son [20]: Desarrollo, Participación y Protección.

De esta manera, se procedió con el diseño del modelo, basado en un modelo borroso del tipo *Takagi Sugeno Kang* [18], el cual utiliza un proceso por aprendizaje y adaptación basado en la regla delta generalizada, y en la estructura de un modelo neuronal del tipo ANFIS (Adaptive Neural Fuzzy Integrated System) de primer orden [6]. Al igual que el modelo TSK, el modelo ANFIS de primer orden, permite de forma integrada el manejo de la incertidumbre asociada con cada uno de los elementos que definen cada una de las áreas de derecho como variables borrosas; y con una serie de reglas de inferencia que describen cualitativamente la evolución del aprendizaje de un niño en términos de estas áreas [7]. Este modelo, constituye una herramienta dinámica que permite la retroalimentación del proceso de aprendizaje, a partir de información vaga, borrosa o incompleta, obtenida como resultado del inventario de destrezas que miden el desempeño de un niño en diferentes actividades específicas del mundo real, adaptadas a su proceso de formación.

Para el análisis y la validación del modelo, se llevó a cabo una prueba piloto con un grupo de 300 niños con discapacidad cognitiva, que fueron evaluados en las tres áreas de derecho establecidas por el ICBF, a lo largo de 4 trimestres que comprende un año lectivo. Para el entrenamiento, el modelo utilizó 200 datos, mientras que para la validación, el modelo utilizó 100 datos. De esta manera, este modelo permitió el mejoramiento de los procesos de evaluación de niños con este tipo de discapacidad, arrojando como resultado una serie de superficies que relacionan estas áreas de derecho, identificando los puntos sobre los cuales se debe llevar a cabo un mayor énfasis en la formación. Igualmente, este modelo logró unificar los criterios de evaluación utilizados por diferentes analistas encargados de evaluar la formación de niños con este tipo de discapacidad.

II. METODOLOGÍA

Para el desarrollo del modelo, se llevó a cabo una completa revisión del estado de la ciencia y la tecnología, esto con el fin de establecer las principales tendencias de desarrollo en esta área del conocimiento. De esta manera, podemos decir que una destreza adaptativa, son las capacidades y habilidades que una persona puede adquirir para desempeñarse en sus entornos habituales, en sus grupos de referencia, y acordes con su edad cronológica [12].

En Colombia, las orientaciones pedagógicas para la atención educativa a estudiantes con discapacidad cognitiva en educación no formal, están basadas en los planteamientos del decreto 114 de 1996 [13], y en donde la atención temprana de niños con este tipo de discapacidad, es realizada por el Instituto de Bienestar Familiar ICBF (https://www.icbf.gov.co/), y el Sistema General de Salud, teniendo en cuenta para ello tratados internacionales de la convención de los derechos del niño [20]. Es por eso que la atención de los niños con discapacidad cognitiva, debe girar en torno a cuatro áreas de derecho como son: vida y supervivencia, desarrollo, protección y participación. En Colombia, el ICBF ha implementado una serie de herramientas para el seguimiento de las conductas de los niños con este tipo de discapacidad por medio de objetivos a corto plazo, y relativos a las destrezas adaptativas que no se dominan, teniendo en cuenta para ello el modelo CALS, y una serie de elementos que evalúan tres de las cuatro áreas de derecho del niño como [7]:

- *Desarrollo:* Evalúa el desarrollo como un proceso por el cual se logra un crecimiento armónico e integral de sus aspectos físicos o biológicos, psicológicos, mentales o cognitivos.
- *Participación:* Esta área de derecho, abarca el derecho a pensar y expresarse libremente, lo que arroja como resultado un papel activo en la familia, la comunidad y la sociedad.
- *Protección:* Esta área de derecho, involucra la relación consigo mismo, con los demás, y con el mundo que lo rodea.

Estas áreas de desarrollo, agrupan una serie de destrezas adaptativas que evalúan el desarrollo de un niño con este tipo de discapacidad. Cada una de estas destrezas, será evaluada en una escala de 1 a 5, de acuerdo con los objetivos logrados por el niño. Los elementos que miden estas destrezas, de acuerdo con cada una de las áreas de derecho son los siguientes [8]:

A. *Protección:* Seguridad en la comunidad , en el aula, en el hogar, en el trabajo.

B. *Desarrollo*: Cuidado de la ropa, movilidad y viaje, vestido, preparación de alimentos, ocio en el hogar, organización del tiempo, hábitos alimenticios, higiene y presentación, uso del lavabo, socialización, mantenimiento en el hogar, manejo del dinero, preparación y actitud hacia el trabajo, sexualidad y habilidades académicas.

C. *Participación*: Participación en la comunidad, participación en el hogar, ocio en la comunidad, relación con los compañeros y autoridad, participación en el programa, limpieza y organización del hogar.

Para el desarrollo y la validación del modelo, se llevó a cabo una prueba piloto con un grupo de 300 niños con este tipo de discapacidad, que pertenecen al nivel de integración socioocupacional. Esta prueba piloto, se llevó a cabo en la institución ADN (Alas de Nuevo www.adn.org.co), institución Colombiana prestadora de servicios de salud privada sin ánimo de lucro regida por el ICBF, y la cual atiende niños con discapacidad cognitiva y física desde el año 1.973. En esta prueba piloto, se hizo una consolidación y validación de la información, de acuerdo con cada una de las destrezas agrupadas en cada una de las áreas de derecho utilizadas por el ICBF para esta evaluación. Para tal efecto, cada uno de las destrezas fue evaluada cada trimestre, teniendo en cuenta para ello un año lectivo, lo que arroja como resultado, un valor consolidado por cada área de derecho para un año lectivo. Para el aprendizaje y la validación del modelo, se utilizaron una serie de valores de salida, obtenidos como resultado de la consolidación de las calificaciones asociadas con cada uno de los elementos de las áreas de derecho, y ponderadas de acuerdo con diferentes analistas encargados del proceso de seguimiento y evaluación de los niños.

III. DESARROLLO DEL MODELO.

Los Sistemas *Takagi Sugeno Kang* (TSK), son sistemas borrosos que permiten la identificación de sistemas, mediante la segmentación del espacio de búsqueda o de solución en una región borrosa, y los cuales poseen un submodelo funcional asociado con un grado de validez. Los modelos TSK, poseen un antecedente difuso definido por las variables de entrada, que para este caso, estarán definidas por cada una de las destrezas que agrupan las áreas de derecho utilizadas para la evaluación formativa. El valor de salida, esta dado por una relación matemática establecida por una serie de reglas, que relacionan las cualidades de los valores de entrada, y la función que representa la salida del modelo. Este conjunto de reglas, se denota y define de la siguiente manera [18]:

$$\begin{aligned} &IF\ \ x_1\ \ is\ \ C_1^l\ \ and.....and\ \ x_n\ \ is\ \ C_n^l \\ &THEN\ \ \ y^l = c_0^l + c_1^l x_1 + ... + c_{n_n}^l x_n \end{aligned} \tag{1}$$

Donde:

C_i^l : Representa el conjunto borroso i de la regla l. Donde i, representa el número de áreas de derecho consideradas, mientras que l, representa el número de reglas del difusor.

c_i^l : Son las constantes que definen la combinación lineal de salida para la regla l ($l=1,2,3,\ldots,m$).

La parte del antecedente de las reglas, es similar a los sistemas *Fuzzy* convencionales [19], pero la parte *THEN,* o consecuente, es una combinación lineal de las variables de entrada al sistema. Es de anotar que el vector x de entrada, representa cada uno de los valores obtenidos por un niño en el consolidado de destrezas, por cada una de las áreas derecho para un año lectivo.

$$x = (x_1, x_2, x_3, ..., x_n)^T \in U \subset R^n \tag{2}$$

La salida del sistema, estará dada por $f(x) \in V \subset R$, y representará el valor obtenido por un niño en su proceso de evaluación anual global, de acuerdo con la visión de un analista. De acuerdo con esto, el valor de salida del sistema se denota y define:

$$f(x) = \frac{\sum_{l=1}^{M} y^l w^l}{\sum_{l=1}^{M} w^l} \tag{3}$$

Los pesos de la combinación lineal de salida, están dados en (4):

$$w^l = \prod_{i=1}^{n} u_{C_i^l}(x_i) \tag{4}$$

Dónde:

$u_{C_i^l}(x_i)$: Representa el valor de pertenencia de x_i al conjunto borroso c_i , correspondiente con la regla de activación l.

De acuerdo con los elementos que conforman un proceso de evaluación de niños con discapacidad cognitiva, en términos de las diferentes áreas de derecho consideradas por el modelo, y de acuerdo con los valores de salida establecidos para la prueba piloto, el modelo propuesto incorporará una estrategia de aprendizaje basada en un modelo neuronal borroso del tipo ANFIS de primer orden (*Adaptative Neural Fuzzy Integrated System*) [21].

Al igual que el modelo ANFIS, el modelo TSK, posee dos conjuntos de parámetros que deben ser obtenidos por adaptación. Un primer conjunto de parámetros, está relacionado directamente con la ubicación de los conjuntos borrosos que caracterizan cada una de las variables lingüísticas de las áreas de derecho, y los cuales están caracterizados por una serie de *clusters* tridimensionales, similares a las funciones racionales utilizadas por las redes neuronales de base radial [9]. Un segundo conjunto de parámetros, representa las constantes asociadas con cada una de las funciones de salida que poseen reglas de inferencia [9], y que describen cualitativamente el comportamiento de un sistema de este tipo. Para el caso de la

adaptación el modelo propuesto, se utilizará el error cuadrático medio, el cual se define de la siguiente manera:

$$SEC = \sum_{k=1}^{N} (d_k - f_k(x))^2 \quad (5)$$

Donde:

d_k: Corresponde con los valores de salida de cada uno de los patrones de entrenamiento, o salidas deseadas obtenidas de la evaluación global de la prueba piloto para cada individuo *k*.

$f_k(k)$: Representa la salida del modelo propuesto, para los mismos valores de salida obtenidos en la prueba piloto.

N: Número de niños que fueron susceptibles de la prueba piloto.

De acuerdo con el proceso de adaptación y aprendizaje que requiere el modelo, la regla delta generalizada se denota y define de la siguiente manera [9]:

$$\Delta C_i^j = -\alpha \frac{dzSEC}{dC_i^j} \quad (6)$$

Donde:

α: Representa la tasa de aprendizaje, o factor de adaptación del modelo. Esto significa que la tasa de aprendizaje es variable, y se puede ajustar automáticamente [10], [11].

IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS.

De acuerdo con la prueba piloto, y de acuerdo con la normativa establecida por el ICBF, el análisis y la validación del modelo, considerará para la evaluación de niños con discapacidad cognitiva, tres áreas de derecho. De acuerdo con las evaluaciones obtenidas en la prueba piloto, los intervalos que definen los puntajes consolidados para un año lectivo, y para cada área de derecho son: Desarrollo (0-400), Protección (0-180), Participación (0-90); mientras que los valores de salida están definidos en un intervalo [0,3], y representa el puntaje logrado por cada niño en su evaluación anual.

El proceso de entrenamiento del modelo TSK, se llevó a cabo mediante la utilización del modelo de la *regla delta generalizada* [9], y teniendo en cuenta para ello un proceso de adaptación basado en el modelo propuesto por [21]. Para tal efecto, se utilizarán diferentes tipos de conjuntos borrosos como: Triangular (TRIMF), Gaussiana Generalizada (GBELLMF), Trapezoidal (TRAPMF), Gaussiana (GAUSSMF), Combinación Gaussiana (GAUSS2MF), Función Pi-Campana (PIMF), Diferencia Sigmoidal (DSIGMF), Producto Sigmoidal (PSIGMF).

Para el análisis y la validación del modelo, se tomaron en cuenta 200 evaluaciones para el aprendizaje, y 100 evaluaciones para la validación, lo que permitió observar el aprendizaje y la adaptación del modelo TSK, en términos de las entradas (áreas de derecho) y las salidas definidas por el proceso tradicional de evaluación de las destrezas adaptativas (evaluación anual consolidada).

Para el análisis en la estimación de los valores de evaluación, o valores de salida arrojados por el modelo, se utilizaron ocho métricas estadísticas como: Fraccional Bias (FB), Normalizad Mean Square Error (NMSE), Geometric Mean (MG), Geometric Variant (VG), Index of Agreement (IOA), Unpaired Accuracy of Peak (UAPC2), *Within a Factor of Two (FAC2), Mean Relative Error (MRE)* las cuales son integradas en un modelo , *y* donde cada una de ellas toma un valor cualitativo de Good (G), Fair (F), OverFair (OF), UnderFair (UF) y Poor (P). El modelo asigna una serie de valores cuantitativos de acuerdo con la cualidad obtenida por cada métrica de la siguiente manera G (8.5), F(5.5), OF (6.0), UF (5.0) y P(2.5), estableciéndose una serie de categorías en términos de un *score* o índice de desempeño de la siguiente manera [17]:

$$Score=NG*8.5+NF*5.5+NOF*6.0+NUF*5.0+NP*2.5 \quad (7)$$

Dónde:
NG, NF, NOF, NUF, NP: Indica el número de cualidades totales obtenidas por el modelo, de acuerdo con cada una de las métricas utilizadas para evaluar su desempeño.

De acuerdo con los conjuntos borrosos utilizados por el modelo TSK, el proceso de aprendizaje y validación en su conjunto para los 300 datos, arrojó los siguientes resultados como se observa en la Tabla Nº1:

TABLE I. VALORES OBTENIDOS POR EL MODELO TSK PARA EL APRENDIZAJE

	MG	VG	FB	NMSE	FAC2	IOA	MRE	UAPC2	ID
GAUSSMF	0.995	0.997	-0.001	0.001	0.976	0.965	0.001	0.003	68.000
GBELLMF	0.997	0.972	0.004	0.000	100.000	0.972	0.000	0.004	68.000
GAUSS2MF	0.995	0.964	-0.001	0.010	0.986	0.973	0.000	0.003	68.000
TRAPMF	0.994	1.017	-0.003	0.001	0.977	0.963	0.020	0.100	65.000
DSIGMF	0.999	0.984	0.008	0.010	0.986	0.969	0.001	0.006	65.000
PSIGMF	0.999	0.982	-0.003	0.010	0.986	0.972	0.001	0.006	65.000
PIMF	0.999	0.991	-0.009	0.001	0.970	0.943	0.001	0.002	62.000
TRIMF	0.995	1.002	-0.003	0.001	0.973	0.962	0.006	0.008	59.000

De acuerdo con los diferentes conjuntos borrosos utilizados para el aprendizaje del modelo TSK, podemos observar en la Tabla 1, que los conjuntos borrosos del tipo Gaussiano (GAUSMF), Gaussiana Generalizada (GBELLMF) y Combinación Gaussiana (GAUSS2MF), mostraron los mejores resultados de acuerdo con el modelo borroso propuesto por Park [17]. En la Figura 1, se muestran los resultados obtenidos por el modelo luego del proceso de aprendizaje y validación frente al resultado anual consolidado, teniendo en cuenta para ello las 300 evaluaciones en su conjunto, y funciones racionales base de tipo gaussiano:

En la Figura 2 y 3, podemos observar las superficies resultantes del aprendizaje del modelo, las cuales relacionan las diferentes áreas de derecho de las que consta la evaluación, y las cuales provienen de los consecuentes de las reglas.

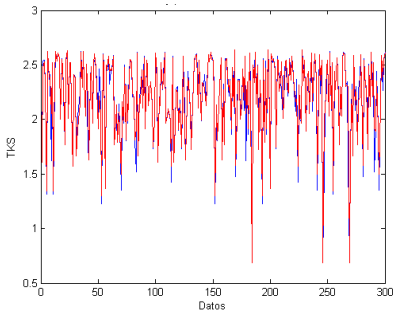


Figure 1. Resultados frente a la salida obtenidas por el modelo TSK luego del proceso de aprendizaje.

De acuerdo con lo anterior, podemos observar que el modelo que utiliza funciones del tipo Gaussiano (GAUSSMF), mostraron un mejor comportamiento, esto debido principalmente al tipo de función utilizada por los conjuntos borrosos que definen las reglas de inferencia. Igualmente, se puede apreciar en la Figura 3, que los resultados arrojados por el modelo para el caso de conjuntos borrosos triangulares, muestran un comportamiento más lineal que en el caso de las funciones gaussianas, lo que se evidencia en los picos mostrados por las superficies de salida.

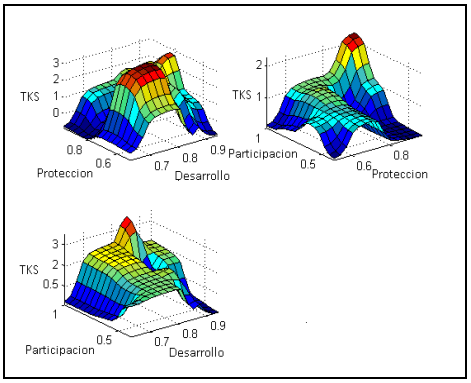


Figure 2. Superficies de salida que muestran la relación entre las diferentes áreas de derecho para Conjuntos Borrosos Gaussinos.

Los resultados obtenidos, muestran que las funciones racionales más adecuadas para este tipo de modelo, son las funciones racionales de tipo gaussiano, ya que estas muestran cambios más graduales en las superficies que relacionan las áreas de desarrollo, lo que permitirá una intervención mucho más gradual en las áreas de desempeño en las cuales se deba hacer mayor énfasis en la formación de un niño en particular. Igualmente, y a diferencia de las funciones racionales base triangulares, el modelo por funciones gaussianas, permitirán describir una serie de trayectorias óptimas, las cuales indicarán en que elementos de cada área de derecho se debe hacer un mayor énfasis durante la formación de niños con este tipo de discapacidad.

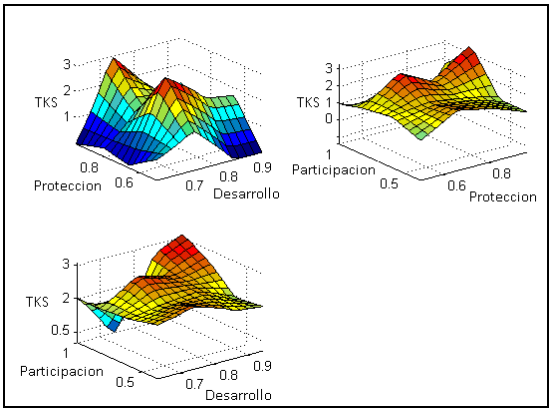


Figure 3. Superficies de salida que muestran la relación entre las diferentes áreas de derecho para Conjuntos Triangulares.

V. CONCLUSIONES.

El modelo propuesto, logró superar una serie de limitantes impuestas por el alto contenido de información cualitativa que poseen las áreas de derecho que evalúan las destrezas en niños con discapacidad cognitiva, e igualmente, logró unificar en un solo modelo, las diferentes visiones de diferentes analistas encargados de la evaluación consolidada de cada uno de los niños que hicieron parte de la prueba piloto.

El modelo propuesto, ha logrado establecer diferencias significativas con los modelos actuales de inventarios de discapacidad, en el sentido de que estos poseen una estructura flexible que se puede configurar dependiendo de la evolución de las teorías de evaluación y del tipo de discapacidad a evaluar, lo que se da principalmente, por su capacidad de adaptarse a diferentes ambientes de evaluación por aprendizaje, que son características de la evaluación de cualquier otro tipo de discapacidad.

Uno de los elementos fundamentales que permitió el mejoramiento de la evaluación de este tipo de destrezas, estuvo centrada principalmente en la incorporación al modelo, de una serie de reglas de inferencia que describen el comportamiento cualitativo de un niño con esta discapacidad, en términos de los elementos de evaluación que definen cada una de las áreas de derecho del niño. Esto permitió igualmente, la identificación de ciertos elementos de las áreas de derecho, que pueden ser reforzados en el proceso de aprendizaje, de modo que esto permita una mejor integración de estos niños en la sociedad, y en general en el mundo laboral en un largo plazo.

Como resultado del proceso de evaluación mediante la utilización del modelo propuesto, el sistema arroja como resultado una serie de superficies que relacionan las áreas de derecho que evalúan las destrezas adaptativas en niños con este tipo de discapacidad. De esta manera, la forma de las

superficies, permiten a los analistas encargados de la evaluación, identificar de manera cualitativa ciertas áreas de derecho sobre las cuales se debe hacer un mayor énfasis en la formación de este tipo de niños. Igualmente, por la estructura del modelo, se pueden llevar a cabo procesos de ingeniería inversa, en los cuales se pueden identificar las variables que afectaron de una manera significativa la evaluación.

Uno de los elementos fundamentales que permitirá un gran avance en esta área del conocimiento, está directamente relacionado con el modelamiento del evaluador como un sistema experto en un área específica del conocimiento. Esto arrojara como resultado, una selección más efectiva de reglas para la evaluación, y permitirá identificar de una manera más directa, elementos que son determinantes para la formación y desarrollo de un individuo con cualquier tipo de discapacidad.

ACKNOWLEDGMENT

Agradecimiento especial a la institución Alas de Nuevo (www.adn.org.co) y a la Escuela de Ingeniería de Antioquia, por su apoyo incondicional para el desarrollo de este proyecto

REFERENCES

[1] Belgian of Presidency of the Council of the European Union . (18-19 de 11 de 2010). *The UN Convention on the Rights of Persons with Disabilities: an integral and integrated approach to the implementation of disability rights.* Recuperado el 15 de 02 de 2011, de Federal Public Service - Social Security : http://www.socialsecurity.fgov.be/eu/docs/agenda/18-19_11_10_background_document.pdf

[2] Botero Londoño, A., & Melo Estrada, C. (2009). *Modelo de Información para Evaluar Destrezas Adaptativas utilizando Lógica Borrosa.* Medellín: Escuela de Ingeiería de Antioquia (Tesis de Grado - Ingeniería Biomédica).

[3] Bruininkins, R., Montero Centeno, D., & Villa Sánchez, A. (1996). *Inventario para la planificación de servicios y programación individual: ICAP.* Mensajero S.A. ISBN: 8427118414.

[4] Egea García, C. (06 de 02 de 2007). *El nuevo paradigma del retraso mental. Afinidades y diferencias con visiones anteriores*. Recuperado el 15 de 02 de 2011, de Información sobre Discapacidad - Disweb2000: http://usuarios.discapnet.es/disweb2000/art/paradigm.htm#inicio

[5] El Colombiano. (02 de Octubre de 2007). *La Lucha por la Inclusión Escolar*. Recuperado el 06 de Mayo de 2008, de http://www.mineducacion.gov.co/observatorio/1722/article-134977.html

[6] Grajales Bedoya , D. (2009). Modelación del precio de la energía en Colombia usando un modelo de inferencia neurodifuso (ANFIS). *Revista Soluciones de Postgrado EIA*, 25-38, ISSN: 2811-3854.

[7] Grajales Bedoya, A. (22 de 01 de 2009). *Preambulo de la Convención.* Recuperado el 15 de 02 de 2011, de Derechos de los Peques: http://alexa-derechosdelosninos.blogspot.com/2009/01/prembulo-de-la-convencin.html

[8] Instituto Colombiano de Bienestar Familiar ICBF. (17 de 03 de 2005). *El derecho del bienestar familiar.* Recuperado el 15 de 02 de 2011, de Instituto de Bienestar Familiar: http://www.icbf.gov.co/transparencia/derechobienestar/ley/ley_0949_2005.html, ISBN 978-958-98873-1-8

[9] Isazi V., P., & Galván L., I. (2004). *Redes de Neuronas Artificiales Un enfoque práctico.* Madrid: Pearson Education, S.A., ISBN:84-205-4025-0.

[10] Jang, J.-S. (1993). ANFIS: Adaptative network based fuzzy inference system. *IEEE Transactions on Systems Man and Cybernetics 23*, 666-685.

[11] Jang, J.-S. (1996). Input Selection for ANFIS Learning. *Proceedings of the IEEE International Conference on Fuzzy Systems Vol.2*, 1493-1499, doi: 10.1109/FUZZY.1996.552396.

[12] Jara Ocampo, M., & Roda Fuentes, P. (2010). Propuesta curricular de habilidades adaptativas para la estimulación temprana de niños y niñas de 0 a 3 años de edad, con discapacidad cognitiva. *Revista Electrónica Eduacre*, 143-158, ISSN:1409-4258.

[13] Ministerio de Educación Nacional - MEN. (15 de 01 de 1996). *Decreto 114 de 15 de Enero de 1996.* Recuperado el 15 de 02 de 2011, de Ministerio de Eduación Nacional : http://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-103099_archivo_pdf.pdf

[14] Montero Centeno, D., Morreau , L., & Bruininkins, R. (2002.). *MANUAL. Inventario de destrezas adapatativas (CALS).* Mensajero S.A.ISBN: 8427124805 ISBN-13: 9788427124806.

[15] Morreau, L. (2002). *MANUAL. Currículo de destrezas adaptativas (ALSC).* Mensajero S.A. ISBN: 8427124635 ISBN-13: 978842712463.

[16] Organización de Naciones Unidas - ONU. (2007). Convención sobre los derechos de las personas con discapacidad. *Resolución 61/106*.

[17] Park , O.-H., & Seok , M.-G. (2007). Selection of appropiate model to predict plume dispersion in coastal areas . *Atmospheric Environment (41)*, 6095-6101, doi: 10.1016/j.atmosenv.2007.04.010.

[18] Peña , M., Carelli, R., & DiSciascio, F. (2001). Identificación de Sistemas con un Modelo Borroso del Tipo Takagi Sugeno. *Dyna (134)* , ISSN:0012-7353.

[19] Sugeno, M., & Yasukawa , T. (1993). A fuzzy logic based approach to qualitative modeling . *IEEE Transactions on Fuzzy Systems 1(1)*, 7-31, ISSN: 1063-6706.

[20] UNETE. (2011). *Convención sobre los derechos del niño*. Recuperado el 15 de 02 de 2011, de Únete por la niñez: http://www.unicef.org/spanish/crc/

[21] Zuñiga, A., & Jordán , C. (2005). Pronóstico de caudales medios mensuales empelando sistemas neurofuzzy. *Revista Tecnológica ESPOL 18(1)*, 17-23, ISSN:0257-1749.

SPOTSENSING

A Plataform for Social Web Sensing

Nuno Correia, Filipe Meneses and Rui José
Centro Algoritmi, Universidade do Minho, Guimarães, Portugal.
pg13107@alunos.uminho.pt, meneses@dsi.uminho.pt, rui@dsi.uminho.pt

Abstract—**Social Networking Sites (SNS) have an unprecedented ability to capture Human activity, including information about the specific physical settings in which those activities are taking place. This represents a major potential for uncovering, on a large scale, new knowledge about aggregate behaviors in the use of places. In this paper, we explore the concept of social web sensor, as a systematic data collection process that can be virtually attached to a particular location to retrieve location-based information from social network sites. This process is completely based on geographically scoped queries to SNS APIs and does not depend on real physical sensors. The objective of this study is mainly to assess the viability of this concept and uncover the potential and limitations of this approach as a reality mining tool for urban environments. We have created an initial implementation and conducted the respective evaluation through the deployment of a number of sensors in the city of London and the analysis of the respective results.**

Keywords-component; Social Sensors, Web 2.0, Social Networks, Twitter, Web Activity.

I. INTRODUCTION

The emergence of ubiquitous computing and Social Networking Sites (SNS) means that digital presence is increasingly shaping our lives and our actions. These services have been capturing Human activity in unprecedented ways, and, in that process, they are leading to the extensive generation of new content associated with those activities. The information includes not only the primary social object, but also meta-data about the circumstances in which that content is generated.

Interestingly, many of these actions are increasingly traceable to the specific physical settings in which they occur. For example, many twitter posts are now tagged with location information and emerging systems, like Foursquare or Gowalla, are all about signaling presence in places. If we also consider that much of this information is publicly available, we may easily acknowledge that there is a clear potential for using these tools for uncovering, on a large scale, new knowledge about aggregate behaviors in the use of places.

In this paper, we explore the concept of social web sensor, as a systematic data collection process that can be virtually attached to a particular location to retrieve location-based information from social network sites. Through geographically oriented queries, a social web sensor obtains data generated at a particular location and makes it available, possibly in some aggregate form that constitutes the sensor output. This process is completely based on user-generated data and without directly recurring to any physical sensor. Still, the increasing use of geo-tagged or geo-referenced data may provide the ground for making these sensors valuable tools for detecting and understanding location-based events and patterns, particularly in urban environments. Our objective is thus to study the viability of this concept and uncover the potential and limitations of this approach as a reality mining tool for urban environments.

In Section II, we revise related work and clarify the relationship between our contribution and previous work on this topic. In Section III, we present the Spotsensing architecture for creating location-based social sensors. To evaluate the concept, we have conducted a sensing study using a number of sensors deployed in the city of London. The description of this evaluation and the analysis of the results obtained is included in Section IV. Finally, in Section V, we present our concluding remarks and outline future work.

II. RELATED WORK ON SENSING AND SOCIAL ANALYSIS

The ubiquity of mobile phones, GPS-enabled devices, CCTV, Wi-Fi networks and other sensors provides many opportunities for collecting data about Human activities. The collection of that information on a large scale provides the opportunity to obtain an increased understanding of the dynamics of communities and uncover new knowledge about the rhythms of city life and the digital fingerprint of the urban environment. The collaborative use of physical sensors has been explored in several projects as an approach for inferring patterns of Human behavior, such as CenceMe [1] and MetroSense [2]. CenceMe uses audio sensors and accelerometers to be able to "read" the environment around the user and MetroSense explores the interaction between the sensors carried by the user and other devices available (e.g. Wi-Fi access points, etc.). Real Time Rome [3], an MIT project developed in 2006, aggregates data from mobile phones, buses and taxis in Rome to better understand urban dynamics in real time. Collected data was used to create a set of visualization plots exposed in the 2006 Venice Biennale. SensorPlanet [4] is a global research framework for mobile device centric wireless sensor networks. It enables collaborative sensing initiatives on a large scale and includes a central repository for sharing the data. The Intel-sponsored Urban Atmospheres project [5] aims to understand our future evolution of digital and wireless computing and how this will influence, disrupt, expand and integrate into social patterns existent within our public urban landscape. The MIT Cartel project [6] was designed to collect, process, deliver and visualize urban-sensing data about traffic conditions. While these approaches may have an important role in our ability to sense physical environments, they require the physical presence of the sensors and they tend to generate low-

level data, typically associated with movement, sound, air quality or temperature.

The use of data obtained from social networks to understand Human activities in physical space has also been explored in a number of projects. Data from personal location disclosures, even when aggregate, may provide a level of social awareness that can be used for that purpose. Foursquare and Gowalla are both location-based social networks that encourage people to explore cities. In Foursquare, points are won by sending status messages with the user's location and in Gowalla users can collect virtual objects left in places they visited [7]. All these system generate as part of their usage, considerable data about usage patterns of physical spaces. HomeAndAbroad is an example of how to leverage on photos published in Flickr for trip planning [8]. By using the location and time of the photos taken on the city, the system automatically generates gazetteers that include the average time to spend at the main attractions in four main cities. Several other projects have explored the use of Twitter data to infer new data about the cities and about the users. Tweet-o-Meter [9] shows, almost in real time, the number of tweets being published in different cities. Although the population percentage that uses Twitter in each city may be different, the visual rendering of tweet-o-meter provides a descriptive view of which cities are more active and detects when the activity grows or decreases. Fujisaka et al. describe a method for detection of unusual crowded locations by monitoring micro-blogging systems to obtain geo-tagged data which is analyzed to examine spatial distribution [10]. TweetHood [11] predicts the location of the user based on location of his closest friends. Although several projects have used the data from social networks to uncover information about the physical world, there is no simple and straightforward solution to generate such data for a particular physical location. In this work, we focus specifically on how to create generic and multi-purpose data collection processes that may represent the most significant elements of the social activity associated with a location.

III. THE SPOTSENSING ARCHITECTURE

This section describes the SpotSensing architecture and how it can be used to deploy location-based web sensors.

A. Location-based web sensors

A location-based social web sensor is an abstraction for a location-based data collection process that produces a specific output. The sensor metaphor is used to convey the idea that those processes are attached to specific locations, just like any sensor. However, these sensors differ from traditional sensors in two fundamental ways: the first is that they are exclusively virtual, which means that their attachment to a location is not the result of their physical presence at that location, but simply a criterion in the data collection process; the second is that they do not sense physical variables, such as temperature, speed, light, or any other. They are based on a set of data sources corresponding to existing social networking platforms. This is where the data comes from and potentially any type of social network may be used, provided there is some type of support for location-based queries. Sensors will therefore be measuring social activity as represented in observable behavior within social networks. The social networking services from which data is collected are called Data Sources.

A sensor is therefore a virtual entity created by clients of the SpotSensing infrastructure to measure social activity associated with a particular location. A sensor will always have a type, which determines the type of data it generates, and a coverage area, which determines the geographical scope upon which it is expected to generate data.

A sensor type is not determined by the data source from which it obtains the information, but by its output data. A particular sensor type could combine data from multiple data sources, and multiple sensor types could provide different views of a particular data source. However, in this initial study we have created two basic usage sensors for Twitter and Flickr. In this paper, we will only analyze in more detail the operation of the twitter sensor, but having created two different types of sensors has been important in highlighting some of the implications of the respective data models to the conceptualization of the sensors. We will refer some of those issues in the conclusions.

Regarding the geographical scope, sensors can be specified as individual sensors or as sensor grids. The geographical scope of an individual sensor is specified by setting the coordinates of the center and a radius. The geographical scope of a sensor grid is specified by setting the coordinates of the center, a radius for the grid, and the number of sensor levels inside the grid. The system will automatically generate a coordinated and multi-level set of sensors covering with minimal overlap the specified region, as exemplified in Figure 1.

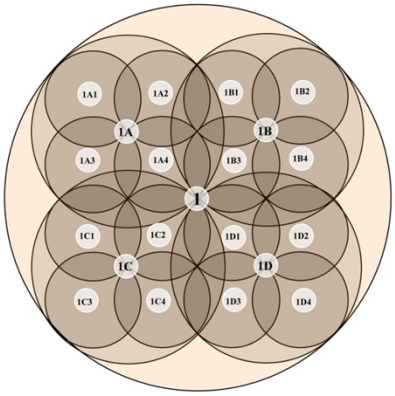


Figure 1 - Sensor Grid

The image represents a larger sensor, called sensor 1, containing four other sensors 1A-1D, with a 50% radius, and then 16 other smaller sensors, e.g. 1A1, with 25% the radius of the larger sensor.

B. SpotSensing Service

The architecture of the SpotSensing service is depicted in Figure 2.

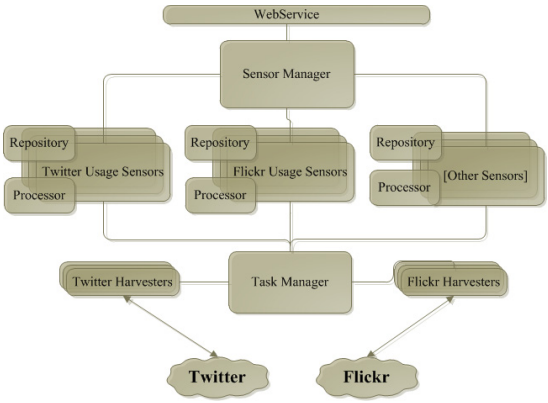


Figure 2 – Architecture of SpotSensing

A web service interface enables clients to request the creation of new sensors and obtain the data they generate. A sensor manager handles all the information about existing sensors and controls their life cycle. The sensing process itself is controlled by sensor modules corresponding to the sensor types that have been requested. A sensor types encapsulates the data processing knowledge associated with a particular form of social sensing. In our initial implementation, we have developed a twitter usage sensor, which will be described in more detail, and a Flickr usage sensor type that obtains data about the images published at a given location and uses the rich meta-data associated with these images, e.g. type of machine used, time elapsed between taking the photo and publishing, tag density, authors diversity and others to generate a number of metrics about photo practices that may also be relevant indicators about the nature of places. Each sensor type knows how to generate the appropriate sensing tasks and how to store the respective data. A Data Repository represents the data collected for a particular type of data source and it is from this data that the sensor output will be generated.

The Task Manager accepts sensing tasks from sensors. A sensing task specifies a periodic data collection process to be conducted on a specific data source. Whenever a new sensor is activated, it needs to generate the sensing tasks that will satisfy its data needs. A Data Harvester is the element responsible for generating the queries to the data source according to the appropriate periodicity. It optimizes the queries associated with a particular data source and periodically retrieves from those data sources the data needed for the currently active sensors. A single sensing task may create multiple Data Harvesters to distribute the load or overcome any limits imposed by data sources.

C. Twitter Usage Sensor

The Twitter Usage Sensor is one of the two types of sensor that we have implemented as part of this study. It supports the generation of information about Human activity in a specific location, as seen from twitter activity.

Twitter may be classified as a micro-blogging tool in which people can share individual messages not exceeding 140 characters. Given the limitations in message size, microblogging is particularly suited for a faster mode of communication in which messages are frequently produced as part of daily life. With the growing popularity of mobile clients for twitter, location information can be easily recorded, and thus an increasing number of tweets are generated with location information as meta-data. The messages may also include a set of codes from which additional information can be inferred, such as the status or mood of the sender or the message target.

The creation of a Twitter usage sensor in the SpotSensing system can be accomplished by specifying the following parameters.

- The coordinates where the sensor is to be deployed.
- The radius of the coverage area of the sensor
- The time granularity to be used for data update.
- A Location Mode that defines whether the sensor should consider only tweets with geographic coordinates or whether it should also consider tweets associated with location through location names.

Access to the twitter API is conducted by specialized twitter harvesters. The Twitter API is based on a RESTful paradigm and provides access to geo-referenced tweets, including all their meta-data, and respective authors.

The Twitter API enforces some limitations on the request rate and number of results that can be obtained. The limitations are based on the IP address of the requester and limit the number of requests to 350 per hour. The API requests may include a definition of the number of tweets to return per page, up to a max of 100, and the page number (starting at 1) to return, up to a max of roughly 1500 results (meaning 15 pages and 100 results per page). Regarding location scoping, the search requests may specify a radius parameter with a minimum of 1 Km.

Multiple harvesters may be used collaboratively in the context of a single sensing task. The periodicity with which they will contact the API is determined by the time granularity specified for the sensor, but also by its coverage radius. An harvester collecting data for a large sensor, will have to make more frequent connections to the data source in order to avoid limitations on the number of tweets retrieved from the API.

The information collected by twitter harvesters is then processed to extract the information that will be exposed by the sensor. The tweets themselves are not part of that information and are only kept for the time needed to process them.

The information exposed by this Twitter usage sensor, includes generic sensor information and usage metrics. The sensor data includes the date of the sensor's deployment, the sensor area in Km^2, the total number of days and the total number of hours in which data was sensed. The usage metrics for the sensing period are as follows:

- The number of tweets;
- The number of tweets sent from one user to another (i.e. dialogs);

- The number of tweets written in English;
- The number of unique users generating tweets;
- The number of followers (i.e. users that add another users as their friends following their tweet's updates);
- The number of tweets sent from specific devices, e.g iPhone or Blackberry;
- The number of tweets with specific emotions tags, links and Retweets (i.e. tweets with the tag "RT", referring someone's tweets).

IV. EVALUATION

The evaluation of the system was conducted through the virtual deployment of a number of twitter-based sensors and the analysis of the data generated by those sensors. The main objectives of this evaluation were as follows:

- To assess the viability of twitter-based sensors in terms of the respective data density and granularity;
- To assess the reliability of the location information associated with tweets;
- To assess the ability of Twitter Usage Sensors to produce distinguishing data across different types of places.

A. Sensor Deployment

A key decision in our study was where to deploy the sensors. Given that different locations may have very different patterns of twitter usage, the chosen location could have a major impact on the conclusions of the study. We have chosen to go for a location that could maximize the number of tweets generated per location, and thus chose a large city, more specifically London. This approach presents two main advantages: The first is that it makes the bias of the location choice more clear, i.e. whatever results we get, they are clearly for highly urban settings with highly connected populations. The second advantage is that this gave us the opportunity to explore the sensors where they are more likely to be effective and therefore generate more relevant findings.

A second decision was how many sensors to deploy, their size and their dispersion. Considering the multiple objective of the study, we have chosen to deploy two sets of Twitter-based sensors. The first set was a sensor grid as represented in Figure 1. This grid includes a total of 21 sensors carefully placed to guarantee the containment of the smaller sensors into the larger ones. We thus had 16 small sensors with a 2 kilometers radius. Each group of 4 of those small sensors was contained within a medium-sized sensor with a 4 kilometers radius. These 4 medium-sized larger sensors were in turn contained within a large sensor with an 8 kilometers radius, encompassing the entire study area. This grid was mainly designed to assess the reliability of geographical containment and the effect of sensor size in the effectiveness of the sensing process. It has allowed us to compare the effects of sensor size in the ability to capture tweets.

The second sensor set was created to generate information about specific places. We have identified several locations corresponding to parks, stadiums, airports, residential places, touristic sites and others, as listed in TABLE 1.

TABLE 1 - SENSORS FROM INDIVIDUAL PLACES

Name of the place	Type of place	Radius (Km)	Number of tweets per hour and per km²
Emirates Stadium	Stadium	0,25	29,0
Buckingham Palace and Garden	Park	0,5	26,2
Big Ben and Houses of Parliament	Landmark	0,2	304,9
Westminster Abbey	Landmark	0,2	450,6
Legoland Windsor	Park	0,64	2,5
London City Airport	Airport	2	2,1
Richmond Park	Park	2	0,2
Bristol Zoo and Westbury Park	Park	2	0,7
Hyde Park	Park	1,5	12,1
Gatwick Airport	Airport	1,5	1,0
Heathrow Airport	Airport	2	0,8
Luton Airport	Airport	2	0,5
London Southend Airport	Airport	2	0,7
Stansted Airport	Airport	2	0,2
Stamford Bridge Stadium	Stadium	0,3	104,6
Queens Park Rangers FC	Stadium	0,2	64,9
The New Den Statium	Stadium	0,2	43,2
Walthamstow Greyhound Stadium	Stadium	0,2	36,0
Arsenal Stadium	Stadium	0,2	77,7
Lloyd Park	Park	0,2	28,7
City Hall (London)	Landmark	0,2	166,9
London Business school	Landmark	0,2	100,3
British Museum	Museum	0,2	147,8
St Paul's Cathedral	Landmark	0,15	110,0
The Bank of England	Landmark	0,15	111,5
The Tower of London	Landmark	0,2	44,6
Tower's Bridge	Landmark	0,3	19,1
St Mary Axe	Landmark	0,5	12,9
The O2 (Millennium Dome)	Landmark	0,25	58,8
The SIS Building AKA the MI6	Landmark	0,15	84,0
Natural History Museum	Museum	0,15	112,4
Royal College of Art	Landmark	0,15	61,8
Lord's Cricket Ground	Stadium	0,2	91,4
Regent's Park	Park	0,7	2,7
BBC Television Centre	Landmark	0,15	111,4
Imperial War Museum	Museum	0,15	299,8
County Hall London	Landmark	0,18	105,4
Royal Festival Hall	Landmark	0,15	134,6
Royal National Theatre	Landmark	0,14	147,5
St Pancras Station	Station	0,2	48,5
Charing Cross Railway Station	Station	0,15	142,1
Ministry of Defence HQ	Landmark	0,11	1402,1
Cardinal Place London	Landmark	0,2	52,7
The National Gallery	Landmark	0,2	95,6
Haggerston Park	Park	0,25	32,2
Kennington Park	Park	0,4	10,2
Battersea Park	Park	0,6	3,5
Burgess Park	Park	0,9	4,5
Southwark Park	Park	0,5	6,9

The size of the geographical scope of these sensors was determined according to the size of the places to which they were attached. Despite the circular nature of the sensors, we tried to define the respective location and size in a way that provided the best possible match with the boundaries of the place.

The data collection took place during a period of 14 weeks, between March and June 2010. During this period, the deployed sensors have collected approximately 2027431 tweets.

B. Results regarding viability

The first objective of the evaluation was to assess the viability of these twitter-based sensors in terms of the respective data density and granularity. There were at least two key

dimensions that could be considered: the technical viability of the data collection process and the ability to generate enough data for at least some of the envisioned scenarios.

Regarding technical viability, the main risk we have identified was the possible incompatibility between this usage of twitter data and the limitations imposed by twitter's API Terms of Service. In particular, the limits on the number of requests and tweets returned per request could mean that in a sensor with very high number of tweets, some tweets could be lost between requests. Therefore, a large sensor could theoretically collect fewer tweets than a set of smaller sensors corresponding exactly to the same area.

Regarding the data density generated by sensors we were particularly concerned about the granularity of the sensors, or in other words, how small could they be and still generate meaningful data. Our measure for tweeting density was based on the number of tweets per square Km per hour.

$$\boldsymbol{Tweeting\ Density} = \frac{\#\text{tweets}}{Km^2 * \#hours}$$

These density numbers are included in TABLE 1, for each of the places selected for sensing, and in TABLE 2, for the sensors created as part of the sensor grid.

TABLE 2 - SENSORS FROM THE GRID

Grid Level	Radius (Km)	Number of Sensors	Number of tweets per hour and per km²
Level 1	8	1	4,6
Level 2	4	4	5,6
Level 3	2	16	5,8

The numbers show that the density of the larger sensor is smaller. This may be consistent with the observation that during the data collection, the limits imposed by the Twitter service have occasionally been reached for this larger sensor, suggesting that a reliability threshold may be close to the 8km radius. The numbers also suggest that most locations, even the smaller ones, are able to sustain a continuous and significant tweeting flow. Whether or not the density values obtained in this study would be enough, will depend very heavily on the nature of the intended applications. For applications requiring real-time short-term data input, data density will be more critical. For applications that take a more long-term perspective of the data, e.g. place characterization, even much lower data densities may be enough for meaningful usage.

C. Results regarding geographical scoping

When the harvester makes a request to the twitter API, it specifies the coordinates of the center and a radius. The tweets returned as part of this request are all tweets that have been somehow connected with a particular location. In some cases, this corresponds directly to coordinates of the location, mainly when using mobile clients. In other cases, however, this has been done indirectly by associating a specific location name to the location of the person making the tweet, and then by mapping the coordinates of that location into the area specified in the request to assess whether or not it fits inside the geographical scope of the query.

The grid sensor set was conceived to combine in a single collection process multiple granularities and facilitate the study of the effectiveness of geographical scoping in the data collection process. TABLE 3 shows the number of tweets that have been detected by the grid sensors using each of those association methods. The numbers for the smaller sensors do not consider the repeated tweets that have been sensed more than once by each of those sensors.

TABLE 3 - RESULTS FOR THE SENSORS IN THE GRID

Sensors	Total of Sensors	Radius (Km)	Geo Located Tweets	Alfa Located Tweets	Total
1	1	8	1348952	429592	1778544
1A-1D	4	4	1302840	348974	1651814
1A	1	4	442411	69100	511511
1A1-1A4	4	2	405862	54548	460410
1B	1	4	521075	150638	671713
1B1-1B4	4	2	443128	110223	553351
1C	1	4	391457	100233	491690
1C1-1C4	4	2	308793	70665	379458
1D	1	4	433922	38432	472354
1D1-1D4	4	2	376735	31898	408633

We can observe from the table how the number of tweets obtained with smaller sensors compares with the number of tweets obtained from their containing sensor. The number of tweets sensed by the larger sensor is consistently bigger, but this was expectable considering that its coverage area is also bigger than the union of the coverage areas of the contained sensors.

Regarding the use of location names, we can observe that, even though location names are a relevant part of location-based tweets, about 81% of those tweets are associated with specific coordinates. The use of location names has revealed to be less reliable. Another limitation specified in the Twitter API with the use of names is that the data collection process can only be done with a minimum 1km radius. This limit does not apply to queries with geographic coordinates. We could refine this on the SpotSensing service by using the coordinates directly, but the process would be much more complex if name locations are included, as we would have to do our own mapping from location names into geographical coordinates. These results suggest that when tweeting density is critical, both methods should be used to increase the number of tweets considered. However, if the reliability of location information is more important, then only tweets with coordinates should be considered. This has lead us to include this option in the operation parameters of the twitter usage sensor.

D. Results regarding Place characterisation

The final objective of the study was to explore to what extent the data collected at different locations could provide relevant hints about the type of place being sensed, possibly providing some perception about the different nature of those places. For this part of the study we have analyzed the data collected from the sensors deployed in the various places. TABLE 4 summarizes the aggregate results obtained for the main place categories.

TABLE 4 - RESULTS FROM THE INDIVIDUAL SENSORS

	Airport	Landmark	Museum	Park	Stadium	Station
# Unique Tweets	101555	220053	13253	244737	93392	17995
# Unique Users	8293	24869	3241	18874	6254	3656
# Sensors	6	19	3	12	7	2
# Tweets/Sensor	16926	11582	4418	20395	13342	8998
# Tweets/Km²/hour	5	3575	560	130	447	191
# Users/Km²	119	8979	12137	459	5647	18620
% Users with a iPhone	6%	5%	13%	8%	7%	15%
% of Dialogs	31%	29%	35%	34%	29%	33%
% of English Tweets	86%	81%	86%	82%	63%	86%
% Tweets with Emotion-Tags	9%	8%	8%	10%	11%	8%
% Geo-Tweets	78%	40%	89%	61%	22%	87%
% Retweets	13%	18%	15%	14%	11%	15%

These results show how different types of place can generate different tweeting practices and open the possibility for extending this type of process for uncovering new information about places.

V. CONCLUSIONS

The results obtained from this exploratory study suggest that the overall concept of location-based social web sensor, may indeed be a viable concept.

Regarding technical viability we have studied the effect of service access limitations, which would impose a limit on the maximum size of sensors, and data density, which would impose a minimum size for sensors. We have found no problems for the sizes used in our study: 8km radius for large sensors and 2km radius for small ones. Again, in regions with less significant twitter activity, the minimum size for a meaningful twitter sensor could have to be larger, depending on the intended applications.

These types of problems will also depend on the nature of the services. For example, for a Flickr sensor, there are fewer limitations because time is not so critical, i.e. it is possible at anytime to obtain all the previously published photos at a given location, and therefore there is no risk of losing data.

Regarding the ability of the sensors to generate meaningful data about places, we have not developed any type of inference process based on sensor data, as our goal was only on the sensor concept. Still, we have shown that there are clearly distinguishing parameters that can be sensed, and therefore there is a potential to use these sensors as a source for multiple types of reality mining processes.

A. Future Work

An obvious additional feature would be to consider the tweets content, which we have not address, except for content related meta-data such as the language. For example, the words more used in a particular place could provide an important basis for characterizing that place. Also, considering that we have not explored the real applications of this sensing system, future work should consider to what extent the abstractions provided by these sensing services could be used to support inference processes that so far have been done using ad-hoc data collection processes.

REFERENCES

[1] E. Miluzzo et al., “Sensing meets mobile social networks: the design, implementation and evaluation of the CenceMe application,” in *Proceedings of the 6th ACM conference on Embedded network sensor systems*, pp. 337-350, 2008.

[2] A. T. Campbell, S. B. Eisenman, N. D. Lane, E. Miluzzo, e R. A. Peterson, “People-centric urban sensing,” in *Proceedings of the 2nd annual international workshop on Wireless internet*, p. 18, 2006.

[3] F. Rojas, F. Calabrese, S. Krishnan, e C. Ratti, “Real Time Rome.”

[4] B. P. Pál e P. Scientist, “SensorPlanet: An open global research framework for mobile device centric Wireless Sensor Networks,” in *MobiSensors: NSF Workshop on Data Management for Mobile Sensor Networks, Pittsburgh*, 2007.

[5] E. Paulos e T. Jenkins, “Urban probes: encountering our emerging urban atmospheres,” in *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, pp. 341-350, 2005.

[6] B. Hull et al., “CarTel: a distributed mobile sensor computing system,” in *Proceedings of the 4th international conference on Embedded networked sensor systems*, pp. 125-138, 2006.

[7] M. R. Ebling e R. Cáceres, “Gaming and Augmented Reality Come to Location-Based Services,” *IEEE Pervasive Computing*, vol. 9, n. 1, pp. 5-6, 2010.

[8] A. Popescu e G. Grefenstette, “Deducing trip related information from flickr,” in *Proceedings of the 18th international conference on World wide web - WWW '09*, p. 1183, 2009.

[9] “Tweet-o-Meter - Giving you an insight into Twitter activity from around the world!.” [Online]. Available: http://www.casa.ucl.ac.uk/tom/. [Accessed: 11-Fev-2011].

[10] T. Fujisaka, R. Lee, e K. Sumiya, “Detection of Unusually Crowded Places through Micro-Blogging Sites,” in *2010 IEEE 24th International Conference on Advanced Information Networking and Applications Workshops*, pp. 467-472, 2010.

[11] S. Abrol e L. Khan, “Tweethood: Agglomerative Clustering on Fuzzy k-Closest Friends with Variable Depth for Location Mining,” in *2010 IEEE Second International Conference on Social Computing*, pp. 153-160, 2010.

E-marketing nas empresas Madeirenses

Práticas e potencialidades percepcionadas.

Sandro Sousa
UMa – Universidade da Madeira
GPC – Gabinete de Planeamento, Projectos e Cooperação
Funchal, Portugal
sandrosousa@uma.pt

Mário Sérgio Teixeira
UTAD – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro
CETRAD – Centro de Estudos Transdisciplinares para o Desenvolvimento
Vila Real, Portugal
mariosergio@utad.pt

Ramiro Gonçalves
UTAD – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro
GECAD - Grupo de Investigação em Engenharia do Conhecimento e Apoio à Decisão
Vila Real, Portugal
ramiro@utad.pt

***Resumo* - O e-marketing, que surgiu como uma variante do marketing convencional, tem demonstrado ao longo dos últimos anos cada vez mais o seu potencial. Através da internet e com recurso às novas tecnologias é possível comunicar com um cada vez maior numero de potenciais clientes em todo o mundo, e criar valor na empresa. Com o e-marketing surgiram novas técnicas de negócio suportadas na Internet que permitiram melhorar a relação com o cliente, a distribuição e promoção de produtos e serviços e aumentar o rendimento das empresas. A variedade de técnicas de e-marketing existentes permite às empresas uma vasta oportunidade de escolhas consoantes as suas necessidades. O projecto de investigação apresentado neste artigo teve como objectivo, através da realização de um questionário saber quais as técnicas de e-marketing mais utilizadas pelas empresas na Região Autónoma da Madeira e quais os resultados que advêm dessa utilização.**

Palavras-chave - e-marketing-, empresas.

I. INTRODUÇÃO

A utilização da internet por utilizadores particulares e empresas aumentou ao longo dos anos e nos dias de hoje é difícil imaginar o mundo dos negócios sem o uso dos meios de comunicação electrónicos (Stormer & Meier 2009).

Ao longo dos anos mais pessoas usam a internet, em vez de livros, páginas amarelas, bibliotecas, stands de automóveis, departamentos de vendas ou agentes imobiliários, para procurarem informação (McKinsey, 2007). O negócio electrónico pode ser definido como uma partilha de informação de negócios, a preservação das relações comerciais e da direcção das transacções comerciais através de redes de comunicação (Zwass, 2003).

Numa sociedade em que o acesso à internet e às novas tecnologias está cada vez mais facilitado, as empresas procuram cada vez mais formas de divulgar os seus produtos e serviços. Dessa necessidade e fortemente apoiado nas potencialidades da Internet, surgiu o *e-marketing*, uma variante do Marketing convencional que se traduz na utilização das tecnologias de informação e comunicação no processo de criação, comunicação, fornecimento de valor aos consumidores e gestão das relações com os clientes.

O e-marketing utiliza como ferramentas principais a World Wide Web, E-commerce, E-mail, e-newsletter's[1], Motores de Busca, Fóruns e Banners, sendo desta forma possível chegar a milhões de pessoas quase instantaneamente e com custos muito reduzidos (Shipside, 2002). Mas o que o torna mais importante do que as outras vertentes do marketing é a interactividade, que possibilita estabelecer um diálogo com os consumidores. Com o crescimento da internet, o aparecimento de dispositivos que se podem ligar à rede aumentou exponencialmente possibilitando a exploração de novas vertentes de e-marketing. Para além dos dispositivos mais comuns, computador de secretária ou portátil, surgiram outros, como a televisão interactiva, quiosques interactivos, telemóveis e PDA's, que, com o aparecimento das tecnologias sem fios, como o 3G, SMS (Short Messaging Service) HSDPA (High Speed Data Packet Access), Wap (Wireless Application Protocol) e Bluetooth tornou possível transferir e interpretar conteúdos em dispositivos móveis.

Este artigo resulta de um trabalho de investigação realizado às empresas da região autónoma da Madeira que procura identificar as suas práticas de e-marketing e encontra-se dividido em V secções. Depois da presente introdução, na secção II vamos fazer um enquadramento teórico, abordando conceitos e técnicas utilizadas no e-marketing, após o que falaremos da amostra e das metodologias utilizadas nesta investigação. Por fim, apresentaremos a análise dos resultados obtidos no trabalho empírico e faremos as considerações finais.

II. E-MARKETING

O e-Marketing, também conhecido por *Online Marketing* segue as mesmas normas do Marketing tradicional, este é aperfeiçoado e as relações empresariais são fortificadas

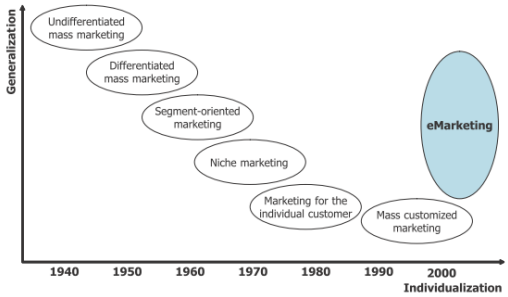
[1] Designa-se por *e-newsletter* uma publicação distribuída regularmente por *email* que contém pelo menos um tópico de interesse para os seus subscritores.

através da utilização da internet (Stormer & Meier 2009). Para Chaffey (2006), *e-marketing* pode ser considerado equivalente a internet marketing, no entanto o *e-marketing* é, por vezes, considerado mais abrangente visto referir-se à tecnologia digital como a Web, e-mail e wireless, incluindo também os sistemas de gestão digital de dados do cliente e gestão da relação com o cliente. Através da sua aproximação aos clientes, campanhas publicitárias *online* e da utilização de canais de *media* digital, o e-Marketing consegue estar no centro do e-Business (Chaffey & Smith, 2008).

O e-Marketing tem impacto em todos os aspectos do Marketing tradicional, desde a estratégia ao planeamento através do marketing-mix, estudo do comportamento do consumidor e pesquisa de marketing (Chaffey & Smith, 2008). Segundo Stormer & Meier (2009) a bem conhecida fórmula AIDA (*Attention, Interest, Desire, Action*) ainda é válida e o site deve chamar a atenção aos utilizadores, despertar interesse, criar desejo e as vendas devem aumentar.

O marketing tornou-se cada vez mais individualizado e personalizado (Fig. I), e ao contrário do que seria de esperar, a individualização e personalização do marketing não tem grandes custos associados. Através da utilização de meios de comunicação electrónicos, multimédia e software, consegue-se uma personalização mais económica.

FIG I. TRANSFORMAÇÃO DO MARKETING GENERALIZADO PARA MARKETING INDIVIDUALIZADO



Fonte: Stormer & Meier

Segundo Chaffey & Smith (2008), o *e-marketing* é capaz de identificar, antecipar e satisfazer as necessidades dos clientes eficientemente: Identificar as necessidades dos clientes através dos seus comentários, pedidos e reclamações efectuados através do website e email da empresa; Antecipar as necessidades dos clientes através de questões e diálogos construídos com base na confiança adquirida; Satisfazer as necessidades com a prontidão de resposta, estado de encomendas, lembretes e serviço pós-venda combinado com um diálogo dinâmico. Eficientemente significa de forma automatizada ou parcialmente automatizada, mas não de forma impessoal.

O *e-marketing* desenvolve uma personalização em grande escala através do fortalecimento individual e interactivo das relações focalizadas no cliente, através da multimédia e processamento online (Stormer & Meier, 2009). O termo "multimédia" refere-se a vários tipos de *media* combinados, texto, imagem e som. Devido à *media* impressa não ter interactividade e à fraca interactividade da rádio e da televisão, a internet e os dispositivos móveis são interactivos por natureza.

As empresas utilizam a internet como veículo para chegar aos clientes em todo o processo de tomada e decisão. De acordo com dados do estudo da Mckinsey (2007), em 2010 seria de esperar que a maioria dos clientes descobrissem novos produtos ou serviços online, e pelo menos um terço efectuasse compras através desses meios. Através do estudo foi possível perceber que as empresas respondentes mostram muito interesse na Web 2.0[2] e nos seus canais emergentes.

Para além dos canais emergentes, outros já com algum tempo têm vindo a ser utilizados, onde se destacam:

E-mail Marketing - é uma forma de marketing directo que utiliza os meios de comunicação electrónicos com a finalidade de entregar mensagens comerciais a um público-alvo e criar e gerir relações com os clientes (Stokes, 2008). Mesmo sendo uma das mais antigas formas de *e-marketing*, o E-mail Marketing continua a ser uma das mais poderosas e eficientes. Esse poder e eficiência devem-se ao facto dos custos serem reduzidos, do seu grau de personalização ser elevado e de ser fortemente direccionado.

Publicidade online - abrange publicidade em motores de busca, publicidade em e-mails e qualquer outra forma em que os publicitários usem a internet. Seja online ou off-line, o objectivo da publicidade é aumentar o nível de vendas e estimular o consumidor a satisfazer as suas necessidades.

Marketing de afiliado - é um programa onde se estabelece um acordo com outras entidades que irão promover o nosso produto e enviar tráfego para o nosso website (Eley & Tilley, 2009). Em troca desta promoção de conteúdos são pagos bónus após o visitante ter completado uma certa tarefa no nosso website.

Marketing em meios sociais - baseia-se simplesmente na utilização dos meios sociais para promover produtos e empresas (Barefoot & Szabo, 2010). Este tipo de marketing deve ser um subconjunto das acções de *e-marketing* de uma empresa, complementando as tradicionais estratégias tais como e-mail marketing e campanhas de publicidade online.

Marketing viral - baseia-se em passar informação aos amigos, acerca de meios, produtos ou serviços que gostamos" (Barefoot & Szabo, 2010). É uma técnica que explora os meios sociais já existentes de modo a "espalhar" os conhecimentos de uma marca pelos utilizadores dessas comunidades. Cada utilizador dessa comunidade passa a informação para outro e assim sucessivamente, criando-se uma espécie de corrente. Com alguma sorte uma campanha de marketing viral pode ser bem sucedida mas se não houver aceitação por parte dos utilizadores, pode falhar. Para que a velocidade de transmissão seja elevada, tem que existir um factor de espanto, ou seja, tem que causar grande impacto nos utilizadores (Chaffey, 2007).

[2] As tecnologias Web 2.0 baseiam-se em colaborações entre utilizadores, incluem *Web services*, blogues, *podcasts,*e redes sociais online (McKinsey, 2007).

Marketing móvel - é nos dias de hoje uma das grandes apostas das empresas. Com o crescente desenvolvimento dos dispositivos móveis estes tornaram-se essenciais ao dia-a-dia das pessoas. O telemóvel tornou-se um objecto pessoal, sempre ligado e com uma capacidade enorme de comunicação. Como objectos pessoais, os telemóveis não são partilhados tornando-se meios de comunicação exclusivamente direccionados para o seu utilizador (Krum, 2010). Segundo um estudo das empresas InMobi e comScore os consumidores estão a ficar mais confortáveis ao verem anúncios nos seus dispositivos móveis (eMarketer, 2010).

III. Definição da amostra e metodologias utilizadas

Com a rápida evolução das tecnologias de informação e comunicação e a globalização dos mercados, o *e-marketing* torna-se uma escolha viável e acessível monetariamente para a maior parte das empresas de regiões insulares relativamente isoladas em termos geográficos, como é o caso do arquipélago da Madeira.

Antes de seleccionar a amostra definiram-se as seguintes questões de partida:

1. Quais as técnicas de e-marketing mais utilizadas e quais as que reflectiram melhores resultados?
2. Quais as vantagens e desvantagens da utilização do e-marketing nas empresas?
3. Que objectivos permite o e-marketing atingir, através da sua aplicação?
4. Como é que as empresas efectuam o planeamento das acções de e-marketing?
5. Quais as razões para a implementação de uma estratégia de e-marketing?
6. Qual a finalidade do website na empresa?
7. Qual a dimensão e actividade das empresas que utilizam o e-marketing?

Para seleccionar a amostra, primeiramente efectuou-se uma pesquisa de empresas da Região Autónoma da Madeira em várias fontes, entre as quais directórios nacionais e regionais e páginas amarelas. Após ter sido elaborada uma listagem provisória de empresas da região, o requisito eliminatório foi a presença na Web. Com a devida filtragem já efectuada obteve-se uma listagem com 260 empresas. Seguidamente, enviou-se um email com o URL do questionário e uma breve explicação dos objectivos da investigação.

Como resultado desse contacto e após alguma insistência, conseguiu-se a resposta de 111 empresas. De seguida, os dados recolhidos foram sujeitos a uma verificação visual, de modo a verificar o seu correcto preenchimento.

Numa primeira abordagem aos dados, recorreu-se a tabelas de frequência absoluta (N) e relativa (%), sendo também apresentados gráficos de forma a visualizar melhor a distribuição dos resultados obtidos.

As questões contempladas no questionário foram classificadas segunda a sua natureza. Assim, o questionário é composto por variáveis do tipo ordinal que são as que seguem uma escala de *Likert,* nominal onde cada nível de resposta corresponde a um nome/atributo e, por fim, as de escolha múltipla.

De acordo com a natureza das questões e com o objectivo proposto, foram utilizadas um conjunto de técnicas de análise bivariada e multivariada, tais como o teste de Independência do *Qui-Quadrado*, os Coeficientes de Correlação paramétrico de *Pearson* e não paramétrico de *Spearman*, a Análise de Correspondência Múltipla, entre outras.

IV. Análise de resultados

A. Localização Geográfica, Número de Colaboradores e Sector de Actividade.

Neste estudo foram incluídas 111 empresas da Região Autónoma da Madeira, na maioria empresas do Funchal (79,3%), seguindo-se as empresas do Porto Santo (9,0%) e Santa Cruz (5,4%). Com valores abaixo dos 5%, surgem as empresas situadas em Câmara de Lobos (4,5%), São Vicente e Ponta do Sol, abrangendo em cada um destes Concelhos, uma única empresa respondente.

Em relação ao número de colaboradores de cada uma das empresas incluídas na amostra (Fig. II), verificamos que a amostra é, sobretudo, de micro e pequenas empresas, pois temos mais empresas com menos de 10 colaboradores (46,8%) seguidas das que têm entre 10 a 49 colaboradores (35,1%).

FIG II. Número de colaboradores por empresa

Número de colaboradores	N	%
Menor que 10	52	46,8%
10 a 49	39	35,1%
50 a 250	13	11,7%
Maior que 250	7	6,3%
Total	111	100,0%

No que se refere à actividade, verifica-se que 38,7% das empresas exerce a sua principal actividade no comércio por grosso e a retalho ou na reparação de veículos automóveis e motociclos. Seguem-se as empresas cuja actividade principal está relacionada com a consultoria, áreas científicas, técnicas e similares (10,8%), as de transporte e armazenagem (8,1%), as que exercem actividades de informação e de comunicação (7,2%) e as de actividades imobiliárias (6,3%). As restantes actividades registam percentagens na ordem dos 5% ou abaixo.

B. Principais Técnicas de E-marketing Utilizadas pelas empresas da Região Autónoma da Madeira.

De acordo com os valores obtidos, existe a indicação de que as técnicas de *e-marketing* não são muito utilizadas pelas empresas incluídas na amostra, uma vez que os valores mais altos correspondem às empresas que nunca ou raramente recorrem a acções de *e-marketing*. Em destaque, 83,8% destas empresas nunca faz acções de *Mobile Marketing*, mais especificamente para dispositivos móveis, telemóveis ou *PDA´s*.

Outro facto é que sensivelmente metade destas empresas também nunca fazem acções de *Search Engine Marketing*, como forma de melhorar a posição do Website nos motores de busca, acções com recurso a Sistemas de *e-CRM*, que são Sistemas de Gestão de relações com clientes e acções de *Marketing Viral*, mesmo sendo uma forma de fazer passar a mensagem de marketing de pessoa para pessoa através da Internet. Das técnicas de *e-marketing* apresentadas e embora utilizadas por poucas empresas, é de destacar as acções de *E-mail* marketing e as acções de Marketing em Redes Sociais, uma vez que cerca de 26%-27% destas empresas utilizam-nas entre bastante a muito frequentemente.

C. Técnicas de E-marketing que Produziram Melhores Resultados nas empresas da RAM

Para 57,7% das empresas incluídas na amostra, as acções relacionadas com o E-mail marketing, foram as que produziram melhores resultados (Fig.III). A segunda e terceira técnica de *e-marketing* com efeito positivo para a empresa, foram a publicidade Online (19,8%) e o marketing em Redes Sociais (11,7%).

FIG III. TÉCNICAS DE E-MARKETING QUE PRODUZIRAM MELHORES RESULTADOS

D. Vantagens e Desvantagens do E-marketing

Como vantagens do *e-marketing* as opiniões dividem-se entre a facilidade de adaptação (38,7%) e os custos reduzidos (36,0%). Também a boa aceitação por parte dos clientes, para 22,5% dos responsáveis pelas decisões de *e-marketing,* é uma vantagem. Só 3 empresas consideram que o *e-marketing* não tem vantagens, o que representa 2,7% das empresas da amostra.

Quanto às desvantagens, era de se prever o resultado obtido quando 68,5% das empresas considera que o *e-marketing* não tem desvantagens, de acordo com os resultados da questão anterior. No entanto, para aproximadamente 20% dos responsáveis pelas decisões de *e-marketing* destas empresas, a resistência por parte dos clientes é uma desvantagem. A resistência por parte dos funcionários, é uma desvantagem na opinião de 8,1%, enquanto os custos acrescidos são a desvantagem apontada para 3,6% das empresas.

E. Factores Mais Relevantes na Selecção das Técnicas de E-marketing

Ao que tudo indica, a opção pelo *E-mail* marketing e pelo Marketing em Redes Sociais tem a ver com o facto de serem as técnicas de *e-marketing* que apresentam custos mais baixos, na opinião de 45,9% da amostra, enquanto para 25,2%, isso deve-se à sua facilidade de implementação.

Ainda é de referir que 18,0% dos responsáveis pelas decisões de *e-marketing* destas empresas, consideram que a selecção das técnicas de *e-marketing* utilizadas justifica-se pela familiarização com as mesmas. Por outro lado, o sector de actividade da empresa e o segmento de mercado alvo a atingir, não são factores muito relevantes na selecção das técnicas de *e-marketing* destas empresas.

F. Objectivos Atingidos Através do E-marketing

Através da análise dos dados recolhidos, verificou-se que neste grupo de questões todos os inquiridos estiveram divididos entre duas opções. De referir que na opção Atingir os objectivos definidos, 55,9% não têm opinião definida e 27,0% concordam que o *e-marketing* lhes permitiu atingir os objectivos definidos. Relativamente ao *e-marketing* permitir uma maior promoção dos produtos e serviços, as empresas inquiridas não têm dúvidas quanto à sua resposta, com 48,6% a concordarem e 39,6% a concordarem totalmente.

G. Planeamento das Acções de E-marketing

Atendendo ao que os dados indicam, pode-se afirmar que as próprias empresas da RAM concebem/propõem as suas acções de *e-marketing* (69,4%) e também as executam (80,2%). Estas respostas podem justificar-se através da preocupação em reduzir custos com as iniciativas de promoção das empresas (Fig. IV)

FIG IV. PLANEAMENTO DAS ACÇÕES DE E-MARKETING

	Empresa especializada		Própria empresa		Freelancer		Outra		Total	
	N	**%**	**N**	**%**	**N**	**%**	**N**	**%**	**N**	**%**
Quem concebeu/ propôs as acções de e-marketing?	26	23,4%	77	**69,4%**	8	7,2%	0	0,0%	111	100,0%
Quem executou as acções de e-marketing?	15	13,5%	89	**80,2%**	7	6,3%	0	0,0%	111	100,0%

H. Elaboração de um plano de e-marketing

As empresas inquiridas revelaram algum desconhecimento acerca da elaboração de planos de *e-marketing*, tendo em conta que 42,3% dos inquiridos responderam NS/NR/NA. Só

23,4% afirmam ter elaborado um plano de marketing (contra 34,2 que dizem que não o elaboraram).

I. Razões da Implementação do E-marketing na Empresa e Público-alvo.

A promoção de produtos e serviços foi a razão mais escolhida, com cerca de 35,1% da taxa de resposta. De referir ainda que a redução de custos obteve uma percentagem significativa (18,0%), levando-nos a crer que os empresários estão cientes das principais vantagens do e-marketing (Fig. V).

FIG V. RAZÕES DA IMPLEMENTAÇÃO DO *E-MARKETING* NA EMPRESA

	N	%
Reduzir custos	20	18,0%
Desenvolver novas áreas de negócio	14	12,6%
Internacionalizar a empresa	7	6,3%
Fidelização de clientes	6	5,4%
Captação de novos clientes	18	16,2%
Apostar na diferenciação	7	6,3%
Promover produtos e serviços	39	**35,1%**
Total	111	100,0%

No que se refere aos públicos-alvo, a amostra revelou estar direccionada, quase na totalidade, para os consumidores finais (77,5%, contra 2,7% que pretendem atingir os revendedores e 2,7% que pretendem atingir ambos os públicos).

J. Finalidade do Website nas Empresas

A maior parte das empresas optaram por contratar empresas especializadas para o desenvolvimento do seu website e só 28 respondentes (25,2%) afirmam ter desenvolvido o seu website.

No que diz respeito aos objectivos do desenvolvimento do website, 47,7% dos respondentes afirmou que o objectivo principal era "divulgar os objectivos e missão da empresa" seguido por "divulgar os produtos e serviços da empresa" (31,5%). Estas duas respostas garantem-nos que os websites funcionam apenas como plataforma de divulgação da empresa.

Quanto à importância do website, as empresas foram confrontadas com duas questões: "Qual a importância do website para o desenvolvimento da empresa" e " Qual a importância que os clientes dão ao website da empresa".

Em relação à primeira questão, a esmagadora maioria dos respondentes (86,5%) escolheu a opção "Muito importante", o que nos leva a perceber que o website trouxe benefícios à empresa, consequência provável da divulgação da empresa online.

Na segunda questão, as opiniões já não são tão direccionadas, pois só 41,4% dos respondentes afirmaram que os clientes dão muita importância ao website. Uma explicação provável para esta resposta é o facto de as empresas terem recebido feedback positivo em relação ao website, quer tenha sido por iniciativa do cliente ou da própria empresa. Os 40,5% de respostas referentes à opção "NS/NR/NA" leva-nos a crer que as empresas apesar de possuírem website, não têm qualquer informação quanto à sua utilidade por parte dos clientes.

K. Técnicas de E-marketing Utilizadas Segundo o Número de Colaboradores e o Concelho de Localização da Empresa

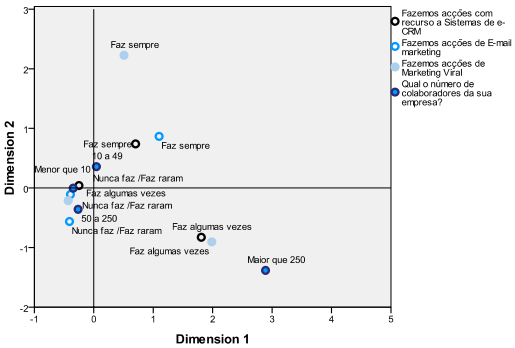
1) Número de colaboradores

Após o resultado do teste de Independência do Qui-Quadrado, ficou provado que o número de colaboradores influencia significativamente a utilização de algumas técnicas de e-marketing, e-mail marketing, marketing viral e sistemas de e-CRM.

Quando testada a hipótese de independência entre a utilização destas três técnicas de *e-marketing* e o número de colaboradores da empresa, o *sig.* obtido foi inferior a 0,05, rejeitando assim a hipótese referida. Sob estas condições é que podemos afirmar que a frequência com que são utilizadas estas três técnicas de *e-marketing*, depende significativamente do número de colaboradores que a empresa tem. Desta forma recorreu-se à Análise de Correspondência Múltipla (MCA) de forma a encontrar os grupos de empresas que provocam a associação significativa.

Como resultado da Análise de Correspondência Múltipla surge o gráfico (Fig.VI) com as duas dimensões que englobam a frequência com que são utilizadas as acções de e-mail marketing, marketing viral e as que recorrem a sistemas de e-CRM e o número de colaboradores que estas empresas têm. Os *Alphas* de *Cronbach* obtidos em cada uma das dimensões 1 e 2 foram de 0,676 e 0,738, respectivamente, o que sendo superiores a 0,6 torna a consistência interna de cada uma das dimensões admissível.

FIG VI. ANÁLISE DE CORRESPONDÊNCIA MÚLTIPLA



Verifica-se então que nas empresas com mais de 250 colaboradores, existe um grupo homogéneo de empresas que garantidamente recorre algumas vezes às acções que têm recurso a sistemas de e-CRM assim como às acções de marketing viral. Já nas empresas com 50 a 250 colaboradores,

existe uma tendência para nunca fazerem acções de e-mail marketing e de marketing viral. Quanto às empresas que têm entre 10 a 49 colaboradores a tendência é para fazerem sempre acções com recurso a sistemas de e-CRM e, também, acções de e-mail marketing e de marketing viral. Por fim as empresas de dimensão mais pequena, ou seja, as que têm menos de 10 colaboradores, apenas podem ser identificadas com as que nunca fazem acções com recurso a sistemas de e-CRM.

2) Concelho de Localização da Empresa

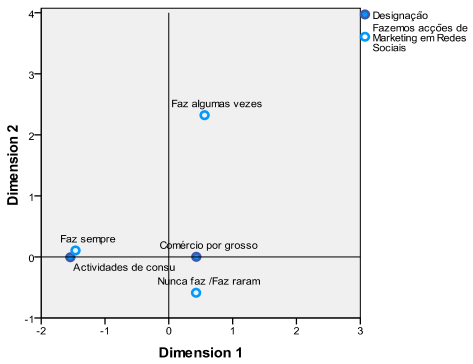
Perante o resultado do teste de Independência do *Qui-Quadrado*, não podemos afirmar que existe associação significativa entre o tipo de técnicas de *e-marketing* utilizadas por estas empresas e o Concelho onde exercem a sua actividade. Esta afirmação tem por base os *sig.´s*, que, sendo todos superiores a 0,05, não permitem rejeitar a hipótese de independência entre a frequência com que são utilizadas as técnicas de *e-marketing* e o Concelho onde está situada a empresa.

3) Actividade da Empresa

Uma vez que existem muitas actividades, apenas foram incluídas nesta fase do estudo as que obtiveram percentagem superior a 10% que foram duas: as que exercem a sua actividade no comércio por grosso e a retalho ou na reparação de veículos automóveis e motociclos (38,7%) e as que têm a sua actividade principal relacionada com a consultoria, áreas científicas, técnicas e similares (10,8%).

De acordo com os resultados do teste de Independência do Qui-Quadrado, verificou-se que existia uma relação significativa entre a frequência com que as acções de marketing em redes sociais são utilizadas e a actividade que a empresa exerce. Desta forma, recorreu-se novamente à Análise de Correspondência Múltipla de forma a encontrar os grupos de empresas responsáveis pela relação significativa (Fig.VII).

FIG VII. ANÁLISE DE CORRESPONDÊNCIA MÚLTIPLA ENTRE A CAE E A VARIÁVEL MARKETING EM REDES SOCIAIS



Na figura anterior os níveis da designação da actividade exercida pela empresa encontram-se sobre o eixo do zero ao longo da dimensão 1, pelo que apenas vamos falar de uma tendência para a existência dos grupos homogéneos criados. Outro motivo para se falar apenas de uma tendência é que os *Alphas* de *Cronbach* obtidos em cada uma das dimensões foram inferiores a 0,6, pelo que torna a consistência interna inadmissível.

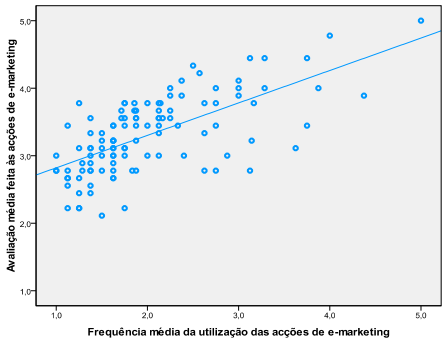
Assim, existe uma tendência para que sejam as empresas de consultoria, das áreas científicas, técnicas e similares as que fazem sempre acções de marketing em redes sociais enquanto as de comércio por grosso e a retalho ou de reparação de veículos automóveis e motociclos, tendencialmente são as que nunca fazem acções deste tipo.

L. Avaliação Média feita às Acções de e-marketing e a sua Frequencia Média de Utilização

Quando testada a hipótese da variável que mede a frequência média da utilização das acções de *e-marketing* destas empresas seguir uma distribuição normal, o *sig.* obtido foi inferior a 0,05, pelo que temos de rejeitar a hipótese de distribuição normal. Embora na variável que mede a avaliação média feita às acções de *e-marketing*, exista distribuição normal (pois o *sig*. obtido foi superior a 0,05, não rejeitando a hipótese da normalidade), temos de recorrer ao Coeficiente de Correlação não paramétrico de *Spearman*, porque não está reunido o pressuposto da normalidade em ambas as variáveis.

Segundo os resultados do coeficiente de Correlação de Spearman (Fig. VIII) podemos verificar que existe uma correlação significativa entre a frequência média de utilização das acções de e-marketing e a avaliação feita às mesmas. Assim verificou-se que a utilização moderada das várias acções de e-marketing terá um efeito positivo nos objectivos que a empresa pretende alcançar.

FIG VIII. CORRELAÇÃO ENTRE AS ACÇÕES DE E-MARKETING E A SUA UTILIZAÇÃO.



Verificou-se ainda que as empresas que recorrem sempre ao e-marketing, são as que avaliam mais positivamente o efeito das acções utilizadas, nos objectivos da empresa.

V. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo permitiu verificar a utilização actual do *e-marketing"* pelas empresas da Região Autónoma da Madeira. As empresas inquiridas executam acções de *e-marketing* com alguma frequência e salientam a sua importância para conseguirem atingir os objectivos propostos pela empresa. Algumas têm dificuldade em afirmar seguramente que objectivos foram atingidos, talvez por falta de feedback do cliente, mas verifica-se que uma grande parte da amostra assume que os objectivos descritos anteriormente foram atingidos.

A grande maioria das estratégias é definida com o objectivo de redução de custos e do reforço da relação entre cliente e empresa, sendo que as principais dificuldades na concretização de objectivos estão sobretudo na resistência imposta pelos clientes.

A ausência de planos de *e-marketing* é um problema a ultrapassar, visto que estes planos podem ajudar a definir e perceber a estratégia da empresa, sendo fundamentais para uma correcta aplicação das técnicas e análise de problemas/ameaças. A escolha de empresas especializadas para a elaboração de planos de *e-marketing* deveria ser uma hipótese mais ponderada, pois o *know-how* das mesmas poderia contribuir para uma implementação mais correcta das acções de *e-marketing*.

Os websites das empresas da amostra são essencialmente plataformas de divulgação da empresa, mas a aposta noutras funcionalidades para o website, tais como fóruns, *newsletters* e atendimento online seriam mais-valias que deveriam ser implementadas por algumas empresas de modo a fortificar a relação com o cliente e obter algum feedback sobre os seus produtos e serviços.

No geral a utilização do *e-marketing* está a ser bem efectuada, mas futuramente deverá ser mais incentivada, de modo a que as empresas possam aproveitar todas as oportunidades de mercado possíveis para esta região.

Uma das grandes limitações do estudo prende-se com o tamanho reduzido da amostra. Com uma amostra de uma dimensão superior os resultados obtidos poderiam ser um pouco diferentes.

A maioria das empresas existentes na Região Autónoma da Madeira não cumpria os requisitos mínimos exigidos para a inclusão neste estudo. O factor tempo foi também uma condicionante, algumas empresas demoraram mais tempo do que seria previsto, atrasando um pouco o processo de recolha de dados.

O presente artigo abre caminho para novos estudos na área da implementação do e-marketing em empresas, tendo como objectivo principal, perceber qual a sua importância no desenvolvimento empresarial.

Num futuro estudo seria interessante obterem-se comparativos deste estudo com outros estudos mais alargados de outras regiões ultraperiféricas, de modo a retirar outras conclusões. A partir dos resultados obtidos acredita-se que algumas das questões merecem novas análises, pois um dos objectivos de um estudo académico é ampliar o caminho para pesquisas futuras. Num futuro estudo seria importante maximizar o número de respostas, aumentando por sua vez a amostra utilizada.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Barefoot, D., Szabo, J. (2010). *Marketing With Benefits - A Social Media Marketing Handbook*. São Francisco: No Starch Press.

Chaffey, D. (2006). *Internet Marketing - Strategy, Implementation and Practice*. England: Pearson Education Limited.

Chaffey, D., Smith PR. (2008). *eMarketing eXcellence – Planning and optimizing your digital marketing, Terceira edição.* Estados Unidos da América: Butterworth-Heinemann.

Eley, B., Tilley, S. (2009). *Online Marketing Inside Out: Reach New Buyers Using Modern Marketing Techniques*. Australia: SitePoint Pty. Ltd.

Emarketer (2010) InMobi, comScore - A Global Consumer View of Mobile Advertising: US Marketing Highlights. Consultado em 11-10-2010. Disponível em: http://www.emarketer.com/Article.aspx?R=1007980

Krum, C., (2010). *Mobile Marketing: Finding Your Customers No Matter Where They Are.* Indianapolis, USA.

McKinsey (2007). *How do Companies Are Marketing Online: A McKinsey Survey*. Brussels: The McKinsey Quarterly.

Shipside, S.(2002). *E-Marketing, Primeira edição.* Reino Unido: Capstone Publishing

Stormer, H., Meier, A. (2009). *eBusiness & eCommerce - Managing the Digital Value Chain.* Alemanha: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

Stokes, R.(2008). *eMarketing - The essential guide to online marketing, Segunda edição*. África do Sul: Quirk eMarketing (Pty) Ltd.

Zwass, V. (2003). Electronic Commerce and Organizational Innovation: Aspects and Opportunities. International Journal of Electronic Commerce 7: 7-37.

Organización de las Prácticas antes de Formalizar un Contrato de Adquisición de acuerdo al Modelo CMMI-ACQ*

Mejia Jezreel, Muñoz Mirna
Instituto Tecnológico de Orizaba
Av Oriente 9 no. 852, 94300 Veracruz, México
{jez.mejia, mirna.munozm}@gmail.com

Calvo-Manzano, Jose A.; Cuevas, Gonzalo; San Feliu, Tomás
Departamento Lenguajes y Sistemas Informáticos e Ingeniería de Software
Universidad Politécnica de Madrid, Facultad de Informática
28660 Boadilla del Monte, Madrid, España
{joseantonio.calvomanzano, gonzalo.cuevas, tomas.sanfeliu}@upm.es

* Los autores están ordenados por organización

***Resumen*: CMMI-ACQ es un modelo que ofrece guías a las organizaciones para la adquisición de productos software y servicios relacionados. En este artículo, se presenta una propuesta organizativa que identifica la secuencia de implantación de las prácticas específicas del área de proceso Solicitación y Desarrollo de Acuerdos con el Proveedor (SSAD) del Modelo CMMI-ACQ. Para ello, se ha desarrollado el procedimiento Organización de los PRocesos de ADquisición (ORPRAD). ORPRAD representa las dependencias de las áreas de proceso mediante grafos y encuentra los grupos de áreas de procesos fuertemente conexos y cíclicos. Estos grupos, junto con criterios formales, han contribuido a determinar la secuencia de implantación de las áreas de proceso de adquisición en el nivel de madurez 2. Una vez obtenida la secuencia, se han estudiado las dependencias explícitas y la priorización de las prácticas dentro del área de proceso SSAD.**

Palabras clave: CMMI-ACQ, Solicitación y Desarrollo de Acuerdos con el Proveedor.

I. INTRODUCCION

Por "Externalización", "Outsourcing" o "Adquisición" de Tecnologías de Información (TI) se entiende la cesión de la parte o totalidad de algún proceso ligado con el desarrollo, mantenimiento o explotación de los sistemas [1]. La utilización de este concepto se inició con la empresa Kodak [1] en el año 1989, y hoy en día está creciendo rápidamente a nivel mundial y en los últimos años ha ganado mucha importancia y este mercado sigue creciendo cada año [1-3]. Sin embargo, un estudio del Software Engineering Institute [2, 3] indica que entre el 20% y 25% de grandes proyectos de adquisición de TI fallan dentro de los 2 primeros años, y el 50% dentro de 5 años.

Dentro de los factores que contribuyen al fallo de los proyectos se incluyen [2, 3]: la mala gestión de las necesidades del cliente, la pobre definición de los requisitos, los cambios incontrolados de requisitos, la inadecuada selección de proveedores y de procesos de contratación.

La mayoría de los proyectos que fracasan podrían evitarse si el comprador aprendiera a preparar y gestionar adecuadamente el contrato, y la gestión de proveedores y contratos [2, 3, 12, 13].

De acuerdo a un análisis realizado a 40 empresas de diferentes sectores [14, 15], los problemas encontrados antes de realizar una renegociación de un contrato, con frecuencia provienen de la falta de entendimiento entre el comprador y el proveedor. Además, las empresas indicaron que un importante obstáculo para obtener un mayor éxito en los proyectos de externalización de TI es la falta de conocimiento en el desarrollo y estructuración de los primeros acuerdos o contratos establecidos con un proveedor.

En este contexto, el modelo "CMMI for Acquisition" (CMMI-ACQ) ofrece un marco para eliminar las barreras en el proceso de "Externalización" o Adquisición entre los distintos involucrados: proveedores de servicios, departamentos de negocio, áreas de sistemas, etc. [3, 16]. Además, hace referencia al establecimiento del acuerdo o contrato con el proveedor en el área de proceso "Solicitación y Desarrollo de Acuerdos con el proveedor" (SSAD) del modelo CMMI-ACQ.

El objetivo de este artículo es presentar una propuesta de secuencia de implantación de los procesos de adquisición del nivel de madurez 2 del modelo CMMI-ACQ y a partir de ello, establecer la organización de las prácticas específicas del área de procesos Solicitación y Desarrollo de Acuerdos con el proveedor (SSAD). Para ello, es necesario disponer de un mapa de procesos que represente las dependencias explícitas que hay entre las áreas de procesos.

Este artículo está estructurado como sigue: en la segunda sección, se describe el modelo CMMI-ACQ v1.3; en la tercera sección, se muestra la organización del análisis; en la cuarta sección, se presentan la organización de las prácticas específicas del área de proceso SSAD, en la quinta sección, se muestran la validación y, finalmente, en la sexta sección, las conclusiones y trabajos futuros.

Este trabajo ha sido patrocinado por everis Foundation y la Universidad Politécnica de Madrid a través de la "Cátedra de Mejora del Proceso Software en el Espacio Iberoamericano"

II. MODELO CMMI-ACQ

CMMI-ACQ es un modelo que ofrece guías para la adquisición de productos y/o servicios de las organizaciones, permitiendo iniciar y gestionar la "adquisición" de productos software y servicios relacionados. El concepto de "adquisición" que contempla el modelo es más amplio que el concepto de "externalización" (o "outsoucing"). Este último se centra en actividades o procesos concretos que se subcontratan a un proveedor de servicios. Mientras que la "Adquisición" o compra de TI ("IT Procurement") también contempla el hardware o soluciones denominadas COTS –Commercial off-the-self. Por lo tanto, CMMI-ACQ da una respuesta válida a los procesos de externalización de servicios TI, así como a la compra de productos/servicios o infraestructuras. El modelo se centra en los procesos del comprador ofreciendo [3]:

- Eliminación de barreras y problemas en el proceso de adquisición mediante una mayor eficiencia operacional.
- Iniciación y gestión de un proceso para adquirir productos y servicios, incluyendo pliego de condiciones, selección de proveedores, desarrollo de acuerdos, y gestión y acuerdos con los proveedores.
- Utilización de un lenguaje común tanto para los compradores como para los proveedores, de modo que sean entregadas soluciones de calidad más rápidamente y a un menor coste, y con la tecnología más adecuada.

CMMI-ACQ soporta dos tipos de representaciones para la mejora de procesos, representación por etapas y continua, las cuales utilizan niveles de madurez y capacidad respectivamente [3].

- La representación por etapas utiliza los niveles de madurez (NM) para mejorar un conjunto de procesos seleccionados por el modelo.
- La representación continua utiliza los niveles de capacidad (NC) para mejorar procesos individuales seleccionados por la organización.

El modelo CMMI-ACQ (véase Tabla I) está formado por dieciséis áreas de proceso del núcleo del modelo CMMI [3] y por seis áreas de proceso propias de adquisición *(Gestión de Acuerdos, Desarrollo de Requisitos de la Adquisición, Solicitación y Desarrollo de Acuerdos con el Proveedor, Gestión Técnica de la Adquisición, Validación de la Adquisición, Verificación de la Adquisición).*

TABLA I. RESUMEN DE ÁREAS DE PROCESO DEL MODELO CMMI-ACQ.

Áreas de Proceso	Abr.	NM
Gestión de Acuerdos	AM	2
Desarrollo de Requisitos de la Adquisición	ARD	2
Gestión de la Configuración	CM	2
Medición y Análisis	MA	2
Monitorización y Control del Proyecto	PMC	2
Planificación del Proyecto	PP	2
Aseguramiento de la Calidad del Proceso y del Producto	PPQA	2
Gestión de Requisitos	REQM	2
Solicitación y Desarrollo de Acuerdos con el Proveedor	SSAD	2
Gestión Técnica de la Adquisición	ATM	3
Validación de la Adquisición	AVAL	3
Verificación de la Adquisición	AVER	3
Análisis de la Decisión y Resolución	DAR	3
Gestión Integrada del Proyecto	IPM	3
Definición del Proceso de la Organización	OPD	3
Enfoque en el Proceso de la Organización	OPF	3
Formación de la Organización	OT	3
Gestión de Riesgos	RSKM	3
Rendimiento del Proceso de la Organización	OPP	4
Gestión del Proyecto Cuantitativa	QPM	4
Análisis Causal y Resolución	CAR	5
Gestión del Rendimiento Organizacional	OPM	5

III. ANALISIS DE DEPENDENCIAS

Para realizar el análisis de dependencias explícitas y poder proponer una secuencia de implantación, se ha llevado a cabo el procedimiento denominado ORPRAD (ORganización de los PRocesos de ADquisición).

La razón principal para elaborar este procedimiento fue la necesidad de obtener un mapa de procesos que represente la existencia de las dependencias explícitas del área de proceso SSAD hacia todas las áreas de proceso. Dicho procedimiento consta de tres etapas.

1. *Obtención de Dependencias:* se identifican las dependencias entre las áreas de proceso dando origen a una matriz de relaciones.
2. *Análisis de Dependencias:* se seleccionan los grupos de áreas de procesos con Componentes Fuertemente Conexos (CFCs) y cíclicos.
3. *Secuencia de implantación:* se propone la secuencia de implantación formal.

A. Obtención de Depencias

La identificación de las dependencias del modelo CMMI-ACQ, se realizó mediante una revisión de la bibliografía oficial [3], sobre las 22 áreas de proceso (APs) que comprende el modelo, enfocando el análisis sobre las áreas de proceso correspondientes al NM 2 de dicha representación, debido a que el primer nivel de madurez introducido en una organización es el nivel de madurez 2 independiente del resto de áreas de proceso de los niveles de madurez superiores. A continuación, se describen brevemente las actividades.

Identificación de las Dependencias

Para llevar a cabo la identificación de las dependencias se detectaron las referencias existentes de forma explícita en los componentes del modelo. Los componentes del modelo son elementos críticos que constituyen y ayudan a la comprensión de un modelo de CMMI (prácticas específicas, prácticas genéricas, metas específicas, metas genéricas, áreas de proceso, niveles de capacidad y niveles de madurez). Las referencias son componentes informativos del modelo que proveen información detallada de las áreas de proceso relacionadas.

Para su identificación, se definieron 4 secciones de búsqueda de dependencias explícitas:

- Sección de *Áreas de Procesos Relacionadas*: lista las referencias para las APs y refleja la relación de alto nivel entre APs.
- Sección de *Metas Específicas*: describe las características únicas que deben ser alcanzadas para satisfacer un AP.
- Sección de *Prácticas Específicas*: describe la actividad que se considera importante para el logro de una meta específica asociada.
- Sección de *Subprácticas*: descripciones detalladas que proveen una guía para interpretar e implementar prácticas específicas o genéricas.

De acuerdo a las dependencias explícitas encontradas, se ha elaborado la matriz (Tabla II) que representa las dependencias existentes (origen/destino) entre las 9 APs del NM2 (AM, ARD, CM, MA, PMC, PP, PPQA, REQM y SSAD).

TABLA II. MATRIZ DE RELACIÓN GENERAL.

	AM	ARD	CM	MA	PMC	PP	PPQA	REQM	SSAD	TODN2
AM	0	0	1	1	1	1	1	0	0	5
ARD	0	0	0	0	0	1	0	0	1	2
CM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MA	1	1	1	0	1	1	0	0	1	6
PMC	1	0	1	0	0	1	0	0	1	4
PP	1	1	1	0	1	0	0	0	1	5
PPQA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
REQM	0	1	1	1	1	1	0	0	1	6
SSAD	1	1	1	1	0	1	1	0	0	6
	Áreas de Nivel II, TODN2: Total Origen de Dependencias Nivel 2									

Representacion de Dependencias

Las dependencias mostradas en la Tabla 2, se representan en un grafo dirigido (dígrafo). Un dígrafo es un par D=(V, E)=(V(G), V(E)), donde V es un conjunto finito no vacío de elementos llamados vértices y E es un conjunto de pares de elementos distintos de V llamados arcos [17, 18] véase Fig. 1.

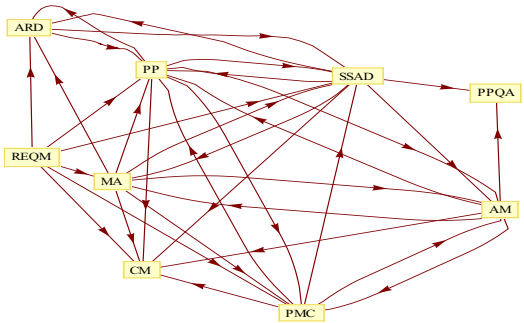


Figura 1. Relación entre las áreas de proceso del NM2.

B. Analisis de dependencias

En esta etapa de análisis de dependencias, se considera las áreas de proceso del nivel de madurez 2 y las interdependencias existentes entre ellas (véase Tabla II), debido a que el área de procesos SSAD pertenece al nivel de madurez 2.

Verificacion de componentes fuertemente conexos

Partiendo de la matriz, se introduce la lista de arcos para determinar si existen CFCs mediante la función StrongComponents en el software MATHEMATICA [17], obteniendo como resultado los siguientes grupos de CFCs:

- Grupo 1: {CM}.
- Grupo 2: {PPQA}.
- Grupo 3: {AM, MA, PMC, PP, ARD, SSAD}.
- Grupo 4: {REQM}.

A partir del resultado, se han descartado los grupos individuales por su trivialidad, debido a que no pueden generarse combinaciones para su posterior análisis, eligiendo por lo tanto el Grupo 3.

Realización de Combinacion de Procesos

La combinación de procesos se ha llevado a cabo mediante la fórmula sCr donde s=6 (número de elementos del grupo de CFCs seleccionado) y r=3 (número mínimo de componentes para obtener una agrupación cíclica [18], obteniendo un resultado de 20 combinaciones listadas alfabéticamente (véase Tabla III).

TABLA III. COMBINACIÓN DE GRUPOS

	Combinación				Combinación		
Grupo	AP	AP	AP	Grupo	AP	AP	AP
A	PP	ARD	AM	K	ARD	AM	MA
B	PP	ARD	MA	L	ARD	AM	PMC
C	PP	ARD	PMC	M	ARD	AM	SSAD
D	PP	ARD	SSAD	N	ARD	MA	PMC
E	PP	AM	MA	Ñ	ARD	MA	SSAD
F	PP	AM	PMC	O	ARD	PMC	SSAD
G	PP	AM	SSAD	P	AM	MA	PMC
H	PP	MA	PMC	Q	AM	MA	SSAD
I	PP	MA	SSAD	R	AM	PMC	SSAD
J	PP	PMC	SSAD	S	MA	PMC	SSAD

Grupos Cíclicos

Una vez obtenidas las combinaciones posibles, se ha realizado la selección de grupos que cumplieran el siguiente criterio: existencia de ciclo. Existe un ciclo en W si los vértices x1,x2,…,xk-1 son distintos, k>=3 y x1 = Xk, W es un ciclo [18]. La Tabla IV muestra las combinaciones que cumplen el criterio de selección.

TABLA IV. GRUPOS CÍCLICOS.

Grupo	Combinación		
D	PP	ARD	SSAD
F	PP	AM	PMC

C. *Secuencia de Implantación*

De acuerdo a los grupos cíclicos obtenidos en términos de áreas de proceso (Tabla IV), ningún proceso puede implantarse sin la puesta en marcha de todos los procesos que constituyen el grupo cíclico al que pertenece. Sin embargo, es necesario identificar el área de proceso por el que debería iniciarse la secuencia de implantación. La columna TODN2 de la Tabla II contiene el número total de dependencias que dependen de un proceso fuente entre las áreas de proceso del NM 2, obtenidas a partir de la siguiente formula.

$$TODN2 = \sum_{j=AM}^{SSAD} Pij.$$

Para obtener una secuencia de implantación, se toman los grupos cíclicos (Tabla III) resultantes de las dependencias explícitas entre las áreas de proceso del NM 2.

La secuencia de implantación dentro de cada grupo cíclico se establece según el número total de dependencias (véase Tabla II) ordenadas por áreas de proceso de mayor a menor número de dependencias de acuerdo a la columna TODN2 de la Tabla II (véase Tabla V).

TABLA V. SECUENCIA DE IMPLANTACIÓN ENTRE LAS ÁREAS DE NM II.

Grupo	Ordenado por AP			Total Dependencias por Grupo
	1º	2º	3º	
F	AM (5)	PP (5)	PMC (4)	14
D	**SSAD (6)**	PP (5)	ARD (2)	13

Como se puede observar, se presentan dos alternativas de secuencias para la implantación, el grupo F y el grupo D. Ambas secuencias implican la implantación de las tres áreas de proceso que lo conforman.

- Grupo F: se selecciona esta secuencia cuando *existe un Contrato de Externalización*. Como puede observarse en la Tabla 5, el grupo cíclico F de procesos puede tener dos opciones de implementación. Iniciar por el área de proceso AM o por PP. A efectos de lógica de negocio, se debe iniciar por el área de proceso AM, ya que no se puede tener el área de proceso de Planificación de Proyectos (PP) sino se tiene actualizado la Gestión de Acuerdos (AM). Por lo tanto, La secuencia se inicia con AM y continúa con PP y PMC.
- Grupo D: se selecciona esta secuencia cuando *no existe Contrato de Externalización*. La secuencia se inicia con SSAD y continúa con PP y ARD.

IV. ORGANIZACION DE LAS PRÁCTICAS ESPECÍFICAS DEL ÁREA DE PROCESO SSAD

Establecidas las secuencias de implantación con el procedimiento ORPRAD, es posible iniciar la implantación con el área de procesos SSAD o el área de proceso AM de acuerdo a las secuencias de implantación del grupo F y D respectivamente. Este resultado ha confirmado la importancia del área de proceso SSAD, como punto de partida cuando no existe un acuerdo o contrato de externalización o antes de establecer un proyecto de adquisición. Una vez confirmado, se estableció la secuencia de implementación o flujo de trabajo entre las prácticas del área de proceso SSAD.

Área de Proceso SSAD: El propósito de la Solicitación y del Desarrollo del Acuerdo con el proveedor (SSAD) es preparar el paquete de la solicitación y seleccionar uno o más proveedores para entregar el producto o el servicio, y establecer y mantener los acuerdos con el proveedor. Las actividades que comprende SSAD son:

- Identificar a los proveedores potenciales.
- Establecer el paquete de solicitación.
- Revisar el paquete de solicitación.
- Distribuir y mantener el paquete de solicitación.
- Evaluar las soluciones propuestas.
- Establecer los planes de negociación.
- Seleccionar a los proveedores.
- Establecer una comprensión mutua del acuerdo.
- Establecer el acuerdo con el proveedor.

A. *Relación de Actividades*

Para establecer la secuencia de implementación de las prácticas especificas del área de proceso SSAD, se ha analizado sólo las dependencias obtenidas a partir del área de proceso SSAD hacia las áreas del NM 2 extraídas de la Tabla II y del dígrafo de la Fig. 1. Además, se analizaron las dependencias explicitas que se muestran en la Fig. 3.

La Fig. 2, muestra las dependencias del área de proceso SSAD.

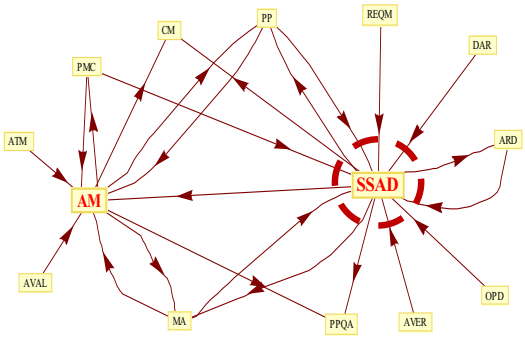


Figura 2. Relación de las áreas de proceso del NM 2 hacia SSAD

De acuerdo al análisis de las dependencias, se establecieron tanto las actividades requeridas y de soporte que ayudan a la implementación de las prácticas específicas del área de proceso SSAD que conforman la secuencia de implementación principal.

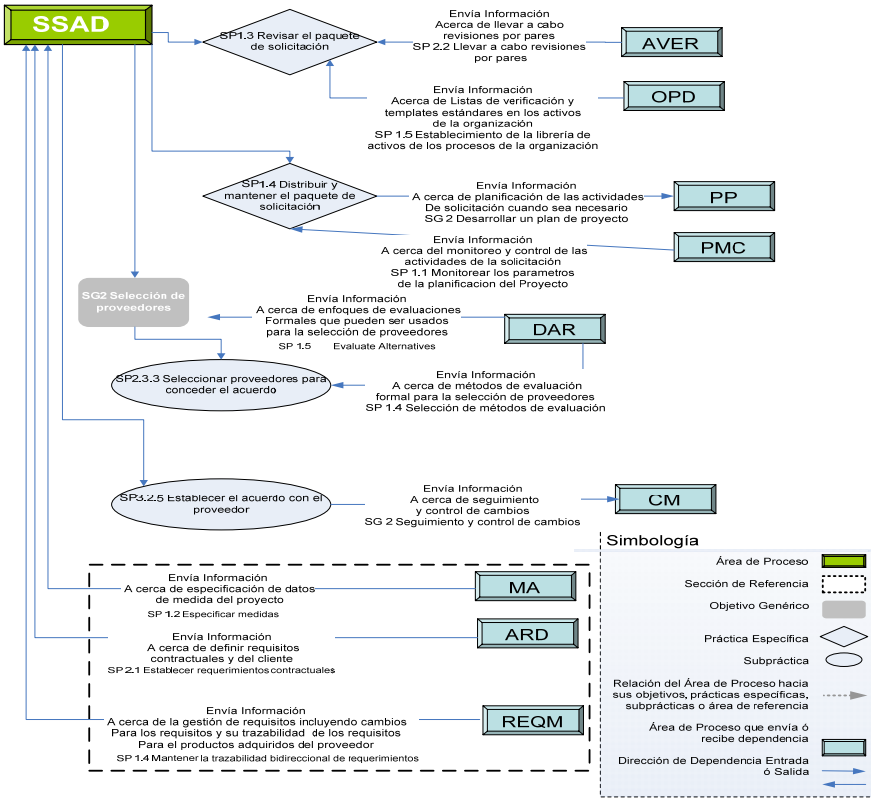


Figura 3. Diagrama de dependencias del área de proceso SSAD.

De acuerdo a las dependencias del área de proceso de SSAD que se muestran en el dígrafo de la Fig. 2 y 3, la Fig. 4 muestra la secuencia de actividades a realizar antes de establecer o desarrollar el contrato con el proveedor, así como las actividades que se requieren antes de iniciar el flujo principal de actividades y las actividades de soporte que ayudan a su implementación.

Actividades Requeridas: las actividades requeridas mostradas en la Fig. 3, indican lo que una organización comprador o cliente debe tener establecido o contemplar antes de iniciar la secuencia principal de actividades. Dentro de las actividades requeridas se encuentran:

- Establecer la estrategia de adquisición.
- Estimar el alcance del proyecto.
- Desarrollar los requerimientos del cliente.
- Identificar los riesgos.

Secuencia principal de actividades: la secuencia principal de actividades muestra las actividades o aspectos que deben ser considerados antes de llevar a cabo la formalización de un contrato de adquisición (véase Fig. 4). Dentro de las actividades de la secuencia principal, se encuentran:

- Identificar a los proveedores potenciales.
- Establecer el paquete de servicios (Request for proposal (RFP)).
- Revisión del paquete de servicios.
- Distribuir y mantener el paquete de servicios.
- Evaluar soluciones propuestas.
- Establecer el plan de negociación.
- Seleccionar a los proveedores.
- Establecer entendimiento mutuo del acuerdo.
- Establecer el acuerdo definitivo.

Actividades de Soporte: las actividades de soporte mostradas en la Fig. 4, ayudan a la realización de las actividades en la secuencia principal. Dentro de las actividades de soporte se encuentran:

- Como llevar a cabo revisiones por pares.
- Lista de verificación y plantillas estándares en los activos de la organización.
- Monitorización y control de las actividades de la solicitación mediante los parámetros de la planificación del proyecto.
- Alternativas de evaluaciones formales.
- Métodos de evaluación para seleccionar proveedores.

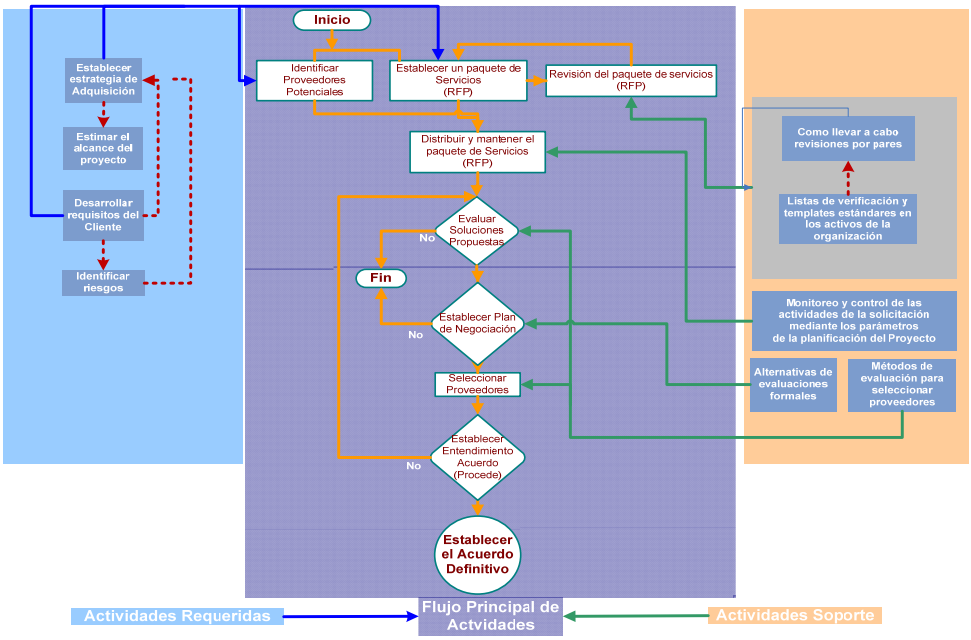


Figura 4. Secuencia de Actividades antes de establecer el Acuerdo Definitivo

V. VALIDACION DE LA SECUENCIA

En esta sección se muestra la validación de la secuencia de implantación de las prácticas específicas del área de proceso SSAD. Para ello, se han realizado:

Validación con expertos profesionales en outsurcing

Por una parte, se puede mencionar que de acuerdo a la empresa everis en *el caso de la Definición de Contratos referente a la Secuencia D (SSAD, PP, ARD)* menciona que en este paso la empresa decide qué quiere externalizar, qué servicios, qué nivel de calidad espera y de alguna forma perfila el tipo de proveedor (SSAD). Posteriormente, y apoyándose en una labor de planificación (PP), es capaz de conocer la línea base (volumen mínimo de trabajo a externalizar). Con este dato, se pueden formular los requisitos para la externalización (ARD). Por lo tanto, la importancia del área de proceso SSAD obtenida a partir del procedimiento ORPRAD coincide con la práctica empresarial.

Por otro lado, una vez obtenida la secuencia de implementación de las prácticas específicas del área de proceso SSAD, a partir de la secuencia *D (SSAD, PP, ARD),* que se muestra en la Figura 4, la validación se ha llevado a cabo mediante reuniones con expertos profesionales en proyectos de outsourcing de la empresa everis, mediante las cuales, se ha detallado y refinado el orden de la secuencia de implementación de entrada y salida de las prácticas específicas del área de proceso SSAD, así como de las actividades de soporte y de las prácticas requeridas que sirven para la implementación de la secuencia.

VI. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

El artículo muestra la organización de las prácticas específicas del área de proceso SSAD del modelo CMMI-ACQ v1.3 para su implementación, que permite al cliente identificar el orden de implementación de las prácticas a tener en cuenta antes de establecer o formalizar un contrato de adquisición o outsourcing. Además de visualizar las prácticas requeridas y de soporte que ayuden a implementar la secuencia de implementación principal.

Como trabajo futuro dentro de esta investigación y con el objetivo de seguir avanzando en la secuencia de implementación de las prácticas específicas del área de proceso SSAD se pretende:

- Incluir una trazabilidad hacia otros modelos o estándares que aborden el proceso de outsourcing, externalización o adquisición con el objetivo de establecer un entorno multimodelo que permita enriquecer y fortalecer cada actividad de la secuencia principal que se ha propuesto.

REFERENCIAS

[1] Dibbern, J., Goles, T., Hirschheim, R., Jayatilaka, B. Information systems outsourcing: a survey and analysis of the literature. SIGMIS Database, 2004. 35(4): p. 6-102.

[2] Gallagher, B. P., Phillips M., et al. (2007). CMMI for Acquisition, Version 1.2

[3] Gallagher, B. P., Phillips M., et al. (2011). CMMI for Acquisition, Version 1.3

[4] Huai, J. An Incentive Model of IS Outsourcing Contract. in Wireless Communications, Networking and Mobile Computing, WiCom. International Conference. 2007.

[5] Byrne, J., Byrne, P. J., Heavey, C., Liston, P. Contract costing in outsourcing enterprises: Exploring the benefits of discrete-event simulation. International Journal of Production Economics, 2007.

[6] Corbet and Associates, Outsourcing's Next Wave. 2002.

[7] Lee, M., IT outsourcing contracts: Practical issues for management. Industrial Management & Data Systems, 1996. 96(1): p. 15-&.

[8] Gellings, C. Outsourcing Relationships: The Contract as IT Governance Tool. in System Sciences. 40th Annual Hawaii International Conference. 2007.

[9] Chun-ping, H., Z. Pei, and Z. Zhen-xiang. Study on Critical Success Factors for IT Outsourcing Lifecycle. in Wireless Communications, Networking and Mobile Computing. International Conference on. 2007.

[10] Huai, J. An Incentive Model of IS Outsourcing Contract. in Wireless Communications, Networking and Mobile Computing, WiCom. International Conference. 2007.

[11] Bartels, A. (2010). US and Global IT Market Outlook: Q1 2010, Forrester Research.

[12] Babar, M. A.,Verner. J. M., and P. T. Nguyen. Establishing and maintaining trust in software outsourcing relationships: An empirical investigation. Journal of Systems and software. pp. 1438-1449, 2007.

[13] Jeanne, R. and C. Beath. Success and Failure in Outsourcing. CIO Newsletter, 2006.

[14] TPI, R. (2007). Restructuring outsourcing agreements: an indication of failure, or a tool to increase value

[15] Consulting, J. R. (2009) "The Outsourcing Contracts Dilemma: Best Practices for Contract Formation within the Outsourcing Lifecycle."

[16] Dodson, K. M., Hofmann, H. F., Ramani, G. S., and D. K. Yedlin. Adapting CMMI for Acquisition Organizations: A Preliminary Report. Software Engineering Institute, 2006.

[17] Wolfram Mathematica. Documentation Center, 2008.

[18] Bang-Jensen, J., and G. Gutin. Digraphs : theory, algorithms and applications. Springer-Verlag, 2002.

Exploração de paralelismo em criptografia usando GPU

Renan Correa Detomini, Renata Spolon Lobato
Departamento de Ciências de Computação e Estatística
Universidade Estadual Paulista
São José do Rio Preto, Brasil
renancd@gmail.com, renata@ibilce.unesp,br

Roberta Spolon, Marcos Antonio Cavenaghi
Departamento de Computação, FC
Universidade Estadual Paulista
Bauru, Brasil
{roberta, marcos}@fc.unesp.br

Abstract—**In this article we explore the NVIDIA graphical processing units (GPU) computational power in cryptography using CUDA (Compute Unified Device Architecture) technology. CUDA makes the general purpose computing easy using the parallel processing presents in GPUs. To do this, the NVIDIA GPUs architectures and CUDA are presented, besides cryptography concepts. Furthermore, we do the comparison between the versions executed in CPU with the parallel version of the cryptography algorithms Advanced Encryption Standard (AES) and Message-digest Algorithm 5 (MD5) wrote in CUDA.**

Keywords-GPU; cryptography; parallel algorithms; CUDA

Resumo—**Neste trabalho faz-se a exploração do poder computacional das unidades de processamento gráfico (*Graphical Processing Units* - GPUs) da NVIDIA em criptografia através do uso da tecnologia CUDA (*Compute Unified Device Architecture*). CUDA facilita o desenvolvimento de computação de propósito geral utilizando o processamento paralelo presente nas GPUs. Para isso, apresenta-se a arquitetura das GPUs NVIDIA e a tecnologia CUDA, além de conceitos e algoritmos de criptografia. Adicionalmente, é feita a comparação do desempenho da versão executada em CPU com a versão paralela dos algoritmos de criptografia *Advanced Encryption Standard* (AES) e *Message-digest Algorithm 5* (MD5) escritos em CUDA.**

Palavras-chave-GPU; criptografia; algoritmos paralelos; CUDA

I. INTRODUÇÃO

Criptografia é o estudo de princípios e técnicas pelas quais a informação pode ser transformada de sua forma original em algo ilegível, de forma que só o remetente e o destinatário saibam o conteúdo da informação, através do uso de uma chave secreta [1].

Com o passar do tempo, os fabricantes tiveram como base o aumento da velocidade dos processadores para melhorar a produtividade de suas aplicações. No entanto, a partir de 2003, devido ao aumento do consumo de energia e aumento do aquecimento dos novos processadores, o aumento na velocidade dos processadores diminuiu bastante. Assim, os fabricantes começaram a desenvolver processadores com vários núcleos, aumentando assim o poder de processamento, dependendo da aplicação. Com isso, cresceu o interesse dos programadores em aprender sobre processamento paralelo [2].

Atualmente, as unidades de processamento gráfico (*Graphical Processing Units* – GPUs) apresentam um elevado grau de paralelismo e superam os processadores modernos em operações de ponto flutuante. Além disso, a largura de banda de memória é maior nas GPUs [3]. Devido a esse enorme poder computacional, surgiu uma nova tendência de processamento paralelo denominada *General Purpose computing on Graphics Processing Units* (GPGPU), que utiliza a GPU não somente para aplicações gráficas, mas também para fazer computação em geral, normalmente associada à unidade central de processamento (*Central Processing Unit* - CPU) [4].

Sendo assim, em 2007 a NVIDIA tornou pública uma nova arquitetura de processamento paralelo chamada *Compute Unified Device Architecture* (CUDA), que é fortemente baseada em C e algumas extensões [3]. Essa arquitetura pode ser usada em vários campos, tais como: bioinformática, criptografia, dinâmica de fluídos, matemática, processamento de áudio e vídeo, etc [5, 6, 7, 8].

A criptografia é uma área bastante importante hoje em dia, visto que a cada dia surgem novas aplicações para Internet que, se forem mal utilizadas, podem colocar em risco a segurança dos usuários. Assim, é necessário aumentar o desempenho dos algoritmos de criptografia. Para isso, pode ser utilizado o processamento paralelo presente nas GPUs em conjunto com a arquitetura CUDA.

O principal objetivo deste trabalho é utilizar o poder computacional das GPUs junto com a plataforma CUDA e a possível paralelização dos algoritmos de criptografia para a realização de processos de encriptação e desencriptação. Como são processos pesados para o processamento, a utilização de paralelismo pode aumentar o desempenho. Além disso, é possível utilizar o poder de processamento das *GPUs* para tentar 'quebrar' o texto cifrado, obtendo assim o texto original, processo chamado de *cracking.*

Uma versão sequencial do algoritmo *Advanced Encryption Standard* (AES) [9], programado em linguagem C, junto com sua versão programada em CUDA, serão mostradas para efeitos de comparação de desempenho. Além disso, será comparado também o desempenho da versão sequencial com a versão em CUDA do algoritmo de quebra de cifra do *Message-Digest algorithm 5* (MD5) [10].

Este texto está organizado da seguinte forma: na seção 2 apresentam-se os principais conceitos de GPUs e CUDA. .Na seção 3 é feita uma revisão sobre criptografia e os algoritmos que foram utilizados neste trabalho. Na seção 4 são descritas as implementações, cujos resultados são apresentados na seção 5. Na seção 6 são apresentadas as conclusões.

II. Unidades de processamento gráfico e CUDA

Os processadores gráficos eram, no passado, basicamente circuitos dedicados e voltados para aplicações convencionais voltadas para geração de imagens em formato mapa de bits. Atualmente, as unidades de processamento gráfico (*Graphical Processing Unit* - GPU) são processadores de ponto flutuante massivamente paralelos e totalmente programáveis, dando origem ao termo Unidade de Processamento Gráfico de Propósito Geral (em inglês, *General Purpose Graphical Processing Unit)* ou GPGPU [11].

Por terem se tornando totalmente programáveis, as GPGPUs têm atraído a atenção dos desenvolvedores de aplicação, uma vez que elas podem ser vistas como co-processadores paralelos convencionais e de baixo custo que funcionam em paralelo e independentemente das unidades centrais de processamento (UCP) dos microcomputadores [12].

CUDA (*Computer Unified Device Architecture*) é um modelo de programação paralela e também um ambiente de software que permite explorar o paralelismo de GPUs de um fabricante específico (NVIDIA).

O modelo de programação paralela oferecido por CUDA tem 2 conceitos principais [6]:

- é uma extensão da linguagem de programação sequencial C, o que faz com que o programador tenha que se preocupar mais com o paralelismo em si do que com as construções para expressar esse paralelismo (não precisa aprender uma nova linguagem de programação);
- foi projetado para permitir a escrita de código paralelo altamente escalável e que pode executar milhares de *threads* concorrentes.

Um programa CUDA é organizado em programa principal, consistindo de um ou mais *threads* sequenciais executando nas CPUs, e um ou mais núcleos paralelos que são adequados para a execução em GPUs [6], que operam como uma máquina SIMD (*Single Instruction, Multiple Data*) [11].

Um núcleo paralelo é constituído por *threads* e é programado no estilo SPMD (*Single Program, Multiple Data*). *Threads* e blocos de *threads* só podem ser criados pela invocação de um núcleo paralelo e não de dentro de um núcleo paralelo [13]. Um bloco corresponde a um processo no modelo de programação paralela tradicional [11]. Na figura 1 apresenta-se o modelo de programação utilizado em CUDA [14].

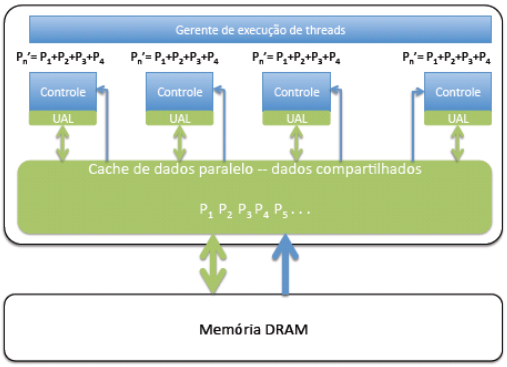


Figura 1. Modelo de execução de uma aplicação na arquitetura CUDA.

III. Criptografia

A criptografia é a ciência de escrever mensagens que ninguém poderia ler, exceto o remetente e o destinatário. A criptoanálise é a ciência de tentar quebrar o método utilizado e decifrar e ler a mensagem cifrada.

Com o desenvolvimento dos computadores mecânicos no início do século XX, máquinas mecânicas de criptografia surgiram e tornaram os processos de criptografia por substituição e transposição mais complexos.

Com a evolução da informática, foram desenvolvidos computadores que possibilitaram a criação de algoritmos de substituição e transposição ainda mais complexos. Uma chave era fornecida ao destinatário e em seguida um algoritmo era utilizado para criptografia. A segurança do sistema era baseada no fato da chave encontrar-se segura. Esse sistema recebeu o nome de algoritmos simétricos, pois a mesma chave para encriptar e desencriptar a mensagem transmitida era utilizada.

A criptografia simétrica foi o primeiro tipo de criptografia criado e é usado principalmente para confidencialidade da informação. Funciona transformando um *plaintext* em texto cifrado, utilizando uma chave secreta. O processo inverso pode ser realizado utilizando a mesma chave. Este método é relativamente rápido e necessita que o emissor e receptor tenham conhecimento da chave. O ponto crítico da criptografia simétrica parte do fato de que ambos precisam ter conhecimento da chave, o que inviabiliza grande parte das transações via Internet. O algoritmo simétrico mais utilizado hoje em dia é o AES (*Advanced Encryption Standard*) [15].

Na criptografia assimétrica são utilizadas duas chaves para o processo de encriptação e desencriptação, a chave pública e a privada. A chave pública pode ser livremente distribuída, enquanto a chave privada deve ser conhecida somente pelo receptor da mensagem. Neste tipo de criptografia, uma mensagem criptografada com a chave pública somente pode ser descriptografada pela chave privada correspondente, ou seja, um emissor A usa a chave pública do recipiente B para encriptar a mensagem e o recipiente B usa sua chave privada para desencriptar a mensagem. É relativamente lento e principalmente usado para autenticidade e confidencialidade. O

algoritmo de criptografia assimétrica mais usado atualmente é o RSA [15].

A. O algoritmo AES

O atual padrão de criptografia simétrica dos EUA teve origem em um concurso lançado em 1997 pelo *National Institute of Standards and Technology* (NIST). Havia a necessidade de escolher um algoritmo mais seguro e eficiente para substituir o algoritmo *Data Encryption Standard* (DES), que apresentou fragilidades. O novo algoritmo deveria atender a certos pré-requisitos como ser divulgado publicamente; não possuir patentes; cifrar em blocos de 128 bits usando chaves de 128, 192 ou 256 bits; possibilidade de ser implementado tanto em hardware quanto em software [9, 15].

Em 2000, o algoritmo Rijndael se tornou vencedor. A única diferença entre o AES e o Rijndael é que este suporta tamanhos de chave e bloco variando de 128 a 256 bits, com incrementos de 32 bits, enquanto que o AES suporta apenas blocos de tamanho fixo de 128 bits e chaves de 128, 192 ou 256 bits. Ou seja, os dois possuem o mesmo funcionamento, mas o Rijndael pode utilizar uma variação maior de tamanhos de chave e bloco. Neste trabalho serão utilizados blocos e chaves de 128 bits.

Alguns termos utilizados com frequência no algoritmo são:

- *Estado*: matriz de bytes que inicialmente contém a mensagem e que é modificada após cada etapa;
- *Mensagem*: texto antes de ser criptografado e cujo conteúdo deve ser acessível apenas ao destinatário;
- Para manter a segurança, é preciso tornar a mensagem num texto ilegível, também chamado de *texto cifrado*, e isso é realizado através da criptografia.

No AES, o tamanho do estado vai depender do tamanho do bloco utilizado, sendo composto de 4 linhas e *Nb* colunas, onde *Nb* é o número de bits do bloco dividido por 32. O algoritmo possui rodadas, também chamadas de iterações, que possuem 4 etapas: *AddRoundKey, SubBytes, ShiftRows* e *MixColumns* [15]. Na última rodada a operação *MixColumns* não é realizada. A sigla *Nr* para designa o número de iterações do algoritmo. O número de iterações varia de acordo com o tamanho da chave usada, sendo 10 para chaves de 128 bits, 12 para chaves de 192 bits e 14 para chaves de 256 bits. O número de colunas da chave será designado por *Nk*, que varia de acordo com o tamanho da chave, sendo o tamanho da chave dividido por 32, ou seja, sendo 4 para chaves de 128 bits, 6 para chaves de 192 bits e 8 para chaves de 256 bits. O algoritmo possui uma chave principal e a partir dela serão geradas $Nr + 1$ chaves, chamadas de *chaves da rodada*, pois cada uma será usada em uma rodada diferente. A chave principal é alocada em uma matriz de 4 linhas e *Nk* colunas e cada chave de rodada é agrupada da mesma maneira que o bloco de dados.

B. O algoritmo MD5

O MD5 é uma função criptográfica *hash* que recebe uma mensagem de valor arbitrário e retorna um *hash* de 128 bits. É muito utilizado na verificação de *logins* e senhas, integridade de arquivos, sistemas *Peer-2-peer* (P2P), etc [15].

A entrada do algoritmo é dividida em pedaços de 512 bits, sendo cada pedaço dividido em 16 blocos de 32 bits. Se o tamanho da mensagem não for divisível por 512, então um complemento é utilizado. Primeiro um bit 1 é adicionado no fim da mensagem. Em seguida, são adicionados quantos bits 0 forem necessários para tornar a mensagem até 64 bits menor do que um múltiplo de 512. Os 64 bits restantes são preenchidos com um inteiro representando o tamanho da mensagem original.

O algoritmo funciona em um estado de 128 bits, dividido em quatro palavras de 32 bits denominadas A, B, C e D. O algoritmo funciona em cada bloco de 512 bits de uma vez, sendo que cada bloco modifica o estado. O processamento de um bloco consiste em quatro fases, sendo que cada fase é composta de 16 operações similares baseadas em funções não lineares, adição modular e rotação de bits à esquerda.

IV. Implementação

Os algoritmos AES foram implementados na plataforma CUDA e executados em duas GPUs. Nessa seção são descritas as implementações utilizadas.

A. Algoritmo AES

Um algoritmo sequencial foi adaptado para GPU, para ter uma real comparação do desempenho entre a versão CPU e GPU, baseado em [15]. A implementação sequencial usa orientação por bytes e é apropriada para um paralelismo em nível de byte na GPU. Além disso, ela utiliza 9 tabelas de tamanho 16x16 para poupar tempo de computação, utilizando assim 2304 bytes de memória.

A implementação tem duas funções principais, denominadas Encriptar e Desencriptar. Estas funções recebem um bloco de 128 bits de *plaintext* ou um *ciphertext*, uma chave expandida e geram como saída um bloco de 128 bits encriptado ou desencriptado. Em alto nível, as funções recebem uma chave de 128 bits e uma mensagem de tamanho variável. Elas dividem a mensagem em blocos de 128 bits e passam os blocos para as funções Encriptar e Desencriptar. Isto naturalmente leva a um alto paralelismo na implementação da GPU, já que as *threads* da GPU trabalham em um subconjunto de dados e não há dependência entre as *threads*, executando as funções Encriptar ou Desencriptar em paralelo.

A expansão da chave é feita na CPU e a chave expandida é passada para a GPU como parâmetro. Isto acontece porque a operação é serial e é aplicada em todas as *threads* igualmente.

Para otimizar o acesso a memória global, é necessário agrupar o acesso aos dados para permitir que a GPU faça leituras de memória amplas. Para alcançar isso, a execução das *threads* é feita em três estágios, como mostrado na figura 2.

Já que todas as *threads* acessam os dados da memória global antes de processá-los, é fácil ordenar os acessos de modo que o uso mais eficiente da largura de banda de memória é utilizada. Isto é feito de uma maneira orientada aos dados, de maneira que qualquer mudança na estrutura dos *grids* ou blocos não requer qualquer mudança no código. Uma vez que os dados são carregados na memória compartilhada, eles podem ser acessados centenas de vezes mais rapidamente do

que na memória global. Já que cada *thread* carrega um conjunto de dados da memória global que não necessariamente será utilizado, todas as *threads* devem ser sincronizadas antes que a memória compartilhada possa ser usada. A mesma coisa acontece ao escrever de volta da memória compartilhada para memória global.

Figura 2. Estágios de execução das *threads*.

Outra otimização que é útil é a utilização da memória constante. A versão de CPU utilizada utiliza várias tabelas de 16x16 bytes para realizar pesquisas. Já que essas tabelas são constantes e em comum para todas as *threads*, é possível carregar elas na memória constante da GPU. Esta memória utiliza um *cache* e ela pode acomodar todos os bytes das tabelas. Uma vez na memória constante, quase não há penalidade de tempo em acessar os dados.

B. *Algoritmo MD5*

O funcionamento de um sistema de força bruta para recuperação de senhas funciona da seguinte maneira: basta percorrer todas as palavras possíveis de certo alfabeto, transformando as palavras em *hashes* e comparando com o *hash* desejado. Este tipo de problema é adaptável à programação paralela em CUDA, já que cada *thread* pode fazer esse trabalho individualmente, tornando assim o desempenho muito superior. Sendo assim, N *threads* verificam N senhas simultaneamente, sem necessidade de comunicação entre as *threads*. Tal funcionamento é mostrado na figura 3.

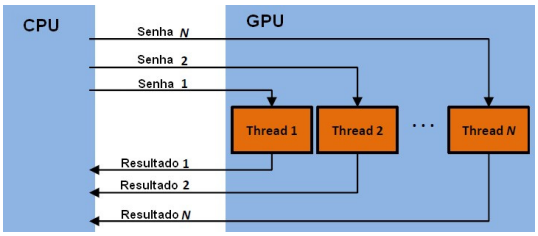


Figura 3. Funcionamento do MD5 na GPU.

Assim sendo, o que a N-ésima *thread* faz é:

- Gerar a N-ésima senha;
- Transformar essa senha em um *hash* MD5;
- Se o *hash* estiver correto, retornar N para a CPU.

Nota-se que a CPU não precisa realizar nenhuma tarefa com relação ao funcionamento do MD5, tudo é feito na GPU. Os dados necessários para o funcionamento do algoritmo são copiados para a memória constante da GPU, tornando o acesso aos dados muito mais rápidos. Na implementação do programa foram utilizados 128 *threads* por bloco e 8192 blocos.

Para um sistema de força bruta funcionar, é necessário ter um conjunto de caracteres, números ou símbolos que possam formar a palavra original. No caso dessa implementação, foram utilizadas apenas as letras minúsculas e maiúsculas do alfabeto. Em sistemas mais sofisticados realmente voltados para o propósito de recuperação de senhas, é útil adicionar os números de 0 a 9. Esse conjunto de letras que formam as palavras é chamado de alfabeto. Nesse caso, o alfabeto consiste no conjunto de letras maiúsculas e minúsculas da língua portuguesa. Outra variável utilizada na implementação é o tamanho possível da palavra original. Foram utilizadas palavras com tamanho mínimo de quatro caracteres e máximo de oito. É possível a utilização de qualquer tamanho de palavra, mas com esses números já é possível analisar o desempenho.

O programa também necessita do *hash* da palavra. Assim, o programa é baseado em três dados de entrada: alfabeto, tamanho da palavra e *hash* da palavra. Todos esses dados são passados na hora da compilação.

Supondo que a palavra consista de quatro caracteres. Sendo assim, o programa percorre todas as combinações possíveis de palavras com quatro caracteres, utilizando todas as letras do alfabeto. Portanto, começa com a palavra aaaa, depois baaa, caaa e assim percorre até chegar à palavra ZZZZ.

Toda a implementação do algoritmo MD5 foi tirada diretamente da descrição do algoritmo MD5 (RFC 1321 1992) [10].

V. Resultados e Avaliação

Para a realização dos testes foi utilizado um computador com processador AMD Athlon64 3500+ de 2 GHz com 3 GB de memória RAM. O sistema operacional utilizado foi o Windows 7 x64 e o software utilizado para desenvolvimento foi o Visual Studio 2008.

A. *Algoritmo AES*

Para comparar a versão da CPU com a versão da GPU, foi dividido o tempo da CPU com o tempo da GPU. Embora seja um bom indicador dos benefícios que a GPU pode trazer, é necessário ser cauteloso ao comparar o resultado obtido com outras publicações. Variações no hardware, renovações das GPUs, diferenças nas implementações de CPU e GPU provocarão mudanças na razão do tempo de execução entre GPU e CPU.

Para os testes do algoritmo AES duas GPUs foram utilizadas: Geforce 8600 GT e Geforce GT 240. É possível ver que os *clocks* das duas são similares, 1.36GHz e 1.34GHz, ou

seja, são mais lentas que a CPU utilizada. No entanto, o desempenho das GPUs é maior devido ao paralelismo utilizado, já que a 8600 GT possui 4 multiprocessadores com 8 *cores* cada, totalizando 32 *cores*, enquanto a GT 240 possui 12 multiprocessadores com 8 *cores* cada, totalizando 96 *cores.*

Os resultados foram obtidos ao encriptar e desencriptar um conjunto aleatório de dados 100 vezes. A saída do processo de desencriptação foi comparada com a entrada do processo de encriptação para verificação de corretude. O tempo de verificação não foi incluído no tempo total de execução do algoritmo. O tamanho da mensagem começa com 16 bytes, que é o menor tamanho possível de um bloco, e duplica de tamanho até 32MB, permitindo ver o comportamento do algoritmo conforme o tamanho do problema aumenta.

Todos os testes realizados foram feitos com 128 *threads* por bloco. O número de blocos era variável, sendo o valor da divisão do tamanho da mensagem por 2048, para mensagens iguais ou maiores que 2048. Enquanto o programa era executado, não havia mais nenhum aplicativo em execução.

Nota-se que para mensagens pequenas a versão CPU é mais rápida que a GPU. No entanto, a partir de 4 Kb a versão em CUDA começa a ter melhor desempenho que a versão em CPU, chegando a ser 3,18 vezes mais rápida no maior tamanho de mensagem suportado pelo hardware usado. Na figura 4 é ilustrado o comportamento das duas versões, para mensagens a partir de 256K.

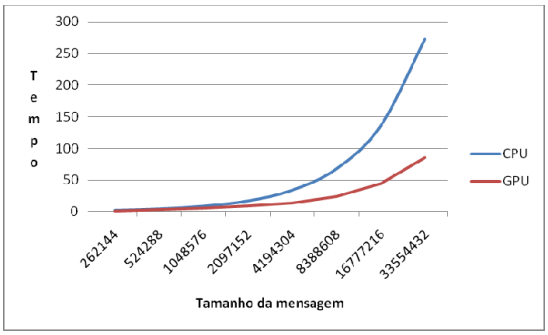


Figura 4. Resultados do teste de desempenho utilizando Geforce 8600 GT.

Nota-se que conforme o tamanho da mensagem aumenta, o tempo necessário para encriptar e desencriptar a mensagem aumenta muito mais para a CPU do que para a GPU. O maior uso efetivo da GPU é quando o tamanho da mensagem é suficientemente grande para aproveitar o paralelismo da arquitetura e amenizar o tempo gasto com transferências de dados entre as memórias. Percebe-se que isto acontece quando o tamanho da mensagem é de pelo menos 8192, ou seja, com 4 blocos em execução e 128 *threads* por bloco, totalizando 512 *threads* ativas.

Considerando a GeForce GTS 240, para tamanho de mensagem superior a 4096 a GPU começa a ter desempenho superior à CPU. Devido ao maior número de *cores* da GT 240, o desempenho para o maior tamanho de mensagem é muito superior, chegando a ser aproximadamente 19 vezes melhor que a versão CPU. O comportamento do tempo é demonstrado na figura 5. Nota-se que conforme aumenta o tamanho da mensagem, a GPU pouco sofre para manter o desempenho enquanto que o tempo utilizado pela CPU aumenta vertiginosamente.

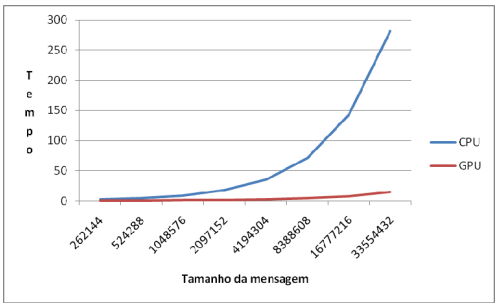


Figura 5. Resultados do teste de desempenho utilizando Geforce GT 240.

B. *Desempenho do algoritmo MD5*

Todos os testes do algoritmo MD5 na GPU foram feitos com 128 *threads* por bloco e 8192 blocos. Mediu-se o tempo, em segundos, para encontrar as palavras originais a partir dos hashes utilizando CPU e GPU. Para analisar o desempenho conforme o problema aumenta, as palavras variam de quatro a oito caracteres.

Como o programa precisa percorrer todas as palavras, transformando-as em *hashes* e comparando com o *hash* original, então mesmo em palavras pequenas como SPFC, a versão executada na GPU tem desempenho muito melhor que a CPU devido à capacidade de cada *thread* conseguir verificar uma palavra diferente, sem depender de outras *threads*, alcançando assim um alto grau de paralelismo.

O desempenho do algoritmo executado na GPU chega a ser quase 70 vezes superior ao algoritmo executado na CPU para a palavra com oito caracteres. Na figura 6 mostra-se como a versão da CPU necessita muito mais tempo para chegar à palavra original conforme ela aumenta.

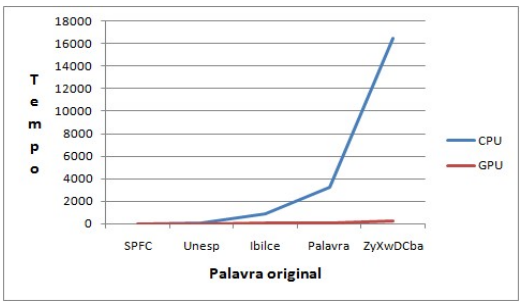


Figura 6. Resultado do teste de desempenho do algoritmo MD5.

C. *Análise*

Os testes mostraram que os algoritmos funcionam corretamente tanto na CPU quanto na GPU, comprovando que o sistema foi implementado de maneira satisfatória. Além disso, os testes mostram que o desempenho na GPU de ambos os algoritmos é muito superior ao desempenho na CPU, mostrando que pode ser viável a implementação desses algoritmos em GPU para aumentar o desempenho.

O processo de recuperação de palavras a partir de um *hash* mostrou-se muito custoso a CPU, necessitando de algumas horas para obter sucesso em palavras de apenas oito caracteres, enquanto que apenas alguns minutos eram necessários para o sucesso utilizando GPU. Com o aumento do tamanho da palavra, a utilização de CPU para recuperação de senhas fica inviável, tornando assim a utilização de GPUs ainda mais importante

VI. CONCLUSÃO

Neste trabalho utilizou-se uma implementação do AES em GPU que chega a ser 19 vezes mais rápida que a implementação em CPU. Com isso, esse trabalho mostra que a GPU pode ser utilizada como um coprocessador para criptografia, deixando a CPU para outros cálculos e aplicações.

É importante ressaltar que o hardware utilizado é considerado modesto e os resultados podem ser ainda melhores. Por isso, os resultados obtidos neste trabalho não esgotam as possibilidades de exploração de CUDA. A utilização de máquinas com múltiplas GPUs representa um potencial enorme a ser explorado na incessante busca por desempenho.

Além disso, a GPU pode ser utilizada para propósito de recuperação de senhas. Nesse trabalho, utilizou-se o algoritmo MD5 tanto em CPU quanto em GPU. Mostrou-se que é viável a obtenção da palavra original a partir de um *hash*, provando que o algoritmo não é tão seguro. Contudo, com o uso de senhas mais complexas, com mais caracteres, números ou até símbolos, a utilização de CPU para recuperação de senhas fica inviável, aumentando em muito o tempo de execução do algoritmo conforma a palavra ou o alfabeto utilizado aumenta. No entanto, uma solução plausível para esse problema é a utilização de GPUs, o que pode abreviar o tempo de recuperação para questão de minutos ou algumas horas, dependendo do tamanho e da complexidade da palavra.

AGRADECIMENTOS

Os autores expressam seus agradecimentos para a Fundunesp pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

[1] J. Knudsen, "Java cryptography", Beijing: O´Reilly, 1998.

[2] D. Kirk and W. Hwu, "Programming massively parallel processors: a hands-on approach", Morgan Kaufmann, 2010.

[3] NVIDIA, "NVIDIA CUDA programming guide", http://developer.download.nvidia.com/compute/cuda/2_3/toolkit/docs/NVIDIA_CUDA_ProgrammingGuide_2.3.pdf, 2009.

[4] J. Owens et al., A Survey of General-Purpose Computing on Graphics Hardware, Eurographics 2005, State of the Art Reports, pp. 21-51.

[5] A. Akoglu and G. Striemer, Scalable and Highly Parallel Implementation of Smith-Waterman on graphics processing unit using CUDA, Springer, 2009.

[6] Garland et al., Parallel Computing Experiences with Cuda, IEEE Micro, v. 28, n. 4, pp. 13-27, 2008.

[7] D. Strippgen and K. Nagel, Using common graphics hardware for multi-agent traffic simulation with CUDA, Proceedings of the 2nd International Conference on Simulation Tools and Techniques, 2009.

[8] J. Tolke, Implementation of a Lattice Boltzmann kernel using the Compute Unified Device Architecture developed by nVIDIA, Journal Computing and Visualization in Science, vol. 13, n.1, pp. 29-29, 2009.

[9] NIST, Specification for the advanced encryption standard (AES), 2001.

[10] Md5, disponível em http://tools.ietf.org/html/rfc1321.

[11] R. Suda et al., Aspects of GPU for general purpose high performance computing, Proceedings of the 2009 Conference on Asia and South Pacific Design Automation, pp. 216-223, 2009.

[12] P. D. Luebke, Scalable parallel programming for high-performance scientifc computing, Proceedings of the 2008 IEEE International Symposium on Biomedical Imaging, pp.836-838.

[13] J. Nickolls, I. Buck, M. Garland and K. Skadron, Scalable parallel programming with CUDA, Queue, vol 6, n. 2, pp.v40-53, 2008.

[14] I. Buch, GPU computing witt NVIDIA CUDA. ACM SIGGRAPh, 2007, p. 6.

[15] O. Harrison and J. Waldron, "AES encryption implementation and analysis on commodity graphics processing units", 9th Workshop on Cryptographic Hardware and Embedded Systems, 2007, pp. 209-226.

Análisis de los resultados de la implementación de mejoras en los procesos software utilizando la metodología MIGME-RRC*

Muñoz Mirna; Mejia Jezreel
Instituto Tecnológico de Orizaba,
Av Oriente 9 no 852, 94300 Veracruz, México
{mirna.munozm, jez.mejia}@gmail.com

Calvo-Manzano, Jose A.; Cuevas, Gonzalo; San Feliu, Tomás
Departamento Lenguajes y Sistemas Informáticos e Ingeniería de Software
Universidad Politécnica de Madrid, Facultad de Informática
28660 Boadilla del Monte, Madrid, España
{joseantonio.calvomanzano, gonzalo.cuevas, tomas.sanfeliu}@upm.es

* Los autores están ordenados por organización

***Resumen*— La mejora de proceso software es una forma lógica y obvia para abordar la creciente necesidad de ser competitivos en la industria del software. Como consecuencia, la industria del software está cada vez más interesada en la mejora de procesos software (Software Process Improvement, SPI). Sin embargo, aún cuando muchas organizaciones están motivadas para mejorar sus procesos, sólo unas pocas saben cuál es la mejor forma para realizar una mejora de sus procesos. Por lo que, implantar mejoras en sus procesos, se convierte en un camino lleno de obstáculos, dejando a los implicados en la mejora agotados, frustrados y más convencidos que nunca, en seguir haciendo su trabajo como lo venían haciendo hasta ahora. En este artículo, se muestra el análisis de los resultados de la implementación de mejoras en los procesos software de gestión de proyectos de cuatro oficinas de una empresa multinacional. La mejora de los procesos se llevo a cabo utilizando una metodología que permite la implementación gradual de mejoras en los procesos de la organización a través del uso de un entorno de referencia multimodelo.**

Palabras clave- entorno multimodelo, mejora de procesos software, organización de desarrollo de software, implementación de mejoras , gestiñón de proyectos, resistencia al cambio

I. INTRODUCCIÓN

Diariamente cada persona trabaja o interactúa con procesos para el desarrollo de sus actividades habituales. Por ejemplo, cuando se preparan documentos, se entregan informes o se acude a reuniones. Los procesos, por lo tanto, se han posicionado como un componente principal en la mejora de las organizaciones, ya que son utilizados diariamente para realizar las actividades.

A través de ellos, se pueden diagnosticar los problemas que proporcionan oportunidades de mejora en la estructura, en el control, en el personal e incluso en los mismos procesos, permitiendo gestionar el trabajo de una organización de manera más eficaz y eficiente [1].

Sin embargo, es en los procesos donde se encuentra la raíz de los problemas de las organizaciones. Por lo que, aún cuando muchas organizaciones están motivadas para realizar mejoras en sus procesos, pocas son las que conocen cómo mejorar sus procesos.

El resultado de esta falta de conocimiento, se refleja principalmente en esfuerzos de mejora fracasados que dejan a los implicados agotados, frustrados, y convencidos de seguir realizando su trabajo como hasta ahora lo han hecho, aún cuando no tenga el rendimiento esperado.

Esta situación hace que la resistencia al cambio aumente cada vez más cuando se implementan mejoras en los procesos de una organización.

Por esta razón, surge la necesidad de diseñar metodologías formales para la implementación de mejoras de procesos software [2]. Estas metodologías permitirán a la organización tener claramente definido el "cómo" realizar la mejora a través de la descripción de actividades, prácticas y responsabilidades a utilizar durante la implementación de mejoras en sus procesos.

El objetivo de este artículo es mostrar los resultados de la utilización de una metodología para la implementación gradual y continua de mejoras en los procesos de una organización basada en un entorno multimodelo y enfocada en la disminución de la resistencia al cambio. La metodología se ha denominado MIGME-RRC (**M**etodología para la **I**mplementación **G**radual de **M**ejoras con un **E**nfoque en la **R**educción de la **R**esistencia al **C**ambio) y trata aspectos relacionados con la correcta implementación de una mejora de procesos.

Este artículo está estructurado como sigue: la sección II, introduce la metodología MIGME-RRC, la sección III introduce el contexto de aplicación de la metodología, la sección IV, analiza los resultados de la aplicación de la metodología para la mejora de procesos de una organización; y la sección IV, muestra las conclusiones y trabajos futuros.

II. METODOLOGÍA MIGME-RRC

La metodología MIGME-RRC permite la implementación gradual de mejoras de los procesos de una organización, dependiendo de la capacidad de aceptación del cambio de la

Este trabajo ha sido patrocinado por everis Foundation y la Universidad Politécnica de Madrid a través de la "Cátedra de Mejora del Proceso Software en el Espacio Iberoamericano"

organización, de forma que las actitudes de rechazo se disminuyan y no se genere resistencia al cambio.

Tomando elementos claves de *mejores prácticas, gestión del conocimiento, gestión del cambio y entorno multimodelo*, MIGME-RRC ayuda a las organizaciones en la implementación exitosa de mejoras de sus procesos software, de tal manera que, utilizando la metodología, una organización sea capaz de:

- Identificar cuáles son las mejores prácticas de la organización.
- Analizar el rendimiento de la organización en relación al logro de sus objetivos de negocio con respecto a las mejores prácticas identificadas.
- Analizar mejores prácticas externas de acuerdo a la forma de trabajo de la organización, estableciendo un entorno multimodelo.
- Identificar las dependencias entre las mejores prácticas internas y externas, y analizar su impacto en el logro de los objetivos de negocio de la organización y su facilidad de adopción.
- Integrar las mejores prácticas internas y externas, de tal manera que se habilite un conjunto de mejores prácticas a ser seleccionadas de manera gradual y continua, de acuerdo a la capacidad de adopción del cambio por la organización.
- Identificar los factores de resistencia al cambio y los riesgos de implementación que pueden presentarse en la mejora de los procesos.
- Proporcionar indicadores para informar cómo funciona la mejora en: la incorporación y utilización de las mejores prácticas, el rendimiento de los procesos y la disminución de la resistencia al cambio.

En este artículo no se incluye la descripción de la metodología MIGME-RRC, sin embargo se considera importante describir brevemente cada etapa de la metodología:

1. *Identificar mejores prácticas internas*. Las actividades de esta fase están enfocadas: 1) a la extracción del conocimiento tácito de los proveedores de casos de éxito de la organización, y 2) al análisis de la documentación formal de los procesos de la organización. La realización de las actividades permite la identificación de las mejores prácticas de la organización, lo que ayuda a la comprensión de la forma de trabajo de la organización.
2. *Evaluar el rendimiento de la organización.* Las actividades de esta fase están enfocadas a establecer el rendimiento de los procesos de la organización a través del análisis de cobertura de las mejores prácticas de la organización, los indicadores relacionados con los objetivos del negocio y los objetivos del negocio en sí mismos.
3. *Analizar las prácticas externas*. Las actividades de esta fase están enfocadas a establecer un entorno multimodelo que se utilizará como referencia para la selección de las mejores prácticas externas que mejor se ajusten a la forma de trabajo de la organización y hagan los procesos más eficientes.
4. *Implementar mejoras en los procesos*. Las actividades de esta fase están enfocadas al diseño de los nuevos procesos a través de la integración de las mejores prácticas internas de la organización y las mejores prácticas externas seleccionadas con un entorno multimodelo.

Para más información sobre la descripción de las fases de la metodología MIGME-RRC referirse a [3], [4].

III. CONTEXTO DE APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA MIGME-RRC

Este artículo se centra en analizar los resultados de la implementación de la metodología MIGME-RRC para la mejora de procesos de gestión de proyectos en everis.

Antes de mostrar los resultados, se considera necesario mencionar, como contexto de la metodología, información sobre everis y el caso de estudio planteado.

A. everis

everis es una consultora multinacional con presencia en Europa y Latinoamérica que persigue convertir conocimiento y tecnología en herramientas para mejorar sustancialmente el desempeño de las organizaciones.

Desde su creación en 1996, everis ha ido creciendo tanto en facturación como en número de empleados de manera constante y siempre de manera orgánica. Su cierre del ejercicio 2009 ha reportado unos ingresos superiores a los 404 M€ con una plantilla de más de 7.000 empleados, siendo superior a 1.000 el número medio de proyectos abiertos mensualmente.

B. Caso de estudio planteado

El caso de estudio es el método más adecuado para la evaluación de muchas clases de investigación en el campo de la ingeniería de software, al permitir estudiar fenómenos contemporáneos en su contexto natural [5], [6].

El objetivo del caso de estudio realizado fue evaluar y validar los resultados de la experimentación de la metodología MIGME-RRC para la mejora de los procesos de una organización.

El caso de estudio se ha centrado en la gestión de proyectos de everis, que es una actividad que tiene un amplio impacto en sus objetivos de negocio. Por lo que los procesos enfocados en la gestión de proyectos deben ser adecuados y actualizados.

Las unidades de análisis para este caso de estudio fueron los procesos de gestión de proyectos y el personal implicado con los procesos de gestión de proyectos.

IV. ANALISIS DE LOS RESULTADOS DE LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA

El análisis de los resultados de la aplicación de la metodología que se muestra, parte del supuesto que con la utilización de los nuevos procesos, se mejora el cumplimiento de los indicadores del negocio.

A. Fuentes de datos analizadas

Los datos utilizados para este análisis fueron tomados de las auditorías internas de everis. En estas auditorías, se identifican las no conformidades del proceso asociadas a los indicadores relacionados con los objetivos del negocio.

Las no conformidades son problemas identificados en las auditorías internas que reflejan la no adherencia a los estándares, a las descripciones de proceso o a los procedimientos aplicables.

El análisis de las no conformidades del proceso asociadas a los indicadores relacionados con los objetivos del negocio permite obtener información sobre la utilización de los procesos. Cabe mencionar que las auditorías internas en las que se recogen las no conformidades han sido analizadas a través de tres años fiscales, como se muestra en la Tabla I.

Por lo tanto, mediante la recogida de los datos de estas auditorías internas se han podido obtener datos antes, durante y después del cambio que implica la implementación de las mejoras en los procesos de una organización.

TABLA I. PERIODOS ANALIZADOS

No	*Periodo*	*Año Fiscal*	*Periodo de recogida de datos*
1	Abril 2007-marzo 2008	AF'07	Antes
2	Abril 2008-marzo 2009	AF'08	Durante
3	Abril 2009- octubre 2010	AF'09	Después

Como se observa en la Tabla I, el análisis de los datos muestra el comportamiento de las no conformidades durante los tres periodos AF'07 (antes), AF'08 (durante) y AF'09[1] (después) de la implementación de la mejora de los procesos.

La comparación se ha llevado a cabo de esta manera ya que el porcentaje planificado para el año AF'07 permaneció constante para AF'08 y AF'09.

B. Herramienta de análisis utilizada

El análisis de datos fue realizado mediante gráficas de control (control charts). La gráfica de control es una gráfica que ayuda a entender las variaciones en el proceso y a identificar que el proceso permanece estable o "en control" al ser medido durante un periodo de tiempo [7].

La información proporcionada por este tipo de gráficos es muy útil para obtener información visual de los cambios en el proceso, permitiendo reconocer patrones de rendimiento en un proceso e identificar las oportunidades de mejora [7].

La gráfica de comportamiento muestra estadísticos simples relacionados con el proceso como [7]:

- *Media*: el valor medio de los datos presentados.
- *Rango*: la diferencia entre el límite de control superior (Upper Control Limit, UCL) y el límite control inferior (Lower Control Limit, LCL).

Mediante estos estadísticos se puede: entender la variación en el rendimiento de los procesos, analizar los datos para encontrar patrones que no son fácilmente observados en tablas u hojas de cálculo, seguir el rendimiento del proceso durante un tiempo para detectar señales de cambios y, comunicar como se ha comportado un proceso durante un periodo de tiempo específico [7].

Por lo tanto, la utilización de gráficas de control ha permitido analizar el comportamiento de los procesos mediante el análisis de las no conformidades de los indicadores de los procesos.

C. Análisis de la utilización de los procesos

El objetivo del análisis de la utilización de los procesos, es analizar el grado de uso de los nuevos procesos a través del rendimiento de las mejores prácticas contenidas en los nuevos procesos.

Este análisis se centra en los indicadores *normas de gestión, actas de arranque y planificación del proyecto,* los cuales fueron seleccionados de acuerdo a la priorización de indicadores del negocio realizada como parte de las actividades propuestas por la metodología MIGME-RRC en su fase 2 *Evaluar el rendimiento de la organización*.

Estos indicadores fueron analizados de manera global y por oficinas. Este artículo se centra en el análisis por oficinas. Para más información del análisis global y lecciones aprendidas del mismo refiérase a [8].

Las oficinas analizadas incluidas en este artículo son oficinas de everis en Europa y Latinoamérica. Por acuerdo de confidencialidad, se sustituirá el nombre de las diferentes oficinas por A, B, C y D respectivamente.

A través de los resultados de estas oficinas se ha analizado el comportamiento de los tres indicadores antes mencionados durante los tres periodos AF'07, AF'08 y AF'09.

Para el análisis se han agrupado los valores en dos grupos: por un lado, grupo I (AF'07 y AF'08) y por otro lado, grupo II (AF'09).

Oficina A

Como se observa en la Fig. 1, el gráfico de control del indicador *normas de gestión* muestra una mejora al observarse una disminución en la media de 9,13 en el grupo I a 5,92 en el grupo II. Además, se observa un desplazamiento del valor en el límite de control superior pasando de 39,39 (grupo I) a 18,84 (grupo II). De igual manera, se observa que se tiene un mejor

[1] Cabe mencionar que para el año fiscal 2009 se ha tomado además parte del año fiscal 2010 para poder hacer un mejor análisis del comportamiento de los nuevos procesos después del cambio

control de los nuevos procesos, ya que los valores tienden a estar más cerca de la media.

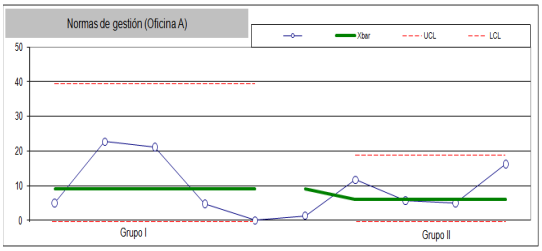


Figura 1. Gráfica de control para el indicador "normas de gestión" oficina A

Como se observa en la Fig. 2, el gráfico de control del indicador *actas de arranque* muestra una mejora al observarse una disminución en la media de 9,5 en el grupo I a 5,6 en el grupo II. Además, se observa un desplazamiento del valor en el límite de control superior pasando de 38,98 (grupo I) a 19,98 (grupo II). De igual manera, se observa que se tiene un mejor control de los nuevos procesos, ya que los valores tienden a estar más cerca de la media.

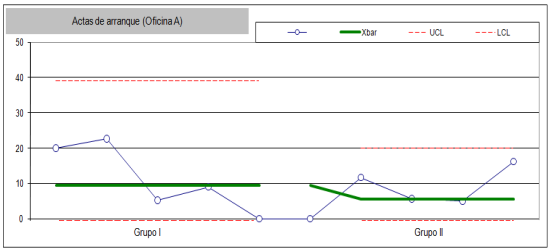


Figura 2. Gráfica de control para el indicador "actas de arranque" oficina A

Como se observa en la Fig. 3, el gráfico de control del indicador *planificación del proyecto* muestra una mejora al observarse una disminución en la media de 6,13 en el grupo I a 2,52 en el grupo II. Además, se observa un desplazamiento del valor en el límite de control superior pasando de 27,11 (grupo I) a 16,31 (grupo II). De igual manera, se observa que se tiene un mejor control de los nuevos procesos, ya que los valores tienden a estar más cerca de la media.

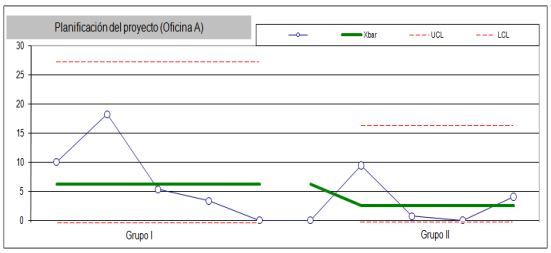


Figura 3. Gráfica de control para el indicador "planificación del proyecto" oficina A

Oficina B

Como se observa en la Fig. 4, el gráfico de control del indicador *normas de gestión* muestra una mejora al observarse una disminución en la media de 21,4 en el grupo I a 2,75 en el grupo II. Además, se observa un desplazamiento del valor en el límite de control superior pasando de 90,86 (grupo I) a 13,81 (grupo II). De igual manera, se observa que se tiene un mejor control de los nuevos procesos, ya que los valores tienden a estar más cerca de la media.

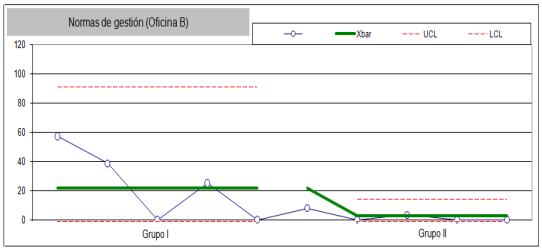


Figura 4. Gráfica de control para el indicador "normas de gestión" oficina B

Como se observa en la Fig. 5, el gráfico de control del indicador *actas de arranque* muestra una mejora al observarse una disminución en la media de 10,6 en el grupo I a 2,75 en el grupo II. Además, se observa un desplazamiento del valor en el límite de control superior pasando de 40,17 (grupo I) a 13,81 (grupo II). De igual manera, se observa que se tiene un mejor control de los nuevos procesos, ya que los valores tienden a estar más cerca de la media.

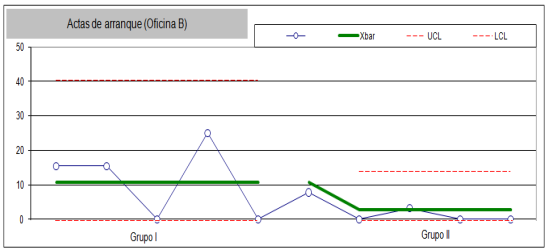


Figura 5. Gráfica de control para el indicador "actas de arranque" oficina B

Como se observa en la Fig. 6, el gráfico de control del indicador *planificación del proyecto* muestra una mejora al observarse una disminución en la media de 9,95 en el grupo I a 7,5 en el grupo II.

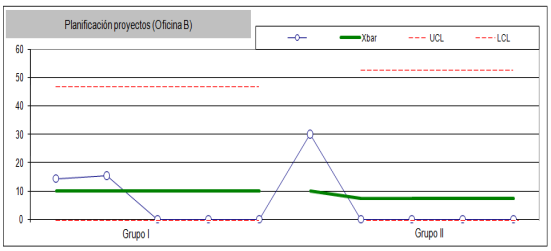


Figura 6. Gráfica de control para el indicador "planificación del proyecto" oficina B

Oficina C

Como se observa en la Fig. 7, el gráfico de control del indicador *normas de gestión* muestra una mejora al observarse una disminución en la media de 10 en el grupo I a 0 en el grupo II. Además, se observa un desplazamiento del valor del límite de control superior pasando de 70 (grupo I) a 0 (grupo II). De igual manera, se observa que se tiene un mejor control de los nuevos procesos, ya que los valores tienden a ser igual a la media.

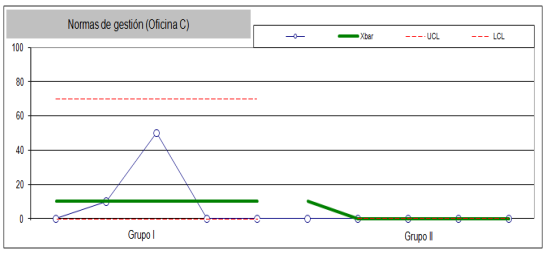


Figura 7. Gráfica de control para el indicador "normas de gestión" oficina C

Como se observa en la Fig. 8, el gráfico de control del indicador *actas de arranque* muestra una mejora al observarse una disminución en la media de 9,71 en el grupo I a 2,4 en el grupo II. Además, se observa un desplazamiento del valor en el límite de control superior pasando de 69,75 (grupo I) a 16,8 (grupo II). De igual manera, se observa que se tiene un mejor control de los nuevos procesos, ya que los valores tienden a estar más cerca de la media.

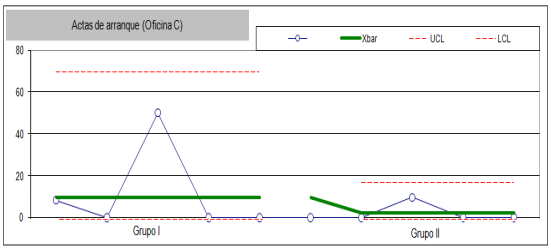


Figura 8. Gráfica de control para el indicador "actas de arranque" oficina C

Como se observa en la Fig. 9, el gráfico de control del indicador *planificación del proyecto* muestra una mejora al observarse una disminución en la media de 13,33 en el grupo I a 4,17 en el grupo II. Además, se observa un desplazamiento del valor en el límite de control superior pasando de 60,21 (grupo I) a 29,21 (grupo II). De igual manera, se observa que se tiene un mejor control de los nuevos procesos, ya que los valores tienden a estar más cerca de la media.

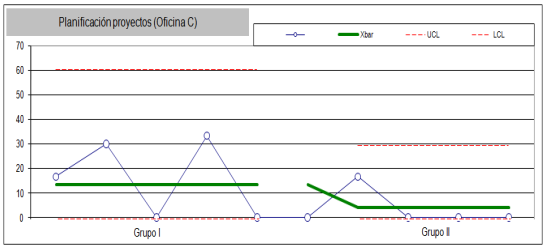


Figura 9. Gráfica de control para el indicador "planificación del proyecto" oficina C

Oficina D

Como se observa en la Fig. 10, el gráfico de control del indicador *normas de gestión* muestra una mejora al observarse una disminución en la media de 4,16 en el grupo I a 0 en el grupo II. Además, se observa un desplazamiento del valor en el límite de control superior pasando de 19,52 (grupo I) a 0 (grupo II). De igual manera, se observa que se tiene un mejor control de los nuevos procesos, ya que los valores tienden a ser igual a la media.

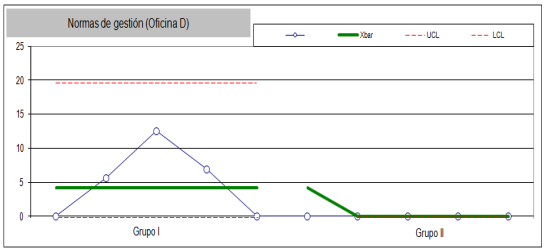


Figura 10. Gráfica de control para el indicador "normas de gestión" oficina D

Como se observa en la Fig. 11, el gráfico de control del indicador *actas de arranque* muestra una mejora al observarse una disminución en la media de 1,38 en el grupo I a 0 en el grupo II. Además, se observa un desplazamiento del valor en el límite de control superior pasando de 11,54 (grupo I) a 0 (grupo II). De igual manera, se observa que se tiene un mejor control, ya que los valores tienden a ser igual a la media.

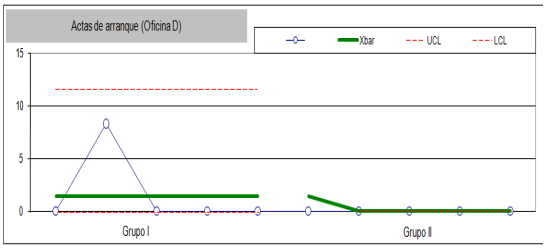


Figura 11. Gráfica de control para el indicador "actas de arranque" oficina D

Como se observa en la Fig. 12, el gráfico de control del indicador *planificación del proyecto* muestra una mejora al observarse una disminución en la media de 7 en el grupo I a 0

en el grupo II. Además, se observa un desplazamiento del valor en el límite de control superior pasando de 50,72 (grupo I) a 0 (grupo II). De igual manera, se observa que se tiene un mejor control de los nuevos procesos, ya que los valores tienden a ser igual a la media.

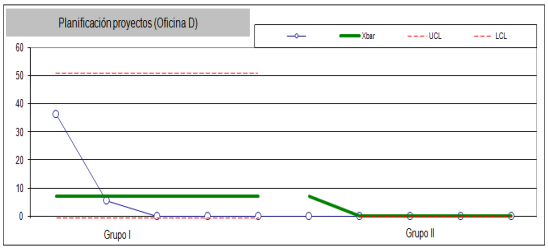


Figura 12. Gráfica de control para el indicador "planificación del proyecto" oficina D

Resumen del análisis en las Oficinas

El análisis de los tres indicadores *normas de gestión, actas de arranque y planificación del proyecto* a través de las oficinas de A, B, C y D muestra una disminución en la media de las no conformidades de los procesos relacionadas con cada indicador.

En general, en todas las oficinas se observa una tendencia a la mejora gradual y continua en la media y en el control de los indicadores, ya que sus valores se encuentran más cerca de la media.

El resumen de la disminución por oficina se muestra en la Tabla II.

TABLA II. RESUMEN DE DISMINUCIÓN DEL VALOR EN MEDIAS PARA LOS TRES INDICADORES ANALIZADOS

Oficina	**Disminución en la media**		
	Normas de gestión	***Actas de arranque***	***Planificación del proyecto***
A	3,21	3,9	3,61
B	18,65	7,85	2,2
C	10	7,31	9,16
D	4,16	1,38	50,72

Como se observa en la Tabla II, aún cuando existe en todas las oficinas una disminución en la media, este valor varía entre ellas debido a que: 1) la cantidad de gerentes innovadores y primeros adaptadores (personalidad que apoya al cambio), no es la misma en las oficinas, y 2) cada oficina tiene una capacidad de adopción del cambio diferente (sólo adoptan aquellas prácticas que le ayudan a hacer más eficientes sus procesos).

De acuerdo al análisis de los datos realizado a través de las no conformidades a tres principales indicadores*: normas de gestión, actas de arranque y planificación del proyecto*, que reflejaría la falta de adherencia a los procesos, se observa que en todas la oficinas ha habido una mejora gradual y continua en la adopción y el uso de los nuevos procesos.

Además, se observa que los valores de disminución de la media de las no conformidades disminuyen de manera diferente en cada oficina. Esto se debe a que cada oficina establece el ritmo de implementación de su mejora, dependiendo de su capacidad de adopción del cambio.

V. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

Implementar mejoras en los procesos de gestión de proyectos en everis utilizando la metodología MIGME-RRC, ha permitido que las diferentes oficinas establezcan su ritmo de implementación de la mejora dependiendo de su capacidad de adopción al cambio. Esto se confirma con el análisis realizado a los indicadores relacionados con los objetivos del negocio, ya que se observa una disminución en todas las medias de las no conformidades, siempre de una manera gradual y continua, reflejando una mejor adherencia a los nuevos procesos.

Además, con la implementación de mejoras en los procesos utilizando la metodología MIGME-RRC se demuestra que, implementar mejoras en los procesos de una organización estableciendo un entorno de referencia multimodelo, permite la adopción de mejores prácticas externas acordes a la forma de trabajo de la organización y, por lo tanto, la obtención de procesos más eficientes que reflejan la forma de trabajo de la organización.

Como trabajo futuro derivado, se pretende establecer una plataforma de apoyo que permita la automatización de la metodología MIGME-RRC para su aplicación a PYMEs.

REFERENCIAS

[1] Madison, D. Process mapping, Process Improvement and Process Management A practical Guide to Enhancing Work and Information Flow. Paton Professional, Chico, California., 2005.

[2] Kirwan, P., Andelfinger, U., Sassenburg, H., Heijstek, A. A Unified Process Improvement Approach for Multi-model Improvement Environments. Software Engineering Institute (SEI). Carnegie Mellow University.http://www.sei.cmu.edu/news-atsei/features/2006/04/feature-1-2006-04.htm. [Noviembre 13 2007]. 2004.

[3] Calvo-Manzano Jose A., Cuevas Gonzalo, Muñoz Mirna, San Feliu Tomás. Metodología para la Implementación Gradual de Mejoras, con Enfoque en la Reducción de la Resistencia al Cambio. Proceedings 4ª Conferencia Ibérica de Sistemas y Tecnologías de la Información (CISTI 2009).2009.

[4] Calvo-Manzano Jose A., Cuevas Gonzalo, Gómez Gerzón, Mejia Jezreel, Muñoz Mirna, Tomás San Feliu. Methodology for process improvement through basic components and focusing on the resistance to change. Journal of Software Maintenance and Evolution: Research and Practice. 2010.

[5] Runeson, P., Höst, M. Guidelines for conducting and reporting case study research in software engineering. Empirical Software Engineering. Volumen 14. 2009.

[6] Wohlin, C., Host, M., Henningsson, K. Empirical Research Methods in Software Engineering. In Empirical Methods and Studies in Software Engineering, Anonymous Springer Berlin, Heidelberg, 7. 2003.

[7] iSixSigma. 2010. iSix Sigma Quality Resources for Achieving Six Sigma Results. www.isixsigma.com. 2010.

[8] Cuevas, G., Mejia, J., Muñoz, M., San Feliu, T., Experiencia en la mejora de procesos de gestión de proyectos utilizando un entorno de referencia multimodelo, Revista RISTI, Volumen 6, Diciembre 2010. 2010.

MiProJOC: Una herramienta Software de soporte a la Docencia y a la Evaluación de Conocimientos

Mas, A., Mesquida, A.L., Gilabert, J.M.
Universitat de les Illes Balears (UIB)
Palma de Mallorca, España
{antonia.mas, antoni.mesquida, xema.gilabert}@uib.es

Resumen—**La combinación de métodos tradicionales de enseñanza con mecanismos de innovación docente genera un efecto positivo en el aprendizaje de cualquier materia. Como complemento de las clases teóricas y prácticas en los estudios de educación superior, se ha desarrollado una herramienta en forma de juego denominada *MiProJOC*. La herramienta también puede ser utilizada para la evaluación de conocimientos en actividades de estudio y trabajo autónomo del alumno. *MiProJOC* está diseñada para facilitar el mantenimiento de un repositorio de preguntas de diferentes áreas, definir distintas modalidades de juego y presentar los resultados estadísticos derivados de la utilización del juego.**

Palabras clave - Educación, aprendizaje, juego, evaluación de conocimientos, herramienta de software, Gestión de proyectos, PMBOK®

I. INTRODUCCIÓN

El proceso de aprendizaje de una determinada materia puede verse reforzado con la realización de determinadas actividades de tipo lúdico. Si además, durante estas actividades se crean equipos de trabajo y se fomenta la competitividad entre ellos, el proceso docente puede resultar muy atractivo para los estudiantes a la vez que útil para la adquisición de competencias.

En las investigaciones realizadas sobre el uso de juegos de ordenador en la educación superior [1,..,9], hemos podido observar que muchos de estos estudios se basan en la utilización con fines educativos de juegos de ordenador ya existentes. Sin embargo, el objetivo principal del trabajo que se presenta en este artículo ha sido desarrollar un nuevo juego para ser utilizado como complemento a los métodos tradicionales de aprendizaje: las clases magistrales y los ejercicios prácticos. Este juego nace con el objetivo de fomentar varios de los ejes claves en el nuevo Espacio Europeo de Educación Superior: la participación activa de los alumnos en las clases, el trabajo en equipo, el aprendizaje gradual y la evaluación continuada. Realmente, estamos convencidos que los estudiantes se sienten más motivados cuando se utilizan técnicas innovadoras para la adquisición y consolidación de conocimientos.

En nuestro grupo de investigación denominado MiProSoft, ya hemos desarrollado otras dos herramientas de soporte a la investigación que venimos realizando en el campo de la mejora de procesos de software:

- SPICECalc [10], herramienta de ayuda en la realización de evaluaciones según el estándar ISO/IEC 15504.
- SETE (Software de Evaluación del Trabajo en Equipo) [11], herramienta para facilitar la autoevaluación del trabajo en equipo en proyectos de software.

Para nosotros siempre ha sido prioritaria la obtención de resultados empíricos. Por este motivo, en cualquier investigación o desarrollo que hemos realizado, el modelo, producto o resultado obtenido ha sido convenientemente validado.

En este artículo presentamos *MiProJOC*, un juego de soporte a la docencia, que puede ser utilizado tanto para la impartición de contenidos como para la evaluación de los mismos. *MiProJOC* ha sido concebido para ser utilizado en las asignaturas de las áreas de Ingeniería del Software y de Gestión de proyectos de los estudios de Grado en Informática en la *Universitat de les Illes Balears*. Sin embargo, al tratarse de una herramienta muy flexible y parametrizable, podrá ser fácilmente utilizada en cualquier otro campo de conocimiento.

En la Sección II se realiza una descripción de los módulos y funcionalidades que ofrece *MiProJOC*. En la Sección III se muestra un ejemplo de aplicación de *MiProJOC* en la asignatura de Gestión de Proyectos. Finalmente, la Sección IV presenta las conclusiones.

II. COMPONENTES DE MIPROJOC

El objetivo principal de este trabajo ha sido desarrollar una primera versión de la herramienta. Desde el punto de vista funcional el juego *MiProJOC* puede dividirse en dos grandes módulos:

- Un módulo de administración, denominado *MiProJOC Adm*. Este primer módulo, que será de uso exclusivo para los usuarios administradores, permitirá mantener la batería de preguntas y respuestas, configurar los diferentes modos de juego y obtener informes estadísticos.
- Un módulo de juego, denominado *MiProJOC Game*. Este segundo módulo agrupa todas las funciones relacionadas con la realización de juegos, tanto individuales como en equipo, y será utilizado para

comprobar el grado de conocimiento de una determinada materia. Este módulo será utilizado conjuntamente por el profesor y sus alumnos durante las sesiones presenciales, e individualmente por los alumnos cuando decidan someterse a una autoevaluación.

En los apartados siguientes se describen las principales funcionalidades de cada uno de estos dos módulos.

A. Módulo de administración: MiProJOC Adm

El módulo de administración ha sido diseñado con el objetivo de dar soporte a la gestión del repositorio de preguntas, la configuración de las diferentes modalidades de juego y la visualización de estadísticas de aciertos por categorías de preguntas. A continuación, se exponen con más detalle las principales funciones que contempla este módulo.

1) Gestión del repositorio de preguntas

La gestión del repositorio de preguntas incluye las funciones necesarias para administrar las áreas de conocimiento, las categorías en que se divide cada área y las preguntas que se generen para cada una de estas categorías.

Una pregunta consta, entre otros, de los siguientes atributos:

- Identificador de la pregunta. El identificador permite conocer el área de conocimiento y la categoría de la pregunta.
- Enunciado de la pregunta. Las preguntas deben ser claras y precisas con el fin de no llevar a confusión.
- Nivel de dificultad. Las preguntas pueden tener diferentes niveles de dificultad. En caso de que no se desee utilizar este parámetro, simplemente se optará por introducir el mismo nivel para todas las preguntas.
- Posibles respuestas. Cada respuesta se identifica con una letra, siguiendo el orden alfabético. El número de posibles respuestas es configurable.
- Respuesta correcta. Las preguntas tienen sólo una respuesta correcta.
- Sugerencia de estudio. Indica los temas de estudio que se deben revisar en caso de no contestar correctamente a una pregunta.

2) Configuración de las modalidades de juego

Este módulo ofrece el conjunto de funcionalidades necesarias para definir nuevas modalidades de juego o parametrizar las modalidades ya existentes.

Estas modalidades de juego surgen de la asignación de unos determinados valores para una serie de parámetros. *MiProJOC* cuenta con los siguientes parámetros, que el administrador podrá ir adaptando para generar nuevas modalidades de juego:

- Número de jugadores. Existen modalidades de juego individual (1 jugador) y modalidades de juego para varios jugadores o equipos (2-6 jugadores).
- Tiempo máximo de partida. En caso de activar este parámetro, un contador indica en todo momento el tiempo restante de juego.
- Tiempo máximo de respuesta. Indica el tiempo de que dispone el jugador para seleccionar la respuesta correcta.
- Número máximo de preguntas por categoría. Indica el número máximo de preguntas de cada categoría que podrán formularse durante el juego.
- Número máximo de aciertos por categoría. Indica el número de preguntas de una determinada categoría que deben responderse correctamente para demostrar su dominio.

A partir de la combinación de valores para los parámetros anteriores, *MiProJOC* cuenta con 3 modalidades de juego predefinidas: *Competición*, *Autoevaluación* y *Contrarreloj*. Los posibles valores que pueden tomar los parámetros, en caso que sean configurables se muestran en la Tabla 1.

TABLA I. PARÁMETROS DE LAS MODALIDADES DE JUEGO

	Modalidad de juego		
Parámetro	***Competición***	***Autoevaluación***	***Contrarreloj***
Número de jugadores	2-6	1	1
Tiempo máximo de partida	10-120 min	10-30 min	1-3 min
Tiempo máximo de respuesta	NO / 5-30 s	NO	NO
Número máximo de preguntas por categoría	NO	1-10	NO
Número máximo de aciertos por categoría	1-5	NO	NO

A partir de las modalidades anteriores se pueden definir nuevas variantes. Una de estas variantes es la llamada *Prueba de evaluación*, creada a partir de la modalidad de juego *Autoevaluación*. Esta modalidad permite generar tests para la evaluación de los conocimientos de los alumnos en una determinada área o materia. Al ser de uso exclusivo para el profesor, esta modalidad de juego sólo es accesible desde el módulo de administración.

Para confeccionar un test de evaluación, el usuario deberá proceder del siguiente modo:

- En primer lugar, deberá elegir el área de conocimiento, seleccionar las categorías e indicar el número total de preguntas que debe contener el test. Se ha limitado un mínimo de 10 preguntas y un máximo de 50.
- En segundo lugar y con ayuda de un asistente, deberá introducir el número de preguntas que desea de cada categoría y el nivel de dificultad, por ejemplo, indicará dos preguntas de nivel 2 de la categoría B, tres preguntas de nivel 1 de la categoría D, y así

sucesivamente. Un contador le irá mostrando el número de preguntas que lleva seleccionadas.

- En tercer lugar, el generador de pruebas de evaluación seleccionará aleatoriamente las preguntas de cada tipo indicado.
- Finalmente, se mostrará la prueba generada y se ofrecerá al usuario la posibilidad de cambiar una pregunta por otra cualquiera de la misma categoría y nivel, no seleccionada anteriormente.

Cuando el usuario muestre la conformidad definitiva con el test de evaluación obtenido, se actualizarán los contadores correspondientes para almacenar las preguntas que han sido seleccionadas, la fecha y otros atributos que serán de utilidad en las consultas que ofrece la aplicación. Además, se proporcionarán también otros datos como el nombre de la prueba, la fecha, la duración, observaciones, y otros atributos, que complementarán una plantilla predefinida, y se creará el documento que contendrá el test de evaluación, totalmente preparado para proporcionar directamente al alumno.

3) Visualización de resultados estadísticos

El módulo de administración también ofrece funciones de visualización de resultados estadísticos. Estos resultados muestran información sobre:

- Pruebas de evaluación. Se indican las preguntas que han aparecido en las diferentes pruebas generadas, los porcentajes de éxito o de fracaso en cada una de las respuestas y otra información que pueda considerarse de interés.
- Preguntas. Se permite consultar el número de veces que se ha acertado cada pregunta de entre el número de veces que se ha formulado.
- Categorías. Ofrece la posibilidad de consultar las categorías con más preguntas acertadas o falladas.
- Usuarios. Permite almacenar los resultados que obtiene un usuario en las diferentes pruebas de evaluación. De esta manera, una misma persona puede comprobar si va mejorando en los conocimientos de un determinado tema.
- Equipos. Permite comparar la evolución de los distintos equipos de juego, a partir del número de partidas jugadas, las partidas ganadas, y del número de aciertos en cada categoría de preguntas.

B. Módulo de juego: MiProJOC Game

El módulo *MiProJOC Game* ofrece tanto a los profesores como a los alumnos, la posibilidad de acceder a diferentes juegos de preguntas y respuestas con objetivos y normas diferentes para cada caso.

En la primera pantalla de este módulo se presentan todas las modalidades de juego definidas en el módulo de administración. La Fig. 1 muestra las modalidades de juego que inicialmente ofrece *MiProJOC*: dos modalidades de juego individual (*Autoevaluación* y *Contrarreloj*) y una modalidad para varios jugadores o equipos (*Competición*).

Figura 1. Pantalla de selección de la modalidad de juego

1) Autoevaluación

En la modalidad de *Autoevaluación* el alumno, una vez registrado, deberá elegir el área de conocimiento de la que desea ser evaluado y, a continuación, las categorías sobre las que se le formularán las preguntas. El objetivo es que el alumno pueda evaluarse de una sola categoría de preguntas, después de haber estudiado un tema concreto, o de diferentes categorías, cuando haya estudiado todos los temas de un determinado bloque.

En una *Autoevaluación* el alumno deberá seleccionar el número de preguntas que se le formularán de cada una de estas categorías así como la modalidad de puntuación: que una respuesta incorrecta reste la parte proporcional al número de posibles respuestas de la pregunta, o que las respuestas equivocadas se traten como si fueran preguntas sin responder.

Una vez seleccionados todos los parámetros anteriores, *MiProJOC* genera la autoevaluación que va mostrando a través de sucesivas pantallas. En esta modalidad de juego también se va contabilizando el tiempo que el alumno invierte en completar el test.

Una vez finalizada la prueba, se muestran los resultados obtenidos en el informe de la evaluación, que contiene: el número de preguntas formuladas, el número de respuestas acertadas, el de no acertadas y el que se han dejado sin responder. A partir de estos datos y según la modalidad de puntuación elegida, se presenta la puntuación final obtenida, el tiempo invertido y un conjunto de sugerencias de estudio que, podrá ser mayor o menor en función del número de respuestas no acertadas.

2) Contrarreloj

La modalidad de juego *Contrarreloj* es una variante de la modalidad anterior, en la que el usuario, una vez registrado, en lugar de elegir el número de preguntas que va a responder, debe elegir el tiempo máximo para contestar correctamente el mayor número de preguntas posible.

Del mismo modo que en la modalidad anterior, puede elegir si las respuestas respondidas de forma incorrecta

descuentan o no sobre las respuestas acertadas. También se genera un informe con los resultados de la evaluación.

3) Competición

La modalidad de juego de *Competición* está pensada para varios jugadores o equipos. Todos los jugadores o equipos deberán introducir su nombre.

Como en las modalidades anteriores, los jugadores deberán elegir el área de conocimiento y las categorías de las preguntas. Cada categoría de preguntas estará representada por un color diferente.

Antes de empezar la partida, se ofrecerá la posibilidad de personalizar los siguientes aspectos: el nivel de dificultad de las preguntas, la duración máxima de la partida, el tiempo máximo de respuesta y el número máximo de aciertos por categoría.

El orden de juego se establece aleatoriamente. El jugador que tiene el turno de juego elige una categoría de preguntas. *MiProJOC* selecciona y muestra una pregunta de esa categoría con sus posibles respuestas, iniciando la cuenta atrás para responder. Antes de que termine el tiempo el jugador deberá seleccionar una respuesta. Si la respuesta proporcionada es correcta, aumenta el contador de aciertos en una unidad. Después de cada pregunta, el turno cambia al siguiente equipo y se repite la misma mecánica de juego.

El jugador o equipo ganador será el que consiga antes reunir el número prefijado de aciertos en todas las categorías de preguntas.

La Fig. 2 muestra un momento de una partida en la modalidad *Competición*. En este ejemplo juegan dos equipos con seis categorías de preguntas. Se ha definido que sean cuatro los aciertos de cada categoría que se deben reunir para hacerse con la victoria. En el momento capturado de la partida, el Equipo 1 ha respondido a una pregunta de la tercera categoría seleccionando la respuesta B, cuando aún disponía de 24 segundos para responder. Como se puede observar en la Fig. 2, los jugadores pueden conocer en todo momento el estado del juego de su equipo.

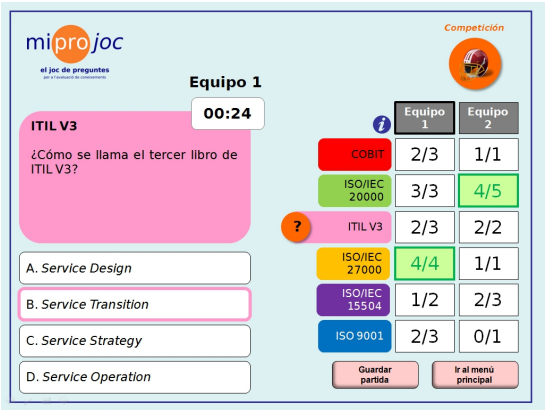


Figura 2. Momento de juego en la modalidad *Competición*

III. Aplicación de MiProJOC para la enseñanza de PMBOK®

En este apartado se describe como se han parametrizado y utilizado las diferentes modalidades de juego de *MiProJOC* para adaptarse a la enseñanza de los contenidos de la Guía del PMBOK® (*Project Management Body of Knowledge*) [12] dentro de una asignatura de Gestión de Proyectos de los estudios de Ingeniería en Informática.

La Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos, la guía del PMBOK®, identifica el conjunto de buenas prácticas relacionadas con la dirección de proyectos. La guía del PMBOK® también proporciona y promueve un vocabulario común en el ámbito de la profesión, parte esencial en toda disciplina profesional. Además, el *Project Management Institute* (PMI), promotor de la Guía, considera la norma como una referencia fundamental en el ámbito de la dirección de proyectos para sus certificaciones y programas de desarrollo profesional.

La dirección de proyectos es la aplicación de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas a las actividades de un proyecto para cumplir con los requisitos del mismo. La aplicación de conocimientos requiere de la dirección eficaz de los procesos apropiados. Un proceso es un conjunto de acciones y actividades interrelacionadas realizadas para obtener un producto, resultado o servicio predefinido.

Los procesos de dirección de proyectos aseguran que el proyecto avance de manera eficaz durante toda su existencia. En la guía del PMBOK® se describen los procesos de la dirección de proyectos, que se agrupan en 9 áreas de conocimiento, formando cada una de ellas un capítulo de la guía del PMBOK® y que se citan a continuación:

- Gestión de la Integración del Proyecto.
- Gestión del Alcance del Proyecto.
- Gestión del Tiempo del Proyecto.
- Gestión de los Costos del Proyecto.
- Gestión de la Calidad del Proyecto.
- Gestión de los Recursos Humanos del Proyecto.
- Gestión de las Comunicaciones del Proyecto.
- Gestión de los Riesgos del Proyecto.
- Gestión de las Adquisiciones del Proyecto.

MiProJOC se ha utilizado tanto para dar soporte al aprendizaje de la guía del PMBOK® como para la evaluación de la misma. Tres han sido las modalidades escogidas:

A. Autoevaluación

La modalidad de juego *Autoevaluación* de *MiProJOC* ha sido utilizada por los alumnos para validar su aprendizaje sobre la Guía. Así pues, una vez seleccionada el área de conocimiento "Guía del PMBOK®", el alumno ha seleccionado las categorías de preguntas con las que deseaba autoevaluarse, y que han coincidido con las nueve áreas de conocimiento de la Guía.

Una vez elegido el número de preguntas y el resto de valores para todos los parámetros configurables, *MiProJOC* ha generado las preguntas de la evaluación. Una vez empezada la partida, la herramienta ha ido capturando las respuestas del alumno y calculando el tiempo invertido en realizar la prueba. Finalmente, se ha ofrecido al alumno los resultados de su autoevaluación, mediante una pantalla de resumen, como se muestra en la Fig. 3, con la siguiente información: número de preguntas formuladas, respuestas acertadas, no acertadas, tiempo utilizado, nota final y sugerencias de estudio a partir de las preguntas incorrectas.

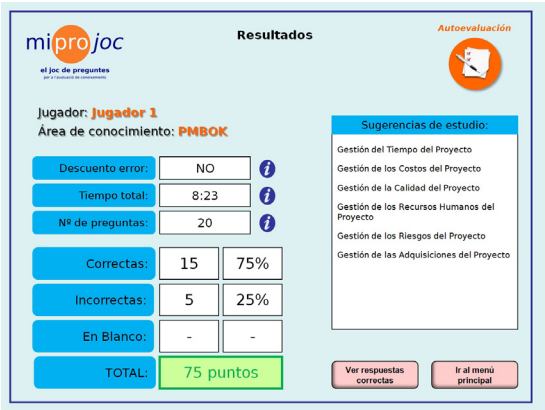


Figura 3. Resultados de la *Autoevaluación* sobre PMBOK®

B. *Competición*

Cuando se utilizó la modalidad de juego *Competición* de *MiProJOC* para evaluar el aprendizaje de los contenidos de la guía del PMBOK® ya se había impartido más de la mitad del temario de la asignatura. Por ese motivo, para jugar la partida, se seleccionaron las cinco categorías de preguntas relacionadas con las áreas de conocimiento de PMBOK® ya estudiadas en clase.

Todos los alumnos matriculados se dividieron en equipos, formados por los mismos componentes que realizan las prácticas de la asignatura. Se constituyeron siete equipos, formados por entre tres y cinco alumnos cada uno.

Se decidió aumentar el tiempo de respuesta a un minuto y se estableció que ganaría la partida el equipo que acertara en primer lugar tres preguntas de cada una de las cinco categorías seleccionadas.

Los resultados de esta partida se pueden observar en la Fig. 4. Dado el elevado número de equipos participantes, se necesitaron casi dos horas de juego para que el Equipo 3 se alzara con la victoria. En total se formularon 129 preguntas de las cuales se respondieron correctamente 78. En la Fig. 4 se muestra la distribución de estos aciertos tanto por equipos como por categorías de preguntas.

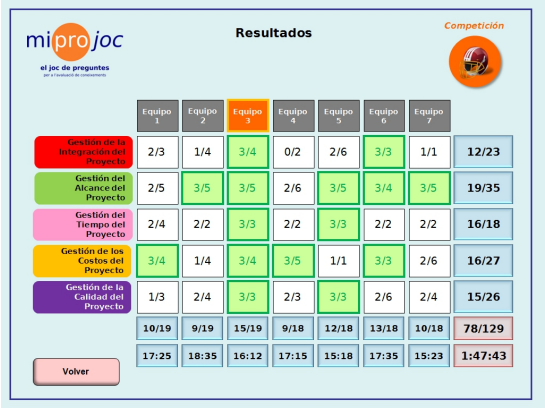


Figura 4. Resultados de la *Competición* sobre PMBOK®

C. *Prueba de evaluación*

También se utilizó la herramienta *Prueba de evaluación* de *MiProJOC* para generar un examen de 30 preguntas tipo test de la asignatura. Se seleccionaron tres preguntas de cada una de las nueve áreas de PMBOK® más tres preguntas del tema introductorio.

IV. Conclusiones

En este artículo se ha presentado *MiProJOC*, un juego para dar soporte a la impartición de asignaturas y a la evaluación de contenidos.

Después de la utilización de esta herramienta en la evaluación de diferentes asignaturas de nuestro campo de conocimiento y debido al interés despertado tanto por alumnos como por profesores, esperamos poder mejorar *MiProJOC* desarrollando una segunda versión. Esta versión contemplará nuevas funcionalidades que permitan gestionar los perfiles de todos los usuarios que tengan acceso al módulo de administración. También está previsto añadir un módulo para que los alumnos puedan incorporar preguntas al repositorio y que los administradores puedan aceptarlas o rechazarlas.

Por otra parte, utilizando la misma dinámica de juego de preguntas y respuestas, se pretende introducir nuevos parámetros y elementos para dar lugar a variantes y modalidades de juego diferentes.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación ha sido posible gracias al soporte ofrecido por el proyecto CICYT-TIN2010-20057-C03-03 “Simulación aplicada a la gestión de equipos, procesos y servicios”, Sim4Gest.

El desarrollo de MiProJOC ha sido realizado en el marco de un proyecto de innovación y mejora de la calidad docente subvencionado por el Vicerrectorado de Profesorado e Innovación Pedagógica de la Universitat de les Illes Balears (UIB).

REFERENCIAS

[1] F. Arango, E-S. Aziz S. K. Esche and C. Chassapis. "A Review of Applications of Computer Games in Education and Training". Proceedings of the 38th Annual Frontiers in Education Conference, FIE 2008, pp. T4A1-T4A6, Saratoga Springs, NY, 2008.

[2] A. Baker, E. Navarro, and A. van der Hoek. "Problems and Programmers: an Educational Software Engineering Card Game". Proceedings of the 25th International Conference on Software Engineering, ICSE '03, pp. 614–619, Washington, DC, USA, 2003. IEEE Computer Society.

[3] E. Navarro and A. van der Hoek. "SimSE: an Educational Simulation Game for Teaching the Software Engineering Process". Proceedings of the 9th annual SIGCSE conference on Innovation and technology in computer science education, ITiCSE '04, pp. 233–233, New York, NY, USA, 2004. ACM Press.

[4] L. Natvig, S. Line, and A. Djupdal. "Age of Computers: An Innovative Combination of History and Computer Game Elements for Teaching Computer Fundamentals". Proceedings of the 2004 Frontiers in Education Conference, FIE 2004, Savannah, Georgia, Octubre 2004.

[5] B. Wu, A. Wang, J. Strom and T. Blomholm. "An Evaluation of Using a Game Development Framework". Proceedings of the 22nd Conference on Software Engineering Education and Training CSEET '09, pp. 41-44, Hyderabad, India, Febrero 2009. IEEE Computer Society.

[6] O. Nerbraten and L. Rostad. "hACMEgame: A Tool for Teaching Software Security". 2009 International Conference on Availability, Reliability and Security, pp. 811-816, Fukuoka, Japan, Marzo 2009.

[7] M. Ebner and A. Holzinger. "Successful implementation of user-centered game based learning in higher education: An example from civil engineering". Computers & Education, Vol. 49(3), pp. 873–890, 2007.

[8] B. A. Foss and T. I. Eikaas. "Game play in engineering education – concept and experimental results". International Journal of Engineering Education, Vol. 22, pp. 1043–1052, 2006.

[9] M. Pivec and O. Dziabenko. "Game-based learning in universities and lifelong learning: unigame: Social skills and knowledge training gameconcept. Journal of Universal Computer Science, Vol. 10(1), pp. 14–26, 2004.

[10] A. Mas. "Un Nuevo Modelo para la Implantación de un Sistema de Gestión de Calidad en Pymes de Desarrollo de Software basado en SPICE (ISO/IEC 15504)". Tesis Doctoral, Julio 2005.

[11] E. Amengual, A. Mas, A. Mesquida. "SETE: Una herramienta Software para la Evaluación del Trabajo en Equipo". Proceedings de la 5ª Conferencia Ibérica de Sistemas y Tecnologías de Información, pp. 314-318, Santiago de Compostela, España, Junio 2010.

[12] A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide) - Fourth Edition. Project Management Institute, Septiembre 2009.

The design of an Orchestrator for a middleware architecture based on FTT-CORBA

Adrian Noguero
TECNALIA Research & Innovation
ICT Division/European Software Institute
Parque Tecnológico de Zamudio, #202
48170, Zamudio, Spain
adrian.noguero@tecnalia.com

Isidro Calvo
DISA (UPV/EHU),
E.U.I. de Vitoria-Gasteiz,
Vitoria, Spain
isidro.calvo@ehu.es

Luis Almeida
IEETA/DEEC-FE
University of Porto, Portugal
lda@fe.up.pt

Abstract— **Today's distributed real-time systems require flexibility to adapt to evolving functional and non-functional requirements in run-time. The authors have presented in previous works a middleware architecture based on the Flexible Time-Triggered (FTT) paradigm that allows creating flexible real-time distributed applications over CORBA. This paper focuses on the design of the central node of the architecture, the Orchestrator, which implements services for dynamic application composition, real-time scheduling and synchronization, and system monitoring.**

Distributed real-time systems; Middleware; CORBA; Application composition; Flexible Time-Triggered

I. Introduction

In order to support and cope with the complexity of distributed applications, many standardized middleware technologies, such as Java RMI, CORBA [1], ICE [2] or DDS [3], have been developed. These standards provided developers with easy to use APIs and protocols for distributed applications. Indeed, these technologies have been successfully used in many application domains [6], [7], [8]. Also, middleware facilitates component oriented design, since it provides encapsulation means for the different components in a distributed system and a standard way to define their interfaces.

Many works have focused in extending the capabilities of these middleware layers with further services for managing the resources of the system [11], [12], [13], [14], [15], [20]. Following this approach, the authors presented in previous works a CORBA service based on the Flexible Time-Triggered (FTT) paradigm [4] which is aimed to provide time synchronization capabilities to CORBA-based applications [5]. The authors also proposed an extension to the FTT-CORBA service, which was integrated in a full-fledged middleware architecture with services for dynamic application composition, real-time scheduling and run-time reconfiguration [9]. One of the main aims of this middleware architecture is to manage the resources, namely CPU usage, network bandwidth, memory and battery, of the nodes that compose the distributed system. The proposed architecture is governed by a set of middleware components that implement each of these different functionalities as individual services.

This paper focuses on the design of the Orchestrator, which is the central node of the architecture and implements its top-level services. The presented design includes the active elements that implement the logic of each of the proposed services, namely time synchronization, application specification manager, application scheduling and monitoring; as well as the passive data structures and models used by the active components to model and manage the distributed system and the applications running on it.

One of the objectives of the Orchestrator is providing a user interface that allows loading and unloading applications at the distributed system in run-time. In the proposed model, applications are represented as sequences of execution of tasks which are modeled using directed graphs. In this model every task represents an indivisible functional entity.

The presented architecture, which provides system-wide soft real-time behavior, embeds a system monitoring service. This monitoring service may trigger reconfigurations at the distributed system based on certain properties of the distributed nodes (e.g. a battery threshold may be required at a specific node). This paper also describes the data models used to characterize these properties of the distributed nodes.

The rest of the paper is organized as follows: Section 2 provides an overview of the proposed middleware architecture, its active and passive components. Section 3 described the data models used to describe the system nodes, tasks and applications. Section 4 covers some related work on the topic. Lastly, Section 5 draws some conclusions and presents envisaged future research directions.

II. Architecture Description

A. Architecture Overview

This section summarizes previous works by the authors [5] [9], and describes how the FTT-CORBA synchronization service is integrated within the architecture proposed in [9], which is inspired by the work done in the context of the iLAND project [10]. Figure 1 shows an overview of this architecture.

This work has been supported by the ARTEMIS JU through the iLAND project 2008/10026 and the SOFIA project 2008/100017 and by the University of the Basque Country through grant EHU09/29.

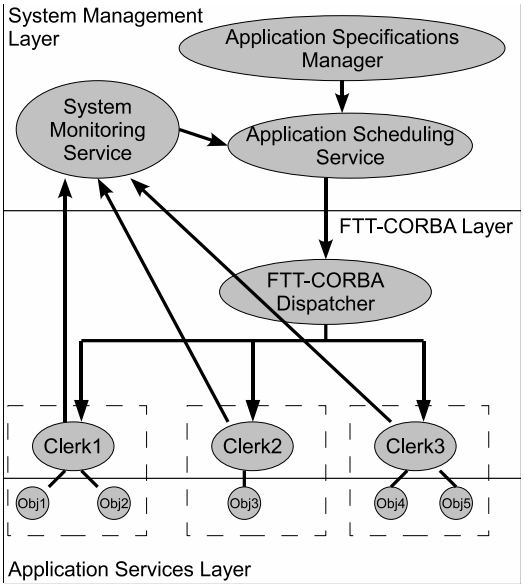


Figure 1. Architecture overview

Basically, three different layers are defined: the System Management Layer, the FTT-CORBA Layer and the Application Services Layer. (1) The System Management Layer provides several top level services that act as managers of the distributed system. These services include: managing the functional and non-functional requirements of the applications; gathering monitoring information of the distributed nodes and reacting, if necessary, to maintain the availability of the system; and producing the execution plan that must be passed to the next layer, as shown in Figure 1. (2) The FTT-CORBA Layer is composed by two different entities, the FTT-CORBA Dispatcher and the Clerks. The FTT-CORBA Dispatcher is executed in a centralized way and enforces the execution plan defined by the Application Scheduling Service by activating the Clerks, whereas the Clerks activate locally the application services at the distributed nodes. Also, Clerks are responsible for notifying the System Monitoring Service about the status of the resources at the nodes when requested. (3) The Application Services Layer holds the tasks, implemented as CORBA methods, that are activated in sequence at the distributed nodes in order to compose the applications.

Briefly, the architecture works as follows: CORBA objects, implementing the application tasks, are started up by the Clerks in the different nodes of the system. Once they have been initialized, Clerks register at the System Management Layer the different methods provided by every available object. Application users define the functional and non-functional requirements of the applications to be executed by using a User Interface that models the applications and stores them in the Application Specification Manager. If all tasks required by an application to run are available, the application is loaded in the system and the Application Scheduling Service generates a task activation table that will be used by the FTT-CORBA Dispatcher to send the trigger messages to the Clerks. When the activation of one or more methods is required, the System Management Layer sends a multicast message to the Clerks. Those Clerks responsible for activating locally the methods identified at the trigger message will invoke them, whereas Clerks not holding any of the activated methods will simply discard the trigger message. The execution plan enforced by the FTT-CORBA Dispatcher will be executed periodically with a specific time granularity known as Elementary Cycle (EC).

In this paper we present the design of an Orchestrator that executes in a centralized way the top layers of the architecture. The Orchestrator implements the services defined at the System Management Layer as well as the FTT-CORBA Dispatcher in a single software module.

B. System Management Layer

This is the top-layer of the architecture and implements the following services:

- The ***Application Specification Manager*** implements a server interface to allow users to define the functional and non-functional requirements of the applications by using a modeling tool. It also allows load and unload the applications in run-time. Loaded applications are stored the application table if the tasks required for the application are available. It is important to note that the Application Specification Manager will also include in the system special applications known as *System Applications*. System applications deal with internal functions of the distributed system, such as the monitoring of the status of the nodes status or the synchronous data exchange among nodes.
- The ***System Monitoring Service*** implements a server interface that allows Clerks to send status information to the Orchestrator. This service stores physical system status data, such as average CPU load or current battery status, and information to compose the applications (i.e. available CORBA objects and methods).
- The ***Application Scheduling Service*** generates the task activation table to be enforced by the FTT-CORBA Dispatcher. This service may produce different execution plans depending on the applications requirements specified at the Application Specification Manager, the current status of the distributed nodes that hold the application services and the scheduling policies chosen.

C. FTT-CORBA Layer

This layer is implemented by the FTT-CORBA service which provides low jitter time synchronization for periodic method activations. It implements the logic for dispatching the trigger messages and activating the application services. It is composed by two different software components:

- The ***FTT-CORBA Dispatcher*** enforces the execution plan designed by the Application Scheduling Service. It provides an interface, which is used by the Application Scheduling Service that allows changing

the execution plan in an atomic way. The Dispatcher generates the trigger messages that are sent to the Clerks in order they invoke locally the CORBA objects. These messages are generated periodically according to a time unit known as Elementary Cycle (EC) that defines the granularity of the service. The EC is configured in runtime, during system initialization.

- ***Clerks*** listen to the activation messages (triggers) sent by the FTT-CORBA Dispatcher. Additionally, during start-up, Clerks start a thread per CORBA object attached to it and notify the Orchestrator about these objects as well as the methods they implement. Clerks also carry out the resource monitoring task. This task is a special internal task of the architecture and instructs the Clerks to send the current status of the node to the System Monitoring Service.

D. Application Objects and Methods

The application tasks are implemented as methods inside CORBA objects. CORBA objects provide the encapsulation required by the middleware architecture. CORBA objects implementing application tasks can be created following the CORBA standard, without any dependencies with the middleware service itself. This fact drastically increases the usability of the middleware, and reducing adoption costs.

III. ORCHESTRATOR DESIGN

The Orchestrator, which plays the central role of the architecture described above, can be divided into five independent active entities. These entities execute the logic described in the previous section. Communications between active entities have been implemented through specific protected data structures. These data structures contain the data models required by the Orchestrator and manage the synchronization among the active entities.

The Orchestrator implements the services defined in the System Management Layer of the architecture, as well as the FTT-CORBA Dispatcher of the FTT-CORBA Layer. The relation between these services and the active components and data structures, defined in the design of the Orchestrator, is depicted in figure 2.

A. Active Entities

The five active entities of the Orchestrator are implemented as individual threads. These threads execute the services defined by the middleware architecture namely, task activation and scheduling, managing the application requirements and monitoring the resources of the system.

- The ***Application Manager*** implements the server interface that allows users to interact with the system, loading and unloading applications. This component implements the Application Specifications Service, as defined by the middleware architecture.

- The System Monitoring Service is implemented by the ***Monitor*** and the ***Unavailable Nodes Detector***. The Monitor implements the server interface that enables the Clerks to send status information to the Orchestrator. The Monitor also includes the Unavailable Nodes Detector which periodically checks the system status table looking for nodes that might have become unavailable.

- The ***Scheduler*** generates the task activation table that enforces the FTT-CORBA Dispatcher according to the global scheduling policy selected.

- The ***Dispatcher*** implements the task activation and trigger messages dispatching logic. The job of the Dispatcher is supported by the task activation table, which stores the periods and priorities of the tasks currently active in the system. Once one execution plan has been selected this component works autonomously until the Scheduler designs a new execution plan.

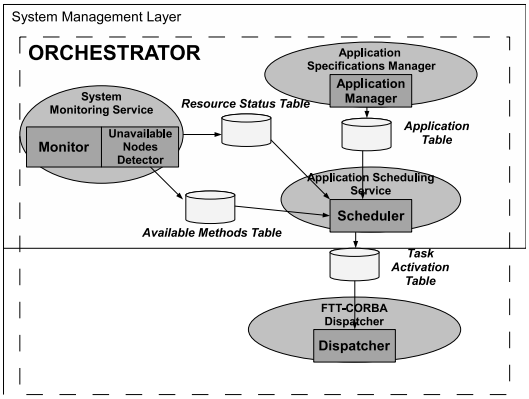


Figure 2. Internal Orchestrator Design

The Dispatcher is the core of the FTT-CORBA service since it enforces the execution of the methods that compose the distributed applications. It generates trigger messages with all the methods that must be activated in certain moment and sends them to the Clerks using a multicast message. The Dispatcher is activated periodically; thus, this period defines the minimum time elapsed between two subsequent activations of the same method; or, in other words, the maximum granularity of the FTT synchronization. This activation period is called the Elementary Cycle (EC), and it is configured during the system start-up. To maintain the time coherence in the system all the time parameters used by the Orchestrator and the Clerks (e.g. periods, deadlines or worst case execution times) are defined as integer multiples of the EC.

The work of the Dispatcher is supported by a task activation table, provided by the Scheduler. The Scheduler component follows the scheduling policy chosen. Its main objective is to compose the task activation table taking into account: (1) the functionality of the applications, i.e. the tasks that compose each application, (2) the non-functional requirements of the application such as deadlines or static priorities, (3) the status of the resources of the system and (4) a global scheduling strategy. The Scheduler is executed every time a change in the status of the resources of the system or

when the application specifications (functional or non-functional) are changed. A particular case is when an application or a system node enters or leaves the system. The Scheduler has been designed independently from the scheduling policy implemented in it, in order to allow the system developers to select the most appropriate policy for different applications.

The Monitor and the Unavailable Nodes Detector components are devoted to monitoring the resources and status of the distributed system. On the one hand, the Monitor receives the status messages from the Clerks deployed on the distributed nodes. These status messages report the physical status of the node in terms of memory, battery and CPU load. Additionally, the Monitor provides Clerks of a way of declaring objects and methods in the system. Therefore, the Monitor is mainly a reactive component. On the other, the Unavailable Nodes Detector complements the job of the Monitor with proactive detection of potential unavailable nodes. The Unavailable Nodes Detector periodically navigates the tables containing the system status data looking for nodes that have not updated their status data with the required periodicity. Should any broken node be detected, the Unavailable Nodes Detector will update the system information and will notify the Scheduler of the changes triggering a rescheduling.

Lastly, the Application Specification Manager implements an interface that is used by user applications to define the functional and non-functional requirements of the system, including the creation of the applications that the system must execute. These user applications typically will be based on graphical user interfaces that help developers to compose the applications. Before loading an application the Application Manager checks whether the system can fulfill or not the requirements of the application (functional and non-functional). On a positive result the application requirements are translated to a sequence of method activations, the application is stored in the system and the Scheduler is notified.

B. Passive Data Structures

In order to manage the distributed system, the active components of the Orchestrator use a set of data models to characterize the system nodes, and the CORBA objects and the methods implemented on them. These data models allow also defining user applications as a sequence of task executions.

Before going any further, some definitions will be provided to help the reader to understand these data models and the middleware architecture as a whole.

- ***Task***. A task refers to an indivisible functionality that can be implemented as a CORBA method. Many methods may implement the same task, even if their implementation is not exactly the same.
- ***Method***. A method is defined as a piece of executable code that is deployed in a node. A method is the implementation of a task; that is, a functionality running on a concrete node.
- ***Object***. An object is an instance of a CORBA interface that implements a set of tasks as CORBA methods. All the methods implemented in an object are executed in the same thread.
- ***Application***. An application is defined as a sequence of tasks execution. When an application is loaded in the system all of the tasks that compose it must be translated to concrete methods implementing them. Each task in an application may have more than one subsequent method as depicted in Fig. 3.

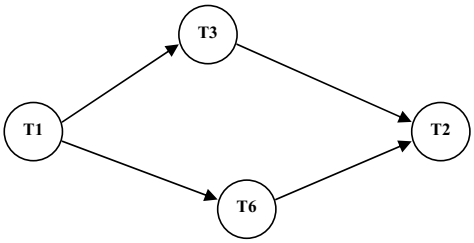


Figure 3. Definition of an application using a directed graph

Data models are structured into protected tables that are used by the active components for synchronous communication and data management purposes. For example, the *Application Table* is used to store the descriptions (functional and non-functional) of the applications loaded in the system. Applications are described following the data model described in Figure 4.

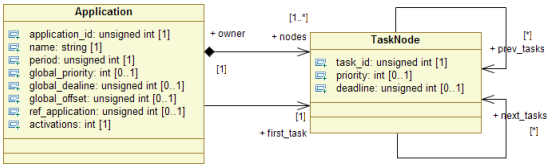


Figure 4. Application data model

Applications are identified by a unique ID integer value and a name (see Figure 4). The architecture is designed for applications which are mostly periodic; thus, a period value (in EC) is used. Also the number of times an application shall be activated must be indicated. For fully periodic applications this value will be set to -1, indicating infinite, whereas in aperiodic applications this parameter is set to 1. Additionally, an application may define global values for priority and deadline, which will be used by the Scheduler to generate the task activation table if the active scheduling policy requires these parameters (e.g. fixed priority scheduling, and deadline monotonic scheduling respectively). Also, an application may be launched with a given offset value from the activation of another application used as a reference.

As shown in Figure 3, an application is defined as a sequence of task executions. This sequence is modeled with the *Application* and *TaskNode* entities as shown in Figure 4. Each task node must define its task identifiers, and previous and next tasks. Additionally, task nodes may define individual

priority/deadline requirements that overcome those defined globally at the application level. Again, these values are provided by the users, and will be taken into account by the Scheduler if the selected scheduling policy requires them.

The Application Table is shared by the Application Specification Manager and the Scheduler. The Application Specification Manager loads in the table the information related to the applications requested by the users whereas the Scheduler gets this information to generate of the Task Activation Table.

The *Task Activation Table* is used by the Dispatcher for the generation of the activation messages. This table is based on the *ActiveTask* structure shown in Figure 5. The Dispatcher locks and updates it every EC to generate the required activation messages. Active tasks are identified by their unique method ID, and refer to the IDs of the application that will be using them, the object/node containing them and the task they implement. Additionally, an active task has a period and offset (both measured in EC), used for periodic reactivation, and a priority, provided by the Scheduler. Lastly, each active task may have a bounded number of activations and owns a variable describing the time remaining until the next trigger (also in EC). These two parameters are used by the Dispatcher for time synchronization issues. The Scheduler may modify the current Task Activation Table or it may even dump it, replacing it with a new one. Changes in the Task Activation Table are made atomically to avoid losing the time synchronization provided by the Dispatcher.

The *Resource Status Table* and the *Available Methods Table* are devoted to the management of the physical status of the distributed system and to represent the nodes where the methods were deployed respectively. In the proposed data model distributed nodes are identified by a unique integer value (Figure 5). Additionally, each node has some associated properties to model the use of their resources in terms of memory (in bytes), average CPU load (%) and remaining battery (%). Lastly, for each node model a list of the IDs of all its owned CORBA objects is also provided, which will be used in case a node becomes unavailable.

It is also necessary to model the available tasks in the distributed system. This requires identifying Objects and Methods. The *Available Object* entity uses an ID for the object and another ID for the node that holds the object (Figure 5). Per each object there is a list of *Available Method* models that describe the tasks implemented in it. Methods are also identified with a unique identifying integer value. Additionally, each method holds the identifier of the task they implement and their worst case execution time (in EC).

The main information source for these two tables is the Monitor. The Monitor gathers status information directly from the Clerks and uses it to fill and update these tables. The Unavailable Nodes Detector navigates the System Status Table looking for nodes that might have become unavailable. If any node is unavailable, the Unavailable Nodes Detector updates the tables removing any references to the unavailable node and to any objects and methods owned by it. Lastly, the Scheduler accesses both tables to get the status of the system. The status information will be used to change/generate the Task Activation Table for the Dispatcher (if required by the selected scheduling policy).

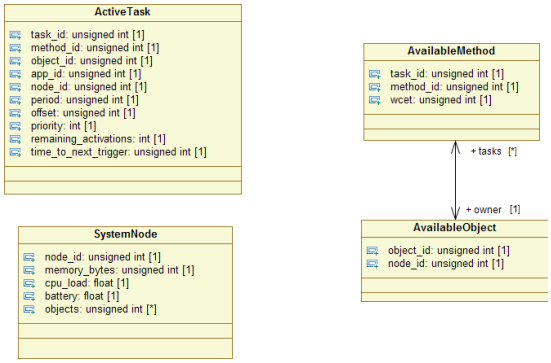


Figure 5. Data models of the Orchestrator

IV. Related Work

In the last years many works have been developed in the context of middleware layers for distributed applications. Specially relevant are those implemented on top of standardized architectures such as Java RMI or CORBA, that extend their functionality towards a full distributed systems management architectures. These works vary in vision and scope. For example, [11] focus on the timing requirements of a distributed system, providing a framework able to orchestrate task activations in time and, therefore, allowing designers to easily decouple the execution of periodic tasks that make use of the same resources. Other works, such as [12] and [13], implement control loops to change the timing characteristics of the distributed tasks in order to achieve schedulability and improve the overall performance of the system. Lastly, some works focus on specific characteristics of distributed systems, such as the management of aperiodic tasks, admission control strategies or task migrations strategies [14] [15].

Apart from distributed systems management, most of the recent object-oriented middleware layers provide support for dynamic software updates, reconfigurations and changes; for example, the OSGi framework for Java applications [16] implicitly allows software updates. Other works have provided specific mechanisms to perform these software updates/changes in other standard middleware architectures, like CORBA [17] [18]. In [19] an ad-hoc solution for software reconfigurations in distributed systems presented.

Architectural reconfiguration has also been explored by the research community over the last decade. Indeed, works like [20], present middleware solutions for reconfiguring the location of the tasks within a distributed system. New real-time operating systems often face the challenge of managing multithreading in complex multicore CPUs. This problem has many similarities with distributed systems management. Indeed, many solutions face this problem using architectural reconfiguration as main asset [21]. Other operating systems offer dynamic reconfiguration services for reconfigurable

hardware devices, such as OS4RS [22]. These ideas have also inspired the designs presented in this paper.

V. Conclusions and Future Work

This paper has presented the designs of an Orchestrator for a middleware architecture for distributed systems based on FTT-CORBA. The presented Orchestrator implements the distributed systems management services envisaged by the middleware architecture as described in [9], namely, an application specification manager, a system monitoring service, an application scheduling service and a time synchronization service.

The present work provides the internal design of the Orchestrator as a set of active components that interact with each other through shared data structures. The functionality of each component is described, as well as their interdependencies and synchronization requirements. The paper also describes the internal data models used by the Orchestrator to model and manage the distributed system resources and applications running on it.

The design presented in this paper is currently being implemented as open source software. In the future, the authors plan to develop different scheduling policies and experiment with them in different application domains. The final goal is to cope with the functional and non-functional requirements of the applications and systems. The authors encourage the readers to visit the project webpage, available online at http://sourceforge.net/projects/fttcorba, for further and updated information on the project.

References

[1] OMG, Object Management Group, "Common Object Request Broker Architecture: Core Specification", Version, 3.0.3, March 2004.

[2] Michi Henning, A new approach to object-oriented middleware, IEEE Internet Computing Vol 8, Issue 1, pp. 66-75, 2004

[3] OMG, Object Management Group, "Data Distribution Service for real-time systems, version 1.2", 2007. Available from www.omg.org June 2007

[4] Pedreiras, P.; Gai, P.; Almeida, L. & Buttazzo, G. C. FTT-Ethernet: A Flexible Real-Time Communication Protocol That Supports Dynamic QoS Management on Ethernet-Based Systems IEEE Transactions on Industrial Informatics, 2005, 1.

[5] Calvo, I., Almeida, L. Noguero, A. "A Novel Synchronous Scheduling Service for CORBA-RT Applications", 10th IEEE International Symposium on Object and Component-Oriented Real-Time Distributed Computing, ISORC07, pp 181-188, Santorini, Grecia, 2007.

[6] OROCOS, "The OROCOS project – Smarter control in robotics and automation", Available at: http://www.orocos.org/

[7] CORBA Resource Page, "CORBA Success Stories", http://www.corba.org/success.htm

[8] Real-Time CORBA with TAO, "ACE and TAO success stories", http://www.cs.wustl.edu/~schmidt/ACEusers.html

[9] Calvo, I.; Almeida, L.; Pérez, F.; Noguero, A. & Marcos, M. Supporting a reconfigurable real-time service-oriented middleware with FTT-CORBA In proceedings of Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA), 2010 IEEE Conference, IEEE Computer Society, 2010, 1 - 8.

[10] M. García Valls, F. Gómez-Molinero. "iLAND: mIddLeware for deterministic dynamically reconfigurable NetworkeD embedded Systems".ARTEMIS JU Call 1 project. Embedded World Conference. Nurember, Germany. March 2010.

[11] Pablo Basanta-Val, Luis Almeida, Marisol Garcia-Valls, and Iria Estevez-Ayres. A synchronous scheduling service for distributed real-time Java. IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems, 21(4):506-519, April 2010.

[12] X. Wang, C. Lu and C. Gill. "FCS/nORB: A feedback control real-time scheduling service for embedded ORB middleware", Microprocessors and Microsystems, June 2008.

[13] V. Kalogeraki, P. M. Melliar-Smith, L. E. Moser, Y. Drougas. "Resource management using multiple feedback loops in soft real-time distributed object systems", The Journal of Systems and Software, Vol. 81, pp. 1144-1162, 2008.

[14] Y. Zhang, C. Lu, C. Gill, P. Lardieri, G. Thaker. "Middleware Support for Aperiodic Tasks in Distributed Real-Time Systems". Proceedings of the 13th IEEE Real Time and Embedded Technology and Applications Symposium RTAS, pp. 113-122, 2007.

[15] Y. Zhang, C. Gill, C. Lu, "Reconfigurable Real-Time Middleware for Distributed Cyber-Physical Systems with Aperiodic Events", Proceedings of the 28th International Conference on Distributed Computing Systems ICDCS08, pp.581-588, 2008.

[16] OSGi Alliance. OSGi Service Platform Core Specification. Release 4, Version 4.1, April 2007.

[17] Joao Paulo A. Almeida, MaartenWegdam, Marten van Sinderen, and Lambert Nieuwenhuis.Transparent dynamic reconfiguration for CORBA, 2001.

[18] C. Bidan, V. Issarny, T. Saridakis, and A. Zarras. A dynamic reconfiguration service for CORBA. In Intl. Conf. on Configurable Dist. Systems, pages 35–42, May 1998.

[19] Ajmani, S.; Liskov, B. & Shrira, L. Modular Software Upgrades for Distributed Systems In Proceedings of the European Conference on Object-Oriented Programming (ECOOP), 2006, 452-476.

[20] Noguero, A. & Calvo, I. A Framework with Proactive Nodes for Scheduling and Optimizing Distributed Embedded Systems EUNICE, 2010, 236-245.

[21] T. Groves, J. Knockel, E. Schulte. BFS vs. CFS - Scheduler Comparison. December 2009.

[22] Nollet, V.; y. Mignolet, J.; Bartic, T. A.; Verkest, D.; Vernalde, S. & Lauwereins, R. Hierarchical Run-Time Reconfiguration Managed by an Operating System for Reconfigurable Systems Proceedings of the International Conference on Engineering Reconfigurable Systems and Algorithms 2003, Las Vegas, CSREA Press, 2003, 81-87.

Morfologia da Comunicação Cognitiva 2.0 em sala de aula no âmbito do Ensino Superior

Sérgio André Ferreira
Faculdade de Educação e Psicologia
Universidade Católica Portuguesa
Porto, Portugal
sergioandreferreira@gmail.com

Cornélia Castro
Faculdade de Educação e Psicologia
Universidade Católica Portuguesa
Porto, Portugal
corneliacastro@gmail.com

António Andrade
Faculdade de Economia e Gestão
Universidade Católica Portuguesa
Porto, Portugal
aandrade@porto.ucp.pt

Resumo — **Novas formas de aprendizagem na *Cloud Learning Environment* permitem o desenho de actividades e a criação de recursos com potencial para serem usados em contexto de sala de aula no Ensino Superior. O presente trabalho objectiva apresentar os resultados preliminares muito satisfatórios obtidos com a exploração em sala de aula no ensino superior de uma apresentação *Powerpoint* com a integração da ferramenta de *microblogging Twitter*. A literatura foi analisada para determinar as dimensões a incluir num questionário aplicado a alunos de pós-graduação de três cursos diferentes, com o objectivo de problematizar a temática da comunicação cognitiva em contexto de sala de aula, alterando a perspectiva de um-para-muitos para de muitos-para-muitos com a mediação da tecnologia em tempo real.**

Keywords – aprendizagem; comunicação cognitiva; microblogging; PowerPoint; sala de aula; Twitter; web 2.0.

I. INTRODUÇÃO

As Tecnologias da Informação (TI) revolucionaram os conceitos de tempo e espaço e estão a provocar profundas alterações na forma como as pessoas podem colaborar, integrar comunidades, explorar recursos, trocar ideias e aprender. Esta vaga tem inevitáveis reflexos nas políticas e nos modelos pedagógicos, abrindo um imenso campo de investigação. Expressões como *collaborative learning*, *learning communities*, *media in education*, *social media* e outras similares, são hoje ubíquas na investigação educacional.

A literatura indica que a sala de aula tem vindo a perder a sua centralidade histórica, em favor de novos pólos aglutinadores como o *Personal Learning Environment* (PLE) e o *Social Learning Network* (SLN), associados, por norma, a espaços fora da sala de aula – à *Cloud Learning Environment*. No entanto, apesar do avanço de sistemas de ensino *online* a distância e de *b-learning,* o ensino presencial continua a ser amplamente dominante, sendo que a organização das actividades continua a ter as aulas presenciais como prática nuclear. Daqui decorre a importância de se desenhar actividades e de criar recursos que estejam alinhados com este novo paradigma e que promovam a exploração das potencialidades das novas formas de aprendizagem que dominam na *Cloud Learning Environment*.

Neste artigo pretende-se dar um contributo para o estudo da problemática da morfologia da comunicação cognitiva, em contexto de sala de aula no âmbito do ensino superior, com a integração das ferramentas e da filosofia *web 2.0*. Na aproximação ao problema, partiu-se da exploração de uma apresentação, usada em aulas presenciais de cariz mais expositivo, com a integração da ferramenta de *microbloging Twitter*, como base para a abordagem às características da comunicação *web 2.0*.

Como metodologia de recolha de dados, recorremos a um questionário construído com base na literatura, com o qual pretendemos avaliar várias dimensões dos recursos utilizados nas aulas presenciais teóricas. Os resultados deste estudo são preliminares e servem como aproximação ao tema e validação do instrumento de recolha de dados.

II. DESAFIOS PEDAGÓGICOS NO ENSINO SUPERIOR

As TI invadem progressivamente todos os cenários do nosso quotidiano. Evoluem de espécie em espécie tecnológica e aproximam-se da nossa forma natural de comunicar. Sob cada suporte tecnológico, fixo ou móvel, convergem funcionalidades outrora separadas, potenciando a profecia de Steve Mann nos anos 90[1] do séc. XX: "sempre consigo e permanentemente ligado". As ferramentas da Sociedade da Informação (SI) tornam-se cada vez mais "próteses cognitivas" como anunciado por Marshall McLuhan [1] e não se centram apenas nas tarefas operacionais de controlo e gestão de dados e de informação.

As novas formas de comunicar estão intrinsecamente associadas à imposição de novas formas de ensinar e aprender, que têm como consequência a redefinição de políticas e modelos pedagógicos. Neste contexto de profundas mudanças sociais, impostas pelo carácter cada vez mais omnipresente e transformativo da tecnologia, as Instituições do Ensino Superior (IES) vêem-se confrontadas com novos desafios, que exigem a sua reorganização para que possam dar respostas eficazes. Vários factores têm concorrido para esta situação:

- Tradicionalmente, a educação era simplesmente uma fase na vida de cada pessoa, com um tempo próprio bem delimitado. Hoje desempenha um

[1] http://www.porto.ucp.pt/nonio/nonio/Historia/HistoriaPers.htm

papel contínuo nas nossas vidas pessoais e profissionais. A transição da Europa para uma sociedade baseada no conhecimento exige, também, uma transformação similar no que respeita à infra--estrutura educacional e, por isso, é necessário adoptar uma abordagem inovadora do sistema educativo [2];

- O Processo de Bolonha anuncia uma alteração de fundo no modelo pedagógico de ensino e aprendizagem, privilegiando a aquisição de competências por parte do aluno e não o simples acumular dos conhecimentos leccionados. Por outras palavras, não se trata apenas de aprender conceitos, que serão depois avaliados; o aluno terá, ele próprio, que adquirir competências, sendo, desta forma, co-responsável pela sua própria formação. Esta filosofia remete-nos para aproximações a modelos pedagógicos de cariz mais construtivista, traduzido em turmas mais pequenas e mais horas de contacto, constituindo uma mudança de paradigma baseada nas *e-skills* que permita responder à realidade social e económica de um planeta cada vez mais digital;
- Faz-se sentir do lado da procura a variação demográfica negativa conjugada com o aumento sucessivo de vagas e a proliferação de Centros Universitários e Politécnicos pelo país;
- O aprofundamento da cooperação inter-institucional de IES de países diferentes, os projectos de circulação de pessoas (professores, investigadores, alunos e pessoal administrativo) e programas integrados de estudo, de estágio e de investigação previstos na declaração de Bolonha, poderão ser favorecidos se existir uma base de trabalho *online*;
- Factores sociais e económicos determinam o uso de tecnologias no suporte pedagógico. Mark Prensky [3] cunhou pela primeira vez o termo de "nativos digitais", que está associado ao de *Net Generation*. A familiaridade dos alunos da designada *Net Generation*, com as tecnologias digitais, afectou as suas preferências e competências em áreas-chave relacionadas com a educação, nomeadamente na opção pelo recurso às tecnologias *web 2.0*, que têm um imenso potencial como ferramentas de aprendizagem [4], [5]. A designação *web 2.0* é utilizada para descrever aplicações baseadas na *web*, designadamente ferramentas de *software* social: *blogs*, *microblog*s, sites de partilha de vídeos, redes sociais, *wikis* ou *podcasts* que facilitam não só o aparecimento de comunidades de utilizadores, mas também o desenvolvimento de redes sociais. Assim, os alunos podem passar a desempenhar um papel principal, ao transformarem-se em criadores activos, em vez de apenas passivamente consumir o conteúdo que essas ferramentas contêm.

Apesar das características desta nova geração de estudantes, não pode ser assumido que todos os que chegam ao Ensino Superior possuam já as competências necessárias para usar as tecnologias *web 2.0* como ferramentas de aprendizagem [6]. Por outro lado, também se verifica que as IES estão ainda insuficientemente preparadas para trabalhar com alunos que têm competências técnicas e preferências de aprendizagem completamente diferentes [7].

Para dar resposta a esta situação, as IES devem criar programas e definir metodologias que reforcem o aproveitamento do enorme potencial pedagógico da *web 2.0*. Desta forma, espera-se que os alunos desenvolvam competências de aprendizagem neste contexto e que aumentem a sua motivação, exponenciando assim, as hipóteses de os alunos atingirem os resultados desejados de uma educação superior.

A literatura mostra ainda que o trabalho colaborativo potencia inúmeros factores fundamentais para o sucesso académico, designadamente: o investimento na experiência académica, interacções com a faculdade, envolvimento nas actividades co-curriculares e interacção com os pares [4].

III. Dimensão de investigação das TI no ensino

Apesar das linhas de investigação actuais preconizarem aproximações mais construtivistas, o modelo presencial das IES continua organizado da mesma forma tradicional, de cariz mais behaviorista e cognitivista, em que se privilegia o conteúdo disciplinar e várias estratégias de ensino, tendo em vista a promoção da aprendizagem dos estudantes [8]. A. D. Figueiredo [9] considera que o modelo presencial das IES é também o mais tradicional e que, no essencial, assenta em quatro funções: i) transmissão de conteúdos, assegurado por aulas teóricas, quase sempre magistrais; ii) aplicação de conceitos; iii) trabalho de grupo e iv) avaliação. Estas funções estão representadas na tabela 1.

Tabela 1. Modelo pedagógico presencial dominante nas IES

Modelo pedagógico presencial[a]	
Transmissão de conteúdos	Aulas teóricas
Aplicação de conceitos	Aulas teóricas Aulas teóricas-práticas
Trabalhos de grupo	Aulas práticas Laboratórios Projectos
Avaliação	Testes/frequências/ exames Projectos Trabalhos escritos e apresentações

a. Adaptado de Figueiredo, A. D. (2009, p. 38)

A investigação actual no campo das TI no ensino superior tem vindo a dar alguma atenção a aspectos que continuam a ser centrais no ensino presencial, tais como a forma como é feita a integração das TI na sala de aula e os sistemas de difusão de informação e de explicitação do conhecimento, nomeadamente os recursos digitais utilizados pelos professores nas aulas teóricas.

Como já referimos, a SI levou definitivamente o mundo à escola. O saber é acessível a todos, a qualquer hora e a partir de quase todos os lugares. A informação já não está retida em pequenos suportes, chamados livros e cadernos, nem é

apenas transmitida entre as quatro paredes da sala de aula. O professor partilha com outros actores, e com outros suportes, o papel de detentor da informação O modo como a escola conseguir acolher e desenvolver os novos instrumentos e metodologias disponíveis vai determinar, em parte, a preparação dos cidadãos para a vida [10].

Por aqui se compreende que as IES devem conciliar a concepção do seu processo formativo com a visão e expectativas do estudante. Por um lado, as instituições impõem um determinado currículo, normas de organização da actividade lectiva e o sistema de avaliação. Por outro, não devem negligenciar o facto de as TI oferecerem a possibilidade ao estudante de controlar e gerir a sua própria aprendizagem para além da visão institucional. Algures entre estes dois pólos, abre-se a fronteira do PLE (*Personal Learning Environment*). A globalização das fontes do saber, que permite levar o mundo à escola, e o crescimento da importância das redes sociais e do trabalho colaborativo das multidões inteligentes [11] acentuam o valor da *Social Learning Network* (SLN), impondo-se a necessidade das IES evoluírem para uma arquitectura *Hybrid Institutional Personal Learning Environment* (HIPLE), como ponte entre a visão da instituição e a do estudante.

Na Fig. 1, explicita-se uma arquitectura simplificada da exploração das tecnologias em contexto das IES e, simultaneamente, das linhas de investigação mais relevantes que se têm desenvolvido sobre a exploração das tecnologias neste contexto.

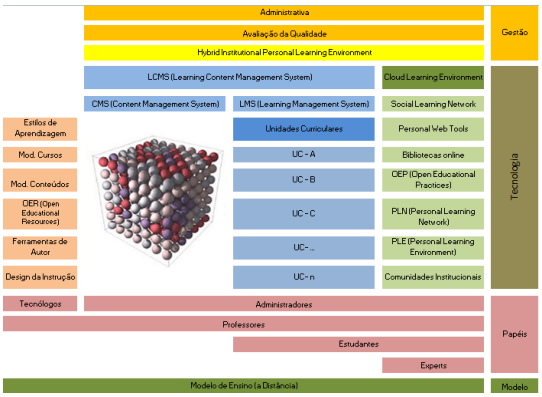


Figura 1. Tecnologia nas IES enquanto linhas de investigação

Conforme se pode verificar, a investigação nesta área focaliza-se essencialmente i) nos aspectos tecnológicos, nomeadamente nos objectos de aprendizagem e na forma como os conteúdos são geridos e a formação é disponibilizada *online*; ii) numa abordagem que tem como finalidade principal os modelos de ensino a distância; iii) no *design* da instrução, campo onde há uma predominância clara das filosofias construtivistas [12], [13] e iv) nas comunidades de aprendizagem e comunidades de prática, com a valorização dos contextos e das dinâmicas sociais, sobretudo de trabalho colaborativo entre pares, numa base *online* (*Cloud Learning Environment*).

No entanto, apesar do uso generalizado de redes sociais pelos estudantes e também o seu uso cada vez maior pelos educadores, existe muito pouca evidência empírica sobre qual o impacto do uso dos *media* sociais na participação e aprendizagem dos alunos [3].

IV. Comunicação mediada em sala de aula

A sala de aula continua, pois, a ser um espaço de excelência na comunicação de saberes que passa por múltiplas concepções pedagógicas. Em concreto existe sobretudo a transmissão de informação de um-para-muitos, o diálogo, o trabalho de equipa e os jogos de papéis. A tecnologia quando está presente é explorada em contexto de laboratório. Os computadores pessoais, *tablets* ou *smartphones* são pouco explorados. Neste contexto altamente praticado é pertinente introduzir mecanismos de interacção mediada por tecnologia, já que a investigação mostra uma correlação significativa entre o uso da tecnologia e o tempo despendido com os *media* sociais e o empenho dos alunos [4], [14].

Neste sentido tem-se vindo a verificar que o *social media* – colecção de *websites* da Internet, serviços e práticas que apoiam a colaboração, construção de comunidades, participação e partilha – tem atraído o interesse dos professores universitários mais predispostos a usar a tecnologia na educação, os quais procuram novas formas para motivar os seus estudantes para uma aprendizagem mais activa [4].

Na Fig. 2, representa-se uma possível arquitectura da integração das tecnologias na comunicação cognitiva. Em espaço de sala de aula a interacção pode ocorrer com os conteúdos e com os estudantes.

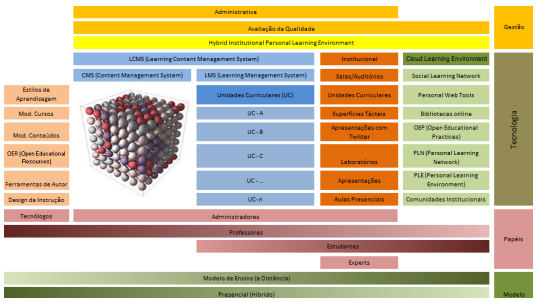


Figura 2. Integrar tecnologias na comunicação cognitiva

O docente, ou o estudante, poderá interagir com os conteúdos via computador e projector. Esta tecnologia pode articular com sistemas de avaliação e de voto, a distribuir como meio de resposta pelos estudantes.

No contexto das IES a maioria dos docentes, quer para audiências mais vastas, quer para as mais reduzidas, sente necessidade de activar mecanismos de instrução directa seja por economia de tempo, seja porque esse é o modelo pedagógico que dominam.

Ainda nesta lógica, a morfologia da sala de aula mais tradicional, como temos vindo a referir, tem como elemento preponderante, as apresentações electrónicas, como meio de explicitar a transmissão de conhecimento [15]. Trata-se de um recurso reutilizável, facilitador da organização do discurso, integrador de múltiplos média, que pode servir distintos estilos de aprendizagem assim como transformar-se em alavanca da motivação, sendo ainda propício à tomada de apontamentos pelos estudantes.

Estas apresentações são massivamente concretizadas em tecnologias como o *Microsoft (MS) PowerPoint* e o *Prezi* que possuem mecanismos para suportar texto, vídeo, imagem, animações flash e som, mas também a capacidade de interagir com sistemas da designada *web 2.0* como é o caso dos microblogues.

Neste sentido, uma apresentação realizada no ambiente *MS PowerPoint* ou em *Prezi* pode pois articular com a aplicação de *microblogging Twitter,* permitindo ao docente dar a palavra aos seus alunos.

Sobre a utilização do *Twitter* na actividade académica, investigação recente comprova que, embora 85 % dos alunos universitários tenham conta no *Facebook*, o *Twitter* é o preferido pelos professores para integrar no processo de ensino e aprendizagem já que, sendo um blogue restrito a 140 caracteres, inclui a funcionalidade de rede social [4].

Nesta categoria dos microblogues, o *Twitter,* concebido em 2006 por Jack Dorsey, permite aos seus utilizadores a partilha de mensagens de 140 caracteres. Este sistema admite também o envio de mensagens directas para um determinado canal especificamente criado para uma troca de informações (# hashtags) e votação para opções alternativas que sejam colocadas em análise (@vote by tweet x palavra_chave).

Iniciativas individuais [2] ou empresariais têm desenvolvido ADD-INS para o *Prezi* e *PowerPoint* permitindo a seguinte dinâmica para quem tem conta no *Twitter* (docente e estudantes):

- Criação de um canal (não obrigatório) para comentários sobre a apresentação que está a ser feita;
- Os estudantes podem comentar directamente no *Twitter* o que vêem e ouvem na sala de aula, assim como o que lêem da partilha com os pares (sala virtual);
- O docente pode ter preparado comentários adicionais adequados a cada diapositivo, que escondido em "notas", pode ser enviado para o *Twitter* sempre que este é projectado;
- O docente pode capturar e projectar em todos, ou alguns dos ecrãs, o que está a ser partilhado no *Twitter*;
- O docente pode colocar questões de escolha múltipla, que são respondidas no *Twitter* e as percentagens de respostas, por cada opção, projectadas num diapositivo.

[2] Timo Elliott, 2009, http://www.sapweb20.com/blog/about/

Este modelo de comunicação em sala de aula permite aumentar os níveis de participação ao: i) proporcionar voz e vez a todos os estudantes; ii) facilitar e convocar a participação dos mais reservados para a oralidade; iii) envolver a comunidade de aprendizagem na discussão do tema e iv) explorar a acuidade dos jovens para o uso de tecnologias da comunicação.

V. METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO

Como metodologia de abordagem à problemática da morfologia da comunicação cognitiva 2.0 em contexto de sala de aula, partiu-se da utilização de uma apresentação *Powerpoint* com a integração do *Twitter*. A exploração deste recurso foi feita durante as aulas da Unidade Curricular (UC) de "*Gestão das Tecnologias na Escola*", leccionadas a três turmas de Mestrado em diferentes áreas: "Administração e Organização Escolar", "Ciências Religiosas" e "Educação Especial".

Esta apresentação, para além da função tradicional de transmissão de informação de um-para-muitos, teve por objectivo fomentar a interacção conteúdo-estudantes, professor-estudantes, estudante-estudantes segundo a perspectiva de Mayer [16] a qual admite a possibilidade de utilizar recursos mais associados à instrução directa para aproximações mais construtivistas.

Na Fig. 3 encontra-se representado, de forma esquemática, o modo como foi feita a operacionalização do recurso. O *Twitter* foi a ferramenta *web 2.0* que permitiu a interactividade. Assim, à comunicação magistral do professor foi acrescentada a mais-valia dos estudantes poderem interagir entre si, fazer comentários acerca do conteúdo, colocar questões ao professor e votar sobre os assuntos apresentados e responder a questões de escolha múltipla colocadas.

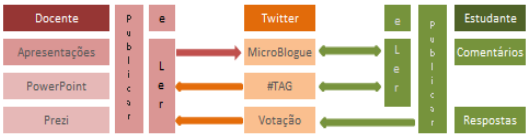


Figura 3. Integrar Tecnologias na Comunicação Cognitiva

No final das sessões foi pedido aos estudantes que preenchessem um questionário para avaliação do recurso e do modo como foi explorado. Esse questionário foi construído com base na revisão de literatura [15], [17], [18], [19]. O questionário foi aplicado a 51 mestrandos da Universidade Católica Portuguesa – Centro Regional do Porto, dos quais: 18 frequentavam o Mestrado em "Administração e Organização Escolar", 5 o Mestrado em "Ciências Religiosas" e 28 o Mestrado em "Educação Especial". Optou-se pela técnica de amostragem por conveniência a qual apesar de não ser representativa da população [20], [21], se constituiu como uma técnica rápida e simples, sendo, por isso bastante, adequada a estudos preliminares, como é o caso deste.

Construiu-se um questionário constituído por 38 itens repartidos por cinco dimensões: i) aspectos pedagógicos; ii)

aspectos tecnológicos; iii) aprendizagem cognitiva; iv) interacções na sala de aula e v) comportamentos positivos na sala de aula. Este é um instrumento de trabalho, que será posteriormente validado.

O estudo teve por objectivos problematizar a temática da comunicação cognitiva 2.0 em contexto de sala e identificar dimensões relevantes que influenciam este tipo de comunicação.

VI. APRESENTAÇÃO DE RESULTADOS

Os resultados globais do questionário apresentados na Fig. 4, mostram que, nas cinco dimensões avaliadas, os inquiridos "concordaram" ou "concordaram totalmente" que o recurso tinha características que favoreciam a sua aprendizagem, sendo residual a percentagem de alunos que "discordava" ou "discordava totalmente."

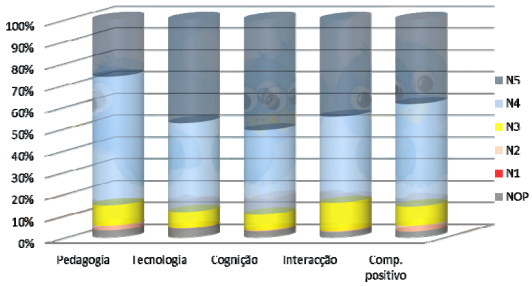
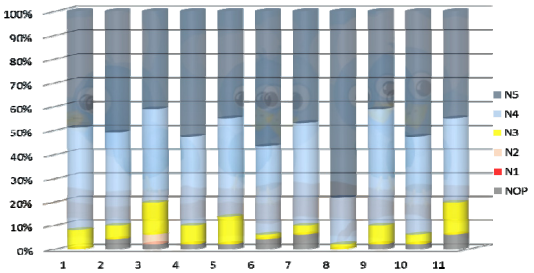


Figura 4. Avaliação global dos items

Na avaliação do recurso e no respeitante aos aspectos pedagógicos, solicitou-se aos inquiridos que se pronunciassem sobre sete itens relacionados com a respectiva adequação, rigor científico e pedagógico, sequência, explicitação de conceitos abstractos, clareza na apresentação do conteúdo e na explicitação de objectivos. Em todos os itens, a percentagem de respostas concentrou-se nos dois níveis mais favoráveis, tal como traduz a Fig. 4.

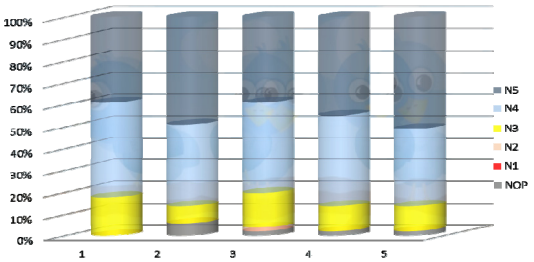
Relativamente aos "aspectos tecnológicos", os inquiridos pronunciaram-se sobre a adequação do uso da tecnologia, *design*, facilidade de utilização, interface, mais-valia relativamente ao material impresso, potencialidades da tecnologia na facilitação da aprendizagem, construção de conceitos e desenvolvimento de competências. Assim, 48% dos estudantes "concordaram totalmente" e 41% "concordaram" que a tecnologia utilizada era adequada e que potenciava a aprendizagem.

Nas Fig. 5, 6 e 7 apresentam-se todos os itens avaliados nas dimensões "aprendizagem cognitiva", "interacção na sala de aula" e "comportamentos positivos na sala de aula", sendo visível que em todos os itens a grande maioria das opiniões cai nos dois níveis superiores.



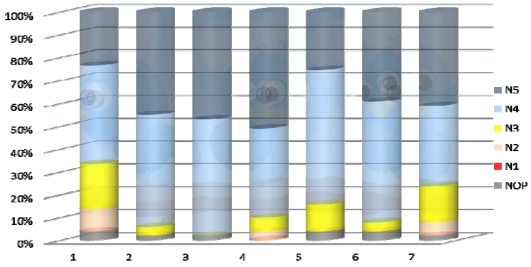
1. Ajuda a melhorar a compreensão.
2. Facilita a memorização da informação.
3. Facilita o registo de apontamentos.
4. Favorece um ritmo de apresentação mais adequado.
5. Facilita a fluência na passagem de informação em sala de aula.
6. Torna os exemplos apresentados mais claros.
7. Favorece uma melhor articulação entre a actividade da aula e os textos.
8. Torna a aprendizagem mais motivadora.
9. Permite a definição de vários roteiros de aprendizagem.
10. Favorece a imersão na aprendizagem e estimula o aprofundamento dos conteúdos
11. Mobiliza pré-requisitos sobre os assuntos abordados.

Figura 5. Avaliação da dimensão "Aprendizagem cognitiva"



1. Permite conhecer melhor os colegas em sala de aula.
2. Promove a vontade de participar na aula.
3. Facilita uma maior ligação com o professor e os colegas.
4. Facilita a discussão na sala de aula.
5. Permite participação via canal tecnológico

Figura 6. Avaliação da dimensão "Interacção na sala de aula"



1. Ajuda a tomar melhores apontamentos durante a aula.
2. As imagens visuais presentes no recurso ajudam a recordar o conteúdo durante os exames.
3. Permite perceber os pontos-chave enfatizados durante a aula.
4. Potencia a atenção na sala de aula.
5. Este recurso serve de suporte ao trabalho de grupo, à negociação e ao diálogo em sala de aula.
6. Ajuda a manter o interesse no desenrolar da aula.
7. Estimula a vir à aula para tirar apontamentos sobre tópicos importantes.

Figura 7. Avaliação da Dimensão "Comportamentos positivos na sala de aula"

VII. Conclusões

Os alunos da *Net Generation* aprendem de maneira diferente. Constroem conhecimento de modo mais flexível e já não desempenham o papel de consumidores passivos da informação: são construtores activos no seu processo de aprendizagem. Os *media* sociais disponibilizados pela *web 2.0* suportam esta nova filosofia de aprendizagem, baseada na construção de comunidades, na participação e na partilha.

As tecnologias *web 2.0* têm atraído o interesse de alguns membros pioneiros das IES, que procuram trazer o seu imenso potencial para a sala de aula [22], [23]. De facto, importa reformular o processo de comunicação ao nível da sala de aula, no sentido de o harmonizar com o modo como a *Net Generation* pensa e aprende.

Imperativos de economia de tempo e de organização pedagógica, levam a que os professores nas IES se socorram de mecanismos de instrução directa nas suas aulas, recorrendo às apresentações electrónicas. Neste estudo ainda preliminar, emergiram indicadores promissores de que as ferramentas *web 2.0* podem ser articuladas com a comunicação cognitiva tradicional na sala de aula, com impactos positivos ao nível da eficácia pedagógica, tecnológica, favorecimento das aprendizagens, fomento da interacção e dos comportamentos positivos na sala de aula.

Neste estudo preliminar, explorou-se uma apresentação *Powerpoint* com a ferramenta de *microblogging Twitter,* em contexto de sala de aula. Os resultados obtidos indicaram que os estudantes reconhecem as potencialiddaes desta ferramenta nas dimensões avaliadas: i) aspectos pedagógicos; ii) aspectos tecnológicos; iii) aprendizagem cognitiva; iv) interacções na sala de aula e v) comportamentos positivos na sala de aula. As conclusões obtidas encontram-se alinhadas com a literatura, a qual refere que:

- Os recursos digitais têm efeitos positivos na aprendizagem [4], [15], [24];
- O uso educacional da tecnologia e o envolvimento dos estudantes estão relacionados [4], [14], [24];
- Os recursos digitais, que integram ferramentas de comunicação, aumentam a participação dos estudantes nas actividades. A utilização do *Twitter* ajuda na remoção de barreiras psicológicas, aumentando a participação de estudantes mais introvertidos [25], [26].

A Fig. 8, sintetiza as diferenças entre os paradigmas de comunicação cognitiva 1.0 e 2.0 em sala de aula: o aprofundamento da interactividade, a participação activa e a colaboração são os aspectos mais relevantes. Neste estudo preliminar ficaram delineadas e definidas algumas tendências sobre os efeitos da comunicação cognitiva 2.0 ao nível da motivação e do envolvimento na aprendizagem.

Media Adequado ao Conteúdo		Comunicação 1.0		Comunicação 2.0	
Media	Conteúdo	Pedagogia	Interactividade	Interactividade	Efeitos Directos
Modelo Comunicação	Actualidade	Estilos Aprendizagem	Diálogo	Questões	Emoções
Scripto	Rigor	Informar	Questões	e-Avaliação Diagnóstico	Motivação
Audio	Relevância	Discurso Oral	Comentários	e-Feedback	Aprendizagem
Video	Clareza	Ling. não Verbal	Jogos de Papéis	e-Comentários	Atenção
Multimédia	Interacção	Pré-requisitos	1:n	e-Colaboração	Envolvimento
Informo	Estrutura	Memorização	Reflexão	e-Participação	Actividade Multicanal
Design	Reutilização	Estratégias	Descontínua	Estímulo ao Diálogo	Reflexão
Layout	Adequado Público-Alvo	Articular com outros Materiais	Menos Espontânea	n:m	Equitativo

Figura 8 - Paradigmas de comunicação cognitiva 1.0 e 2.0

Em estudos futuros, pretende-se i) alargar a amostra, de forma a aumentar o significado estatístico e validar o questionário e ii) desenvolver a investigação de modo mais sistémico. Deste modo, a comunicação cognitiva 2.0 em contexto de sala de aula será contextualizada e relacionada com as outras componentes do *Hybrid Institutional Personal Learning Environment* (ambiente de aprendizagem que faz a ponte entre a visão da instituição e a do sujeito), como é ilustrado na Fig. 2.

Referências

[1] C. Ganito, "A Mobilização da Identidade: o telemóvel como prótese ou extensão do espaço pessoal", In F. d. C. Humanas (Ed.), Tecnologia e Sociedade, pp. 95-105, Lisboa: Universidade Católica Portuguesa, 2007.

[2] A. McCormack, "The e-Skills Manifesto: a Call to Arms", European Schoolnet, Brussels, Belgium, 2010.

[3] M. Prensky, "Digital Natives, Digital Immigrants", On the Horizon, vol. 9, no. 5, pp. 1-6, 2001.

[4] R. Junco, G. Heiberger, and E. Loken. "The effect of twitter on college student engagement and grades", Journal Computer Assisted Learning, pp. 1-14, Nov. 2010.

[5] G. Kennedy, B. Dalgarno, S. Bennett, K. Gray, J. Waycott, T. Judd, A. Bishop, K. Maton, K. L. Krause and R. Chang, Eds., Educating the Net Generation - a Handbook of Findings for Practice and Policy, Melbourne: Australian Learning and Teaching Council, 2009.

[6] L. Castañeda and J. Soto, "Building personal learning environments by using and mixing ICT tools in a professional way", Digital Education Review, *18,* 9-25, Dec 2010, Available: http://greav.ub.edu/der/index.php/der/article/view/163/302.

[7] S. Bennett, K. Maton, and L. Kevin, "The 'digital natives' debate: A critical review of the evidence," British Journal of Educational Technology*,* vol. 39, no.5, pp. 775-786, Sep. 2008.

[8] G. L. Miranda, "Concepção de conteúdos e cursos online", in Ensino Online e Aprendizagem Multimédia, Miranda, G. L. ed. Lisboa: Relógio d´Água, pp. 81-110, 2009.

[9] A. D. Figueiredo, "Estratégias e modelos para a educação online", in Ensino Online e Aprendizagem, G. L. Miranda, Ed. Lisboa: Relógio d´Água, pp. 33-55, 2009.

[10] J. R. Lagarto, "A escola, a sociedade da informação e as TIC", in Na rota da Sociedade do Conhecimento - as TIC Na Escola, J. R. Lagarto, Org. Lisboa: Universidade Católica Editora, pp. 7-13, 2007.

[11] D. Tapscott, and A. D. Williams, Wikinomics - A Nova Economia das Multidões Inteligentes*.* Lisboa: Quidnovi, 2008.

[12] D. Jonassen, Computadores, Ferramentas Cognitivas*.* Porto: Porto Editora, 2007.

[13] G. Salmon, E-Moderating: The Key to Teaching and Learning Online, Oxon: RoutledgeFalmer, 2004.

[14] P. Chen, A. Lambert, K. Guidry, "Engaging online learners: the impact of web-based learning technology on college student engagement", Computers & Education, vol. 54, pp. 1222-1232, May 2010.

[15] K. E. James, L. A. Burke, and H. Hutchins M., "Powerful or Pointless? Faculty Versus Perceptions of PowerPoint Use in Business Education", Business Communication Quarterly*,* vol. 69, no. 4, pp. 374, 2006.

[17] Anonymous, "Mayer's SOI model", Available: http://www.personal.psu.edu/wxh139/SOI.htm.

[17] J. Nesbit, B. Karen B., and L. Tracey, "Learning object review instrument (LORI) version 1.5", E-Learning Research and Assessment Network (eLera) and the Portal for Online Objects in Learning (POOL), 2007.

[18] P. Nokelainen, "An empirical assessment of pedagogical usability criteria for digital learning material with elementary school students", Educational Technology & Society, vol. 9, no. 9, pp. 178-197, Apr. 2006.

[19] E. Kurilovas, "Digital library of educational resources and services: evaluation of components", Informacijos Mokslai*,* vol. 42-43, pp. 69-77, 2007.

[20] M. M. Hill and A. Hill, Investigação por questionário. Lisboa: Edições Sílabo, 2005.

[21] J. Vilelas, *I*nvestigação - O Processo de construção o conhecimento. Lisboa: Edições Sílabo, 2009.

[22] L. Johnson, L., R. Smith, H. Willis, A. Levine, and K. Haywood, "The 2011 Horizon Report", The New Media Consortium, Austin, Texas, 2001.

[23] D. Melville, *et al*, "Higher education in a web 2.0 world - report of an independent committee of inquiry into the impact on higher education of students", Committee of Inquiry into the Changing Learner Experience, Mar. 2009.

[24] A. Balanskat, R. Blamire and S. Kefala. "ICT impact report - A review of studies of ICT impact on schools in Europe", European Schoolnet European Communities, Dec, 2006.

[25] OECD, "Giving Knowledge for Free. The Emergence of Open Educational Resources*",* CERI, 2007.

[26] J. Kruger, Epley N., J. J. Parker and NgZ, W. "Egocentrism over e-email: can we communicate as well as we think?", Journal of Personality and Social Psychology*,* vol. 89, nº. 5, pp. 925-936, Nov, 2005.

Experiencias de Superación del Cambio en la Implantación de un Sistema de Información en el Sector de la Miticultura

Jorge Núñez Suárez, Juan Carlos Núñez Suárez
Miticultores
Vigo, España
jorge.nunez@talk21.com, jcnunez@iies.es

Matías García Rivera
Dpto. de Ing. de Sistemas y Automática
Universidad de Vigo
Vigo, España
mgrivera@uvigo.es

Abstract—**Este artículo presenta las experiencias obtenidas durante la implantación de un sistema de información en el sector de la miticultura. Este sector caracterizado por su poco grado de informatización a día de hoy, presenta una de las últimas oportunidades de observar el proceso de informatización de un sector donde el nivel de uso de las nuevas tecnologías a bordo es prácticamente nulo.**

Keywords; miticultura; gestión del cambio; sistemas de información, informatización

I. INTRODUCCIÓN

El ser humano es y siempre ha sido reacio a cambiar aquellos sistemas y procedimientos que han demostrado un funcionamiento adecuado. Después de todo, cualquier cambio implica una transición hacia lo desconocido y por lo tanto un posible riesgo potencial. No debería sorprendernos por lo tanto que la reacción natural más habitual sea de evitar ese cambio en la medida de lo posible. Este simple hecho, comprobado a lo largo de numerosos proyectos de transformación, también se presenta en el proyecto objeto de este artículo.

La sección II de este artículo describe la situación anterior a la implantación del sistema, en particular en lo que respecta a la aplicación de las tecnologías de la información y comunicación en el sector de la miticultura en Galicia. La sección III describe el sistema que se ha implantado. Le siguen reflexiones sobre las acciones encaminadas a facilitar el cambio y los resultados que se han obtenido en la sección IV. El artículo finaliza con unas conclusiones sobre el trabajo realizado y los resultados obtenidos.

II. SITUACIÓN ACTUAL

La miticultura en Galicia es un sector tradicional, en muchos ámbitos asimilable a la actividad pesquera y donde la propiedad de los viveros está muy atomizada [1]. Este sector está sufriendo cambios debido a la implantación de nuevas tecnologías que han permitido la automatización de tareas que hasta hace muy poco habían sido manuales (grúa para levantar existencias, encordadora, clasificadora, cepillos para deshacer las cuerdas, descarga paletizada). Dichas mejoras han sido básicamente de carácter mecánico, mayoritariamente gracias a la introducción de maquinaria que automatice el proceso productivo. Esto ha permitido al sector incrementar la productividad de la tripulación y por lo tanto conseguir una reducción de costes de mano de obra.

En cuanto a la informatización, esta ha alcanzado la gestión de las asociaciones de productores pero no ocurre lo mismo con la gestión a bordo de las embarcaciones auxiliares de cultivo. Así es, la gestión de las existencias y la producción sigue llevándose de forma manual.

Existen diferentes razones para ello, entre las que podemos destacar las siguientes:

- Ausencia de herramientas informáticas desarrolladas específicamente para el sector.
- Alto precio de los sistemas informáticos robustos, necesarios para el medio marino.
- Bajo grado de alfabetización digital entre las tripulaciones.
- Falta de sensibilización en la dirección de estas compañías de las ventajas que puede aportar un sistema de gestión de este tipo.
- Escasas experiencias de éxito en la introducción de las TIC en la actividad productiva de este sector. A esto contribuye su carácter atomizado y minifundista.

Estas características desincentivan la inversión de los proveedores tradicionales de otros sectores.

III. SABATE

El sistema informático desarrollado en el proyecto SABATE [2] tiene por objeto facilitar la gestión de las existencias en los viveros de cultivo y la planificación de la producción. Este sistema fue ideado por la dirección de la compañía quien actuó como promotor de cambio interno.

A. *Objetivos*

El proyecto SABATE ha tenido como uno de sus objetivos demostrar que estas barreras son superables y que una aplicación informática desarrollada específicamente para el sector no solo puede alcanzar un elevado grado de adopción, sino que en un plazo corto de tiempo se convierte en una herramienta imprescindible para la gestión diaria de una explotación de miticultura, lo que, en este caso, constituye el primer eslabón de informatización de un sector donde las nuevas tecnologías no están presentes.

B. *Descripción*

Las principales características del proyecto SABATE son las siguientes:

- Sistema móvil sobre un Tablet PC robusto para uso a bordo de las embarcaciones de cultivo.
- Uso intuitivo, representando la información de forma gráfica mediante codificación visual. Un croquis del vivero mostrará mediante símbolos los distintos tipos de existencias y la fecha de fondeo.
- Sincronización de los datos de los dispositivos a bordo con la instancia de la aplicación en tierra.
- Refleja el crecimiento de las existencias en los viveros, configurando los parámetros de transición entre estados por vivero (tiempos de crecimiento para paso de cría a desdoble, desdoble a venta, etc.).
- Ayuda a la planificación y el registro de actividades de tareas en la explotación.
- Sistema que incorpora las consultas de carácter estadístico de la actividad efectuada.
- Trazabilidad de las existencias desde su fondeo hasta la venta, identificando los porcentajes de los distintos orígenes de la semilla.

El sistema se organiza en los siguientes módulos:

- Administración, con la gestión de usuarios y perfiles, diseño de viveros, y establecimiento de parámetros de crecimiento estándar.
- Explotación, que comprende el fondeo, extracción, traslado y consulta de existencias.
- Actividad, que abarca las tareas de registro y consulta de actividad de la explotación.
- Planificación, para definir los planes de trabajo y la consulta de la actividad prevista.

C. *Fases*

Las fases de este proyecto han sido las habituales del desarrollo de los sistemas de información:

- Estudio de viabilidad del sistema
- Análisis y toma de requisitos
- Diseño técnico del sistema
- Codificación del sistema
- Pruebas del sistema
- Instalación y formación
- Puesta en producción

D. *Resultados*

Este documento describe las acciones que se tomaron para lograr la adopción con éxito del sistema por parte de los empleados de la compañía. Queremos resaltar que a pesar los condicionantes que a priori podrían haber apuntado hacia un proceso abocado al fracaso, la realidad ha sido muy diferente, ya que en la actualidad el sistema se encuentra en producción tras pasar rápidamente por las diferentes fases de cambio.

IV. ¿UN CASO DE ÉXITO?

El sistema de planificación y control en cuestión tiene por objeto la gestión de las existencias fondeadas en viveros de cultivo de mejillón, y el registro de las actividades efectuadas en la explotación. Estas actividades proporcionan el conocimiento del estado del negocio y facilitan la toma de decisiones basadas en datos actualizados. Este sistema se ha diseñado para ser operado como muestra la Figura 1. A bordo de las embarcaciones auxiliares de cultivo se realizan las funciones de gestión del stock del producto y el registro de las actividades realizadas. Además, está sincronizado con una instancia del sistema operada en tierra, cuyas funciones principales son el seguimiento y control de la actividad y la planificación de tareas.

Figura 1. Esquema de funcionamiento del sistema

Entonces, ¿en qué consiste exactamente el cambio? Veamos a continuación las principales implicaciones para la actividad diaria de la tripulación:

- Introducción de ordenadores a bordo de la embarcación, algo que hasta el momento no se había producido al menos en ninguno de las explotaciones de miticultura próximas (ubicadas en misma ría o rías adyacentes).
- Cambio en la forma de registrar la información: en lugar de utilizar los planos plastificados de la ilustración 1, se registran los movimientos de cada vivero en un Tablet PC robusto.
- Cambio en la cantidad y calidad de información registrada. Puesto que el sistema informático permite almacenar mucho mayor detalle de las operaciones, así como toda la historia de cada vivero, se cuenta con información siempre actualizada y en gran medida no disponible hasta entonces.

- Cambio en los procedimientos de seguimiento de la producción, dado que la planificación de la producción puede llevarse a cabo tanto a bordo de la embarcación como remotamente.
- Cambio en los procedimientos de información a la dirección. La información sobre las actividades diarias y previsiones de producción están disponibles para la dirección de forma sencilla y actualizada.
- Mayor disponibilidad de información de producción para los propietarios de la explotación, algo que podría intimidar a los usuarios por el aumento de control sobre el trabajo (cantidad y calidad) efectuado.

Aunque este sistema mostrado en la Figura 2. ha sido diseñado de forma que su uso resulte intuitivo y soporte las formas de trabajo habituales, cualquiera de estos cambios por sí mismo es suficiente para activar los mecanismos de defensa inherentes al ser humano. Todos combinados presentaban un reto importante, a menos a priori.

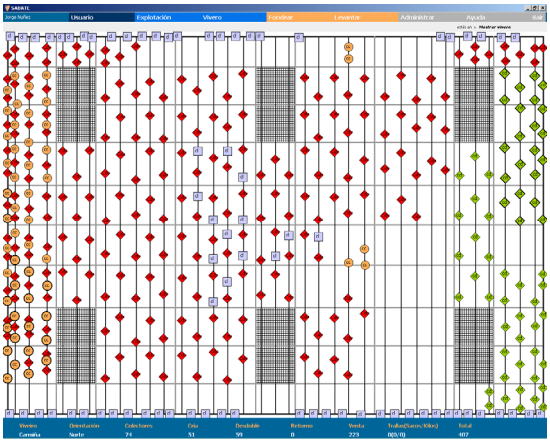


Figura 2. Sistema de Información SABATE

La curva del cambio mostrada en la Figura 3 es una herramienta para guiar personas, grupos y organizaciones, y para entender, aceptar y administrar cualquier proceso de cambio. Es especialmente útil al principio del cambio, cuando la resistencia es más notable [3].

Veamos a continuación un resumen simplificado de las principales fases por las que era previsible que la tripulación pasase hasta llegar a una completa adopción del sistema, y por las que efectivamente ha pasado y para las que se incluyen ejemplos:

- Negación: el sujeto se niega a aceptar que se está produciendo un cambio que provoca inestabilidad. Al inicio del proyecto los usuarios negaban la necesidad de proceder a la informatización, exagerando la complejidad que ello introduciría y las molestias que ocasionaría la introducción del ordenador a bordo de la embarcación. Esta actitud se corresponde con la "cultura experta" [4] que domina el sector pesquero en Galicia basada en un conocimiento tradicional e histórico que se rechaza la innovación. Así es, incluso en la incorporación de herramientas mecánicas, la primera reacción que se produce en los productores es la negación de su utilidad, resaltando la falta de adecuación al entorno o la fiabilidad de las nuevas herramientas o técnicas. Esta fase es prácticamente inevitable en cualquier proyecto de este tipo. De cara a facilitar la transición a la siguiente se llevaron a cabo las acciones que se detallan en la sección V, en particular una captura de requisitos detallada y apropiada a la operativa diaria así como la implantación progresiva de funcionalidad.
- Enfado: el usuario reacciona en contra de los cambios expresando, con un carácter esencialmente emocional, su disconformidad con los mismos. En este proyecto no se constató esta reacción.
- Queja: el usuario expresa su disconformidad con los cambios que se avecinan. Al igual que la fase anterior, no se constató esta reacción al cambio.
- Depresión: el sujeto es consciente de que se produce un cambio y toma medidas para impedir que tenga éxito. Se mantiene la inestabilidad. Uno de los usuarios se niega a usar el sistema a pesar de que gestionar las existencias forma parte de sus responsabilidades. Un usuario alternativo más propicio a la informatización asume funciones que no le corresponden. Adicionalmente los usuarios mantuvieron un doble sistema de gestión (papel e informático) a pesar de que el primero ya no era necesario. Conscientes de que era preferible no imponer el uso exclusivo de la solución informatizada, esta simultaneidad es admitida hasta que los usuarios decidan abandonar por si mismos el método tradicional.
- Exploración: el sujeto es consciente de que el cambio es inevitable y comienza a explorar hasta qué punto el cambio puede beneficiarle. Poco a poco los usuarios menos favorables comienzan a usar la nueva herramienta informática, señalando posibles mejoras tanto en lo que se refiere a su uso como a funcionalidades adicionales.
- Compromiso: el sujeto ha identificado su papel en la nueva situación y se ha comprometido con ella. Se alcanza la estabilidad. Los usuarios finales se han vuelto los mejores valedores de la nueva herramienta, como se comentará más adelante.

Figura 3. Curva del cambio y sucesos durante el proyecto

Conscientes de que la tripulación iba a experimentar las diferentes fases de este ciclo, se diseñó un plan de acción y se utilizaron herramientas que facilitaron en gran medida que el proceso fuese rápido y sencillo.

Este plan tiene en el diseño del sistema su primer hito por cuanto se puso especial cuidado en que la aplicación fuese fácil de usar dotándola de un carácter muy visual e intuitivo. A esto contribuyó que este diseño fuese efectuado por expertos en nuevas tecnologías y a la vez productores. A pesar de esto, las primeras reacciones al sistema de los futuros usuarios, recogidas durante sesiones de toma de requisitos, en las que se avanzaba a la tripulación el proyecto de desarrollo de la nueva herramienta, arrojaron una recepción negativa acompañada de una negativa a cambiar el modus operandi habitual. Como era previsible, se habían activado las alertas en la tripulación y se iniciaba un proceso que culminaría con un rechazo total al sistema.

El equipo de proyecto debió por lo tanto preparar un plan de acción que permitiese superar este obstáculo y conseguir la adopción del sistema.

V. UN PLAN DE ACCIÓN PARA FACILITAR EL CAMBIO

Previsiblemente los usuarios del sistema iban a pasar por los tres estados de la pirámide de resistencia de Nieder y Zimmerman:

- No sabe usar el nuevo sistema
- No puede usar el nuevo sistema
- No quiere usar el nuevo sistema

Se diseñó un plan de acción consistente en acciones, con sus objetivos definidos, sus recursos y un plazo de ejecución que permitió conseguir una rápida adopción del sistema mediante la superación de estos estados. Este plan consistió de las siguientes:

- Actividades de captura de requisitos funcionales adecuados a la operativa habitual a bordo de la embarcación, orientadas a evitar que los usuarios no sepan o no puedan usar el sistema.
- Actividades de formación y sensibilización de los usuarios finales, orientadas a evitar que los usuarios no sepan usar el sistema.
- Actividades de diseminación de la experiencia a través de diversos canales y medios de comunicación, orientadas a evitar que los usuarios no quieran usar el sistema.
- Actividades de implantación progresiva de funcionalidad, orientadas a evitar que los usuarios no sepan o no quieran usar el sistema.

A continuación se describen estas actividades del plan de acción.

A. La importancia de la toma de requisitos funcionales

Quizá uno de los aspectos sobre los que menos se ha incidido en este y otros proyectos de desarrollo de aplicaciones informáticas es la necesidad de contar con una especificación funcional excelente. Bien es sabido que el porcentaje de problemas y errores en los sistemas informáticos debidos a una pobre captura de datos puede alcanzar cifras muy elevadas, por ejemplo el 90% que indican [8] y [9]. En este proyecto se hizo un esfuerzo muy elevado por documentar, en gran nivel de detalle, la funcionalidad necesaria, y por personal altamente especializado, con una gran experiencia en la realización de estas actividades a la vez que una gran experiencia en el sector de la miticultura. Somos conscientes de que esta combinación de conocimientos y experiencia es una rara avis y por lo tanto no es un factor exportable a otros dominios. El resultado fue una especificación funcional que no requirió modificaciones en fases posteriores del proyecto y que sirvió de cimientos de todo el edificio tecnológico que se construyó sobre ella. Consideramos que en sí mismo este factor es el más importante a la hora de garantizar el éxito del proyecto.

B. La importancia de la formación

Uno de los pilares de la gestión del cambio es la formación en los nuevos sistemas. A través de acciones de este tipo se suele conseguir vencer las reticencias derivadas del desconocimiento de la nueva situación. En este proyecto, en línea con la ortodoxia tradicional, se han realizado numerosas sesiones de sensibilización y formación con el objeto de familiarizar a los usuarios finales con los nuevos procedimientos y la funcionalidad del sistema informático. En estas actividades se procedió a introducir datos realistas en el sistema y a explorar los diferentes escenarios de las actividades diarias de los productores. Puesto que la herramienta está orientada, por diseño, a los procesos productivos, se plantearon escenarios similares a los que se presentan en la actividad

diaria. Esto facilitó una rápida comprensión de la herramienta por parte de la tripulación. Adicionalmente la formación fue efectuada por productores, respondiendo al concepto de formación "entre iguales" ha demostrado ser una técnica que mejora notablemente los resultados frente a la formación efectuada por tecnólogos desconocedores del lenguaje y de los procesos del sector.

C. Una implantación progresiva

La implantación de la aplicación ha sido progresiva en lo que se refiere a su funcionalidad. Así conscientes del salto que supone la introducción de medios informáticos en entornos donde antes no los había, se ha procedido a implantar el sistema de forma progresiva, comenzando por las funcionalidades básicas y más habituales, continuando con otras más avanzadas. Esto ha reducido el cambio traumático que supone cambiar la forma de trabajo. Lo cierto es que aparte de los lógicos ajustes que se producen en cualquier sistema informático, no se han producido incidencias debido al uso incorrecto.

D. La importancia de las actividades de diseminación

El equipo de proyecto considera que uno de los factores que ha contribuido a la rápida adopción del sistema por la tripulación ha sido la intensidad y variedad de actividades de diseminación, especialmente a través de nuevos canales (portal es tecnológicos en Internet), entrevistas in situ con la televisión y radio locales. Estos medios de comunicación, que alcanzan a un público potencial muy elevado en la región de interés, han contribuido en gran medida a mejorar la percepción del sistema entre los propios usuarios. A continuación se describen las principales actividades realizadas:

- Grabación de documental y publicación en portal especializado sobre tecnología RFID [5].
- Entrevistas en directo tanto en radio local (Radio Arousa, marzo de 2010) como en televisión regional (CRTVG, abril de 2010).
- Reportaje en prensa local (Faro de Vigo, 2 de abril de 2010) [6].
- Ponencia en las Jornadas Técnicas de la IV Feria Internacional de Acuicultura de Galicia, marzo de 2010 [7]
- Ponencia en el congreso CISTI, junio de 2009[2].
- Participación en Aqua Farming International, Vigo 2009.

La comunicación externa es un factor clave para el éxito de cualquier nueva iniciativa. En efecto, muchos proyectos carecen de la difusión necesaria lo que hace que los usuarios obvien las bondades que el proyecto aporta y se concentren en los inconvenientes y los posibles defectos que pueda presentar. Sin embargo, el reconocimiento público permite variar el foco de atención de lo negativo hacia lo positivo y así comenzar a subir la escalera de la aceptación. De esta manera, consideramos que estas actividades han contribuido en gran medida al éxito del proyecto, más allá de la necesidad de compartir los resultados, dado que la presencia en medios de comunicación de masas confiere al mismo una visibilidad y un prestigio indudables. Así es, gracias a la presencia de la prensa escrita, radio y televisión, los usuarios pudieron comprobar de primera mano la repercusión del proyecto más allá del propio sector y que, por pionero, suponía toda una novedad. Simultáneamente a la difusión en estos medios, se produjo un cambio de actitud de los usuarios que variaron su percepción respecto al nuevo sistema informático. Ya no era una locura de los productores y propietarios de la explotación, si no que atraía la atención de medios de comunicación. Finalmente, esto permitió a los usuarios convertirse en protagonistas del proyecto y ganarse el respeto de sus colegas de profesión.

Ante cualquier cambio encontramos personas que son más favorables y otras que son más reacias, tal y como se muestra en la figura 4, donde se representan los siguientes grupos de individuos de acuerdo a su nivel de participación en el proyecto: actitud negativa, actitud neutral y actitud positiva. Ante la eventual aparición de este problema durante la implantación de la herramienta, se decidió identificar un usuario alternativo que pudiese liderar la adopción. Esta acción tuvo que ser puesta en marcha cuando uno de los usuarios principales se negó a utilizar la aplicación, a pesar de que esta tarea es una de sus responsabilidades. Este hecho resultó en un efecto contagio que consiguió derribar las barreras que "artificialmente" había levantado el primero de los usuarios y quien, posteriormente se convirtió en el usuario principal de la aplicación. Mediante este "contagio" se había logrado el desplazamiento del sector con actitud negativa al sector con actitud positiva.

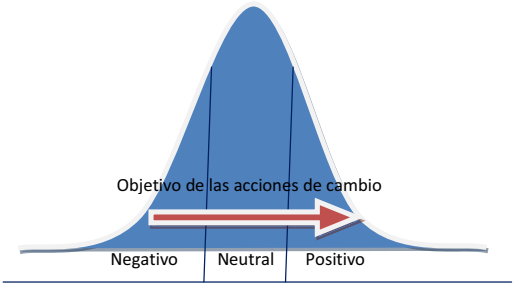


Figura 4. Sentido de las acciones de cambio

Como resultado de este plan de acción, se ha observado que en la actualidad los usuarios se encuentran en la fase final del ciclo del cambio. A modo de ejemplo y si que se les haya sido requerido, los propios usuarios hacen demostraciones a otros productores sobre las bondades del sistema. Este ejemplo resume el cambio de actitud que se ha producido desde el rechazo inicial y prueba lo satisfactorio del proceso de implantación y de gestión del cambio.

VI. CONCLUSIONES

Como es bien sabido, los usuarios aceptan mejor los nuevos sistemas cuando incluyen elementos facilitadores para su trabajo. Puesto que estamos hablando de un sistema de control y gestión, a priori, se puede entender que la reacción natural

sea un temor a "ser controlado" por la dirección. Este aspecto que podría ser fácilmente percibido como negativo, puede volverse positivo cuando supone un salto en la calidad del trabajo. Esto es, con estos nuevos medios, el usuario ha asumido mayor responsabilidad ya que, a partir de este momento, dispone de mucha más información y puede tomar decisiones que antes no podía asumir por la propia falta de datos. Con esto no sólo, la sensación de que se produciría un mayor control sobre el trabajo efectuado se ha diluido si no que el propio usuario se siente reforzado en su puesto.

Pensamos que se ha llegado a esta satisfactoria conclusión gracia al plan de acción puesto en marcha. En particular destacamos las acciones encaminadas a realizar un buen análisis funcional, llevado a cabo por personas con profundo conocimiento de negocio es la mejor herramienta para vencer posibles resistencias, puesto que elimina toda posibilidad de argumentar que el sistema no cumple con los requisitos reales de los usuarios finales. A pesar de que hemos reiterado a lo largo de este artículo su importancia, corroborada por numerosos estudios, queremos resaltar el hecho de que efectivamente este es el factor que más contribuye al éxito de un proyecto de este estilo.

Otro aspecto importante del plan de acción han sido las actividades de diseminación en medios de comunicación de masas. Pensamos que no se debe subestimar el impacto que en particular aquellos de cobertura local o regional pueden tener en las personas afectadas por el cambio. En este proyecto la hábil utilización de estos medios ha permitido dar una visibilidad al mismo, tanto interna como externa, que pensamos ha contribuido en gran manera a despertar la curiosidad de la tripulación y por lo tanto facilitar el paso de la fase de resistencia a la exploración.

Otras actividades de formación en la línea clásica de gestión del cambio son necesarias y efectivas, aunque como sabemos no son por sí mismas suficientes.

El resultado final de esta implantación es la consecución de usuarios activos, totalmente independientes e implicados en el uso y mejora del sistema informático, algo que se antojaba complejo antes de abordar el proyecto, por los factores mencionados al inicio de este documento.

AGRADECIMIENTOS

Este proyecto ha sido subvencionado por el programa INCITE de la Xunta de Galicia dentro de las ayudas sectoriales al medio marino.

REFERENCIAS

[1] M. Franco Leis (2006), *La miticultura en Galicia: Una actividad de éxito y con futuro.* Revista Galega de Economía, Vol. 15, n. 1, Servicio de Publicacións da Universidade de Santiago de Compostela.

[2] M. García Rivera, R. González Centeno, J.López Fernández, J.C. Núñez Suárez, J. Núñez Suárez, Sistema de Planificación de la Producción y Control de Existencias para el Cultivo de Mejillón,, 4ª Conferencia Ibérica de Sistemas y Tecnologías de la Información, 17 y 20 de Junio de 2009, Póvoa de Varzim, Portugal.

[3] Elizabeth Kübler Ross, On Death and Dying, Simon & Shuster 1970

[4] Leading Transformational Change: The Physician-Executive Partnership Thomas A. Atchison, Ed.D., and Joseph S. Bujak, M.D., Oct. 2001

[5] http://www.videos-it.com/videos/402/rfid/rfid-para-control-de-existencias-en-cultivos-de-mejillon/industria-prevision-de-la-demanda-rfid-universidad

[6] http://www.farodevigo.es/gran-vigo/2010/04/02/ingeniero-vigues-desarrolla-primera-aplicacion-informatica-gestionar-bateas/425617.html

[7] http://www.acui.es/files/SABATE%20ACUI2010.pdf

[8] Boehm, B.W., et al., Some Experience with Automated Aids to the Design of Large-Scale Reliable Software, IEEE TSE, Vol.1, Nº1,Marzo 1975, pp.125-133

[9] Kolawa, Adam; Huizinga, Dorota. Automated Defect Prevention: Best, Practices in Software Management. Wiley-IEEE Computer Society Press. p. 86, 2007.

Knowledge creation and sharing in software development teams using Agile methodologies: key insights affecting their adoption

Fátima Trindade Neves (Author)
ISEGI – Universidade Nova de Lisboa
Lisboa, Portugal
trindadeneves@gmail.com

Ana Maria Ramalho Correia (Author)
ISEGI – Universidade Nova de Lisboa
Lisboa, Portugal
acorreia@isegi.unl.pt

Valdemar Nunes Rosa (Author)
ISEGI – Universidade Nova de Lisboa
Lisboa, Portugal
m2009023@isegi.unl.pt

Miguel de Castro Neto (Author)
ISEGI – Universidade Nova de Lisboa
Lisboa, Portugal
mneto@isegi.unl.pt

Abstract - This paper analyses and evaluates the knowledge creation and sharing experiences of teams in the Agile software development domain. Over a series of three empirical phases a method is developed to evaluate the advantages and limitations of Agile practices in knowledge creation and sharing for Agile teams. In the first phase, initial issues and characteristics concerning agile methodologies were collected with a scoping review of the period since the manifesto for Agile software development emerged. The second phase represents a hermeneutic analysis of the result set obtained in the first phase. Using a SWOT analysis, the third phase assesses Agile processes, their relationships with knowledge transfer management and their effects on the productivity of software development teams. This research offers some key insights for decision makers considering the adoption of Agile methodologies in software development activities.

Keywords - Agile Methodologies, Knowledge Creation, Knowledge Sharing, Software Development Teams

I. INTRODUCTION

Agile methodologies increased their importance to the software industry [1] with the recognition that success in the production of software [2] depends on the capability of the organization to capture the knowledge created and shared by development teams. The aim of this paper is to see if there are indeed any advantages for decision makers in considering the adoption of Agile methodologies for software development activities.

The literature shows that in Agile software development the concept "one size fits all" does not exist. Before deciding to "go Agile" one must seek a balance between many conflicting requirements. Again, when deciding to "go Agile", the choice of the most appropriate method is influenced by many factors [3].

Taking account of these issues, this paper addresses the following questions:

1. Which knowledge creation and sharing practices are used by Agile software development teams?

2. What should be the major concerns for decision makers when considering the adoption of Agile methodologies in software development activities?

The second question has the potential for discovering some key insights for decision makers considering the adoption of Agile methodologies in software development. It is closely related to the first, since one of the goals of Agile software development is converting tacit to explicit knowledge (i.e. information), allowing the knowledge to be shared among members of software development teams and within the organization [4] (organizational knowledge). These questions have been studied by the adoption of evidence-based, systematized, qualitatively evaluated and synthesized research procedures to provide some key insights for decision makers. Recently, there has been increasing interest in adopting systematic approaches to assess and aggregate research outcomes in order to provide "a balanced and objective summary of research evidence in various topics", in such widely varied domains as health sciences, law, education, software engineering and management (e.g. [5] [6]).

The remainder of this article is structured as follows: Section II presents the background on Agile methodologies. Section III describes and presents the results obtained from a scoping review. In Section IV, a qualitative analysis of the result set is carried out. Section V contains a SWOT analysis, which generated the key insights affecting the adoption of the Agile methodology approach. Finally, in Section VI, the results are discussed and conclusions drawn.

II. AGILE METHODOLOGIES BACKGROUND

Agile methodologies appeared in the mid 1990's as an alternative to the traditional (or Tayloristic) methodologies, mainly because of the restrictions imposed by the rigid plan-driven and task-based characteristics of the traditional models, like Waterfall and its variances [3] [7]. Some of the most popular methods of Agile software development are: Extreme

Programming (XP), the Crystal Family, Agile Modeling, Adaptive Software Development, SCRUM, Feature Driven Development, Dynamic System Development Method [1] [2] [4] [7] [8].

All Agile methods share the same core-values of agility and flexibility. They differ from the Tayloristic methods by being iterative rather than phased, i.e, Agile software development is executed in short (2-4 week) iterations, each incrementing the product using minimal planning [1] [9] [10] instead of being developed in phases (typically Requirements, Design, Implementation, Verification and Maintenance), each phase ending in a milestone describing the criteria required to move to the next phase. In contrast, Agile methods provide deliverables after each iteration, incrementing in small subsets of prioritized features, thereby facilitating interaction, trust and understanding between on-site customers and the developers [10] [11].

Agile software development is also adaptive, not predictive; it is designed to respond to changing product requirements and to address volatile business, time and cost constraints [1] [7] [9] [12]. The methodologies promote the usage of small (up to 20-25 members) [10] [11] co-located and cross-functional teams, supported by close communication and collaboration with stakeholders, to facilitate intra-team knowledge transfer [1] [2] [4] [7] [9] [13] [14]. This encourages higher team performance [3] by reducing product development time [11] and increasing the chances of success [15].

In Agile processes the emphasis of knowledge creation and sharing is more on product development knowhow (tacit knowledge), rather than formal documentation (explicit knowledge or information) [1] [3] [13] [15]. Some working practices introduce pair programming and pair rotation (XP), face-to-face communication in daily meetings (SCRUM), while others are used to compensate for the absence of full documentation [3] [4] [7] [9] [11] [12] [14]. In a distributed environment, other techniques are applied, such as the use of wikis [11] [14], communities of practice [4] [12] and collaborative platforms to support inter-team knowledge exchange and transfer [14] [16].

III. METHODOLOGICAL APPROACH

The idea of evidence-based research is not new. It has been used for several decades in clinical practice. What we are seeing now is a renewed interest for increasing the relevance and application potential of existing research literature by using qualitative synthesis to build a valid, comprehensive, objective and reliable means of harnessing the existing evidence (e.g. [5] [17]).

Systematic reviews differ from traditional literature searches by " i) being more systematic and rigorous in the ways they search for and find evidence, i.e. as far as possible it should be comprehensive in its coverage of the literature; ii) having explicit and transparent criteria for appraising the quality of included research evidence, especially identifying and controlling for different types of bias in existing studies; iii) taking a clear and systematic approach to the synthesis of the data" (e.g. [18] [19] [20]).

Systematic reviews also aim to provide "a comprehensive, objective, and reliable overview, and not a partial review of a convenience sample of the author's favorite studies. Its approach and the methods used try to avoid reviewers' biases, which may affect the results of literature reviews." [19].

Systematic reviews adopt a particular methodology in an endeavor to limit bias, with the overall aim of producing a scientific summary of the evidence in any domain [19]. It is undertaken in several stages, namely, definition of the review scope, research questions and protocol; search for and selection of evidence; quality assessment of evidence; data extraction and synthesis and reporting and dissemination [20].

As Petticrew and Roberts [19] highlight "systematic reviews are simply another research method, and in many respects they are very similar to a survey – though in this case they involve a survey of the literature, not of people. Perhaps most importantly, systematic literature reviews usually aim to answer a specific question or test a specific hypothesis, rather than simply summarizing ''all there is to know'' about a particular issue".

Although systematic reviews are especially useful for disseminating key findings of large, complex bodies of literature to decision/policy makers, and practitioners, the synthesis of evidence may also produce new findings in relation to some of the issues not reached by more traditional literature reviews. Generally speaking systematic literature reviews consume significant resources. This explains the appearance of other approaches.

A. Scoping reviews/Scoping studies

There are several alternatives to the full systematic review. These may be useful as a prelude to refining the question for a systematic review, or to map out a general topic area. Some approaches to synthesizing research have been described by Petticrew & Roberts [19].

A scoping review is sometimes carried out in advance of a full systematic review to scope the existing literature – that is to assess the types of studies carried out to date, and where they are located. This can help with refining the question for a full review and deciding if the necessary resources can be afforded [19].

Davis et al [21] are of the opinion that scoping is a widely used but poorly defined term (op.cit 1386). It is generally synonymous with preliminary investigative processes that identify the range and nature of existing evidence and help in the formulation of research questions or the development of research proposals.

B. The Method and Results

Taking into account the research questions this paper aims to address, as described in I. Introduction, the main concepts of interest were described by the following keywords and phrases: "Agile methodology", "knowledge management", "software development" and "team". Analysis of the papers retrieved in preliminary searches gave synonymous and related terms. The use of truncation allowed for different spellings as well as singular and plural occurrences of the different nouns. As in any Boolean search strategy, the main keywords representing

the main concepts, together with their synonymous and related terms were combined by the Boolean operator OR. To complete the search strategy all concepts were then combined with the Boolean operator AND.

Table I illustrates the bibliographic search results by the sets/groups chosen and the respective keywords, synonyms and identical terms. Web of Science (WoS) – from Thomson Reuters [22] - was selected for the source data. A literature search was carried out over three distinct periods - 2001/2011; 2005/2011; 2007/2011 - to better understand the evolution of the numbers of relevant papers present in the literature. This approach led to the final Boolean equation/search string used in WoS which was formulated as:

[("Agile development" OR "Agile manifesto" OR "Agile method*" OR "Agile process*" OR "Agile software development" OR "Agile solution*" OR "Agile team*" OR "Dynamic system* development" OR "Extreme programming" OR "Lean management" OR "Lean software development" OR "SCRUM") AND ("Explicit knowledge" OR "Interpersonal knowledge" OR "Knowledge accessibility" OR "Knowledge acquisition" OR "Knowledge application" OR "Knowledge creation" OR "knowledge diffusion" OR "knowledge discovery" OR "Knowledge dispersion" OR "Knowledge engineering" OR "knowledge flow*" OR "Knowledge generation" OR "Knowledge integration" OR "Knowledge interaction" OR "Knowledge manag*" OR "Knowledge retention" OR "Knowledge sharing" OR "Knowledge theory" OR "Knowledge transfer" OR "Knowledge use" OR "Knowledge valuation" OR "Tacit knowledge") AND ("Software develop*" OR "Software engineering" OR "Software process*" OR "System* development") AND ("Team*")]

Searches were made using the possibility "topic" instead of only searching in the Title field.

TABLE I - RESEARCH IN WOS; KEYWORDS, TERMS AND SETS

Sets & Keywords / Search time period	2001/ 2011	2005/ 2011	2007/ 2011
A → Agile Methodology			
"Agile development"	296	252	193
"Agile manifesto"	19	14	10
"Agile method*"	508	414	308
"Agile process*"	156	112	74
"Agile software development"	338	290	209
"Agile solution*"	8	8	6
"Agile team*"	91	86	72
"Dynamic system* development"	11	5	4
"Extreme programming"	433	287	162
"Lean management"	51	46	37
"Lean software development"	12	10	9
"SCRUM"	543	445	378
A → (Boolean "OR")	**1,822**	**1,443**	**1,079**
B →Knowledge Management			
"Explicit knowledge"	1,149	832	615
"Interpersonal knowledge"	14	9	8
"Knowledge accessibility"	24	17	12
"Knowledge acquisition"	2,736	1,917	1,400
"Knowledge application"	177	149	118
"Knowledge creation"	1,272	1,027	811
"knowledge diffusion"	213	183	149
"knowledge discovery"	3,747	2,604	1,789
"Knowledge dispersion"	7	7	7
"Knowledge engineering"	842	584	441
"Knowledge flow*"	627	529	425
"Knowledge generation"	331	256	202
"Knowledge integration"	647	530	411
"Knowledge interaction"	39	26	20
"Knowledge manag*"	9,143	7,077	5,384
"Knowledge retention"	164	138	117
"Knowledge sharing"	2,684	2,261	1,805
"Knowledge theory"	52	36	26
"Knowledge transfer"	2,421	2,084	1,736
"Knowledge use"	149	109	85
"Knowledge valuation"	8	6	4
"Tacit knowledge"	1,529	1,184	908
B → (Boolean "OR")	**23,549**	**17,913**	**13,520**
C →Software Development			
"Software develop*"	12,864	9,112	6,463
"Software engineering"	7,858	5,378	3,860
"Software process*"	1,875	1,252	867
"System* development"	7,561	5,284	3,782
C → (Boolean "OR")	**26,773**	**18,764**	**13,382**
D →Team			
"Team*"	59,455	42,733	31,296
D → (Boolean "OR")	**59,455**	**42,733**	**31,296**

TABLE II – RESULTS OF SEARCHES USING BOOLEAN EQUATIONS OVER THE SPECIFIC SET OF CONCEPTS

Sets of concepts for the Boolean equations / Search time period	2001/ 2011	2005/ 2011	2007/ 2011
A → Agile Methodology	1,822	1,443	1,079
B →Knowledge Management	23,549	17,913	13,520
C →Software Development	26,773	18,764	13,382
D →Team	59,455	42,733	31,296
A and B	49	38	28
A and C	850	687	493
A and D	433	365	263
A and B and C and D	**18**	12	9

Table II illustrates the results of Boolean searches over specific sets of concepts, including those for which the final equation addresses the issues at stake within the "research questions" defined for this paper. The selected period was 2001/2011, corresponding to the period since the Manifesto for Agile Software Development [23] emerged. The final number of matching papers recovered was 18. As this represents a manageable number, the full texts of these 18 references were accepted for further study. However, despite all efforts, including extending the search to all academic libraries in Portugal, it was possible to obtain the full text of only 14 of these papers within the deadline.

It is interesting to note how prolific some of the authors are (Mauer, with 6 articles and Crawford with 5 articles). This is represented in Fig. 1, which characterizes the relationship between authors and papers for the 18 articles obtained from the Boolean search equation. Color blue represents the papers and red represents the authors, with their dimensions proportional to their relevance. This network illustrates the producers of scientific work in this area as well as their relationships.

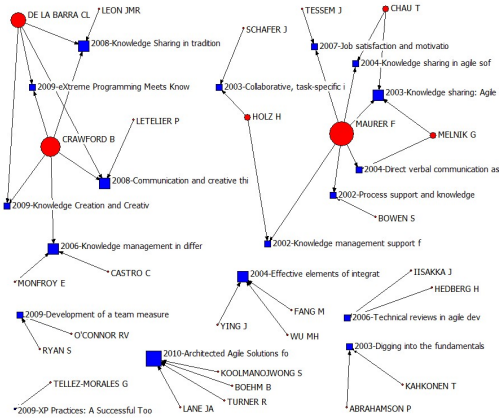


Figure 1. Relationship between authors identified in the scoping review and the corresponding papers.

IV. HERMENEUTIC ANALYSIS

As indicated by Meyers [24] there are different methods and approaches to qualitative data analysis. Hermeneutics, as a mode of analysis, proposes a method for understanding the meaning of textual data, in a dialectic circle between the understanding of the text as a whole and the interpretation of its constituent parts. A framework is developed to show the relationship between social/organizational issues and information technology, leading to the successful implementation of information systems.

To address the first question of this paper and uncover evidence of the practices used by Agile software development teams in knowledge creation and sharing, a qualitative data analysis was performed on a result set of the 14 papers obtained in the first phase, with the assistance of ATLAS.ti, a qualitative data management program.

Within the Hermeneutic Unit (HU), containing the Primary Documents (14 papers), a common path for the process of qualitative analysis was plotted. Two Families, "Knowledge Creation" and "Knowledge Sharing" were allocated two Codes each, corresponding to significant sections of text that captured meaning in the documents. The coding strategy was designed to split the four core-values of the Manifesto for Agile Software Development [23] into the following coding scheme: "Working software over comprehensive documentation" and "Responding to change over following a plan" being members the first Family, while "Individuals and interactions over processes and tools" "Customer collaboration over contract negotiation" were recognized as members of the second Family.

By reading and selecting text passages and graphics, any extracts considered interesting or relevant to the analysis were assigned the corresponding codes. In this way, a semantic network emerged, revealing the relationships in the data and connecting the various parts of the HU.

The main results of the HU are shown in Table III.

TABLE III – FREQUENCY TABLE: CODES BY QUOTATIONS

Codes	Quotations	Families
Working Software	103	Knowledge Creation
Responding to Change	22	Knowledge Creation
Individuals and Interactions	169	Knowledge Sharing
Customer Collaboration	48	Knowledge Sharing

Table IV shows the results obtained of Code analysis by frequency of Quotations in Primary Documents.

TABLE IV – FREQUENCY TABLE: CODES BY PRIMARY DOCUMENTS

Primary Documents / Codes	C1	C2	C3	C4	TOTALS:
P 1: Chau_Maurer_Melnik_2003	19	9	34	17	**79**
P 2: Bowen_Maurer_2002	2	0	2	0	**4**
P 3: Tellez-Morales_2009	6	1	7	0	**14**
P 4: Chau_2004	15	0	26	6	**47**
P 5: Ryan_2009	4	1	28	1	**34**
P 6: Holz_2002	11	1	11	0	**23**
P 7: Kahkonen_Abrahamson_2003	14	2	9	5	**30**
P 8: Crawford_2006	12	3	14	4	**33**
P 9: Boehm_Lane_2010	3	2	5	1	**11**
P10: Fang_2004	0	0	3	0	**3**
P11: Hedberg_Iisakka_2006	5	0	2	4	**11**
P12: Holz_Schafer_2003	4	0	7	0	**11**
P13: Melnik_Maurer_2004	1	0	14	10	**25**
P14: Tessem_2007	7	3	7	0	**17**
TOTALS:	**103**	**22**	**169**	**48**	**342**

Legend: C1: Working Software; C2: Responding to Change; C3: Individuals and Interactions; C4: Customer Collaboration.

Observing Tables III and IV, the Code having highest value of Quotations in Primary Documents is "Working Software", followed by "Individual and Interactions". The Family "Knowledge Sharing" has the largest number of Quotations (217). Among all, P1 contributes foremost to "Working Software" and "Individuals and Interactions" Codes, valuing both Families, appearing to be the principal enriching document in the analyzed set.

V. SWOT ANALYSIS

SWOT analysis maps are a strategic management tool used to evaluate the Strengths, Weaknesses, Opportunities, and Threats involved in a proposal or topic. Strengths and Weaknesses are internal to the organization. Opportunities and Threats originate from outside the organization. Mind Mapping is a powerful brainstorming technique that is especially effective for performing this type of analysis, because it can capture so much information in a compact visual space. It also enables the visualization of implicit connections between different pieces of information.

To address the second question of this paper and discover some key insights for decision makers considering the adoption of Agile methodologies in software development, a SWOT analysis was performed and represented in a form of a mind map, as illustrated in Fig. 2.

Concerning the results of the first phase, a set of ideas was retrieved and aggregated for each of the four areas of interest - Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats; these were placed on a main branch. This view displays the whole in parts; listed as sub-topics are the supporting data, describing what the decision makers have to consider when deciding if the objective is attainable, according to the SWOT.

Figure 2. SWOT analysis.

VI. CONCLUSIONS

In the domain of the software industry, from Agile to Waterfall methodologies, including everything in between, this paper aimed to highlight and discuss the advantages and limitations of Agile practices in knowledge creation and sharing experienced by Agile teams and the key insights affecting their adoption. It has addressed two questions: the first, concerning the practices used by Agile software teams, is answered in the results of the qualitative analysis shown in Table IV and in the four quadrants of the main branch of the mind map of the third phase. The second question, is answered by the analysis presented in Section V and should be interpreted over several dimensions, according to the perspective and reality of the organization under consideration, the capture of requirements and domain knowledge, documentation, training, competence management, team composition and team location. Further research will address the question: "So, should you go Agile?".

REFERENCES

[1] T. Chau, F. Maurer, G. Melnik, and I. C. S. Ieee Computer Society, *Knowledge sharing: Agile methods vs. tayloristic methods*. Los Alamitos: IEEE Computer Soc, 2003.

[2] S. Bowen, F. Maurer, and I. C. S. I. C. S. Ieee Computer Society, "Process support and knowledge management for virtual teams doing agile software development," in *26th Annual International Computer Software and Applications Conference, Proceedings*, ed Los Alamitos: IEEE Computer Soc, 2002, pp. 1118-1120.

[3] S. Ryan and R. V. O'Connor, "Development of a team measure for tacit knowledge in software development teams," *Journal of Systems and Software,* vol. 82, pp. 229-240, Feb 2009.

[4] H. Holz and F. Maurer, "Knowledge management support for distributed agile software processes," in *Advances in Learning Software Organizations*. vol. 2640, S. Henninger and F. Maurer, Eds., ed Berlin: Springer-Verlag Berlin, 2002, pp. 60-80.

[5] D. Denyer, D. Tranfield, and J. E. van Aken, "Developing design propositions through research synthesis," *Organization Studies,* vol. 29, p. 393, 2008.

[6] P. Brereton, B. A. Kitchenham, D. Budgen, M. Turner, and M. Khalil, "Lessons from applying the systematic literature review process within the software engineering domain," *Journal of Systems and Software,* vol. 80, pp. 571-583, 2007.

[7] B. Crawford, C. Castro, and E. Monfroy, "Knowledge management in different software development approaches," in *Advances in Information Systems, Proceedings*. vol. 4243, T. Yakhno and E. J. Neuhold, Eds., ed Berlin: Springer-Verlag Berlin, 2006, pp. 304-313.

[8] J. Tessem and F. Maurer, "Job satisfaction and motivation in a large agile team," in *Agile Processes in Software Engineering and Extreme Programming, Proceedings*. vol. 4536, G. Concas, E. Damiani, M. Scotto, and G. Succi, Eds., ed Berlin: Springer-Verlag Berlin, 2007, pp. 54-61.

[9] G. Tellez-Morales, "XP Practices: A Successful Tool for Increasing and Transferring Practical Knowledge in Short-Life Software Development Projects," in *Agile Processes in Software Engineering and Extreme Programming - 10th International Conference, Xp 2009*. vol. 31, P. Abrahamsson, M. Marchesi, and F. Maurer, Eds., ed Berlin: Springer-Verlag Berlin, 2009, pp. 155-160.

[10] B. Boehm, J. A. Lane, S. Koolmanojwong, and R. Turner, *Architected Agile Solutions for Software-Reliant Systems*. Berlin: Springer-Verlag Berlin, 2010.

[11] T. Chau and F. Maurer, "Knowledge sharing in agile software teams," in *Logic Versus Approximation - Essays Dedicated to Michael M Richter on the Occasion of His 65th Birthday*. vol. 3075, W. Lenski, Ed., ed Berlin: Springer-Verlag Berlin, 2004, pp. 173-183.

[12] T. Kahkonen and P. Abrahamson, "Digging into the fundamentals of extreme programming - Building the theoretical base for agile methods," in *Proceedings of the 29th Euromicro Conference - New Waves in System Architecture*, G. Chroust and C. Hofer, Eds., ed Los Alamitos: IEEE Computer Soc, 2003, pp. 273-280.

[13] H. Hedberg and J. Iisakka, "Technical reviews in agile development: Case Mobile-D (TM)," in *QSIC 2006: Sixth International Conference on Quality Software, Proceedings*, H. Mei, Ed., ed Los Alamitos: IEEE Computer Soc, 2006, pp. 347-353.

[14] H. Holz, J. Schafer, and I. C. S. Ieee Computer Society, *Collaborative, task-specific information delivery for agile processes*. Los Alamitos: Ieee Computer Soc, 2003.

[15] G. Melnik, F. Maurer, and s. ieee computer, *Direct verbal communication as a catalyst of agile knowledge sharing*. Los Alamitos: IEEE Computer Soc, 2004.

[16] M. Fang, J. Ying, and M. H. Wu, "Effective elements of integrated software development process supported platform," in *Computer Supported Cooperative Work in Design I*. vol. 3168, W. Shen, Z. Lin, J. P. A. Barthes, and T. Li, Eds., ed Berlin: Springer-Verlag Berlin, 2004, pp. 368-377.

[17] D. Denyer and D. Tranfield, "Using qualitative research synthesis to build an actionable knowledge base," *Management Decision,* vol. 44, pp. 213-227, 2006.

[18] Government Social Research Unit. (2007). *The Magenta Book: guidance notes for policy evaluation and analysis Background paper 2: what do we already know? Harnessing existing research*. Available: 12 February 2011 from http://www.civilservice.gov.uk/Assets/Chap_2_Magenta_tcm6-8605.pdf

[19] M. Petticrew and H. Roberts, *Systematic reviews in the social sciences: A pratical guide*. Oxford, United Kingdom: Blackwell Publishing, 2006.

[20] L. Victor, "Systematic reviewing," *Social Research Update,* vol. 54, pp. 1-4, 2008.

[21] K. Davis, N. Drey, and D. Gould, "What are scoping studies? A review of the nursing literature," *International journal of nursing studies,* vol. 46, pp. 1386-1400, 2009.

[22] Thomson Reuters, "ISI Web of Knowledge - Web of Science," ed: Thomson Reuters, 2011.

[23] K. Beck, M. Beedle, A. v. Bennekum, A. Cockburn, W. Cunningham, M. Fowler, J. Grenning, J. Highsmith, A. Hunt, R. Jeffries, J. Kern, B. Marick, R. C. Martin, S. Mellor, K. Schwaber, J. Sutherland, and D. Thomas. (2001). *Manifesto for Agile Software Development*. Available: http://agilemanifesto.org/

[24] M. D. Myers. (June 1997). *Qualitative Research in Information Systems, MIS Quarterly (21:2), pp. 241-242. MISQ Discovery, archival version, June 1997, MISQ Discovery, updated version, last modified: December 22, 2010* Available: www.qual.auckland.ac.nz

Using Augmented Reality Virtual Assistants to Teach the Traditional Leather Tanning Process

Gustavo Mações
CCG – Centro de Computação Gráfica
Guimarães, Portugal

Waldir Pimenta
CCG – Centro de Computação Gráfica
Guimarães, Portugal

Elizabeth Carvalho
CCG – Centro de Computação Gráfica
Guimarães, Portugal

Abstract— **The leather tanning process carries a high cultural value in Guimarães city. In some areas of Portugal, most of the society and its history are somehow interlaced with the history of the leather and all the associated processes of its production. There is a great lack of a "vivid" memory about the leather tanning process and its social implications. References to it in Guimarães city can be reduced to text and poor quality pictures. On the other hand, it is important to transmit to future generations the valuable role of the leather tanning in the local culture. At this point, the use of augmented reality techniques can help to illustrate interactively, expressively and with a compelling degree of immersion how this process used to be done, and help to preserve its memory. This project consisted in the development and implementation of an augmented reality application to young audiences that illustrates the ancient leather tanning process step-by-step. The resulting visualizations offer an impressive education experience that help to transfer a significant culture value of the Guimarães city.**

Keywords: Augmented reality, multimedia learning, cultural heritage.

I. INTRODUCTION

In the past, the leather tanning process used to be a very rough procedure. It was mostly a handicraft process that polluted heavily the surrounding environment, but also affected drastically the way and kind of life that workers had to have. Most of all, the traditional leather tanning process had a significant impact that transcends its economic effect, but also in terms of cultural and social values in the Guimarães city, in Portugal, from the 19th century. This means that the history of the leather tanning process is somehow interlaced with the cultural heritage values of the Guimarães city and Portugal. This cultural value must be preserved for future generations, before its memory is faded absolutely away. This preservation has been done most through pictures (old snapshots) and text, lacking a more interactive or dynamic aspect in the memory transference to people. These aspects are very important, because they can increase significantly the information apprehension by the end-user and thus the memory preservation of the leather tanning process.

Through the telling of a story that explains how the leather tanning process used to be done, the end-user might easily understand how it was. If this story is not only told but graphically illustrated step-by-step, so that the user can see it happing before them, this understanding could be enhanced. At this point, the use of computer graphics technology is fundamental in order to recreate visually what is not there anymore. If this story is narrated in loco (inside an ancient tanning processing unit) with the use of an augmented reality approach, where the end-user visualizes it through special glasses, it would help to catch his attention and thus memorize it easier, because a great level of immersion into historic facts is achieved.

This paper presents an augmented reality solution that was developed inside the scope of a project which main goals are:

- To illustrate to children how the leather used to be processed in the ancient time;
- To illustrate it according to an educational, interactive and immersive approach;
- To preserve the cultural value of the leather tanning in the Guimarães history;
- To make children have contact with new technologies.

This paper consists of seven sections. Section 2 describes the scientific background behind it, while in section 3, the scenario used in the application, and the rationale behind it, were explained. Then, section 4 describes its conceptual design. Section 5 presents the description of the technical implementation, section 6 lists the main conclusions and section 7 sheds some light on the possible directions for future work.

II. SCIENTIFIC BACKGROUND

Augmented Reality (AR) [3] is a field of computer graphics that combines the real world with synthetic, computer-generated elements. This combination [4] is performed normally through the use of fiduciary tags, which identify target zones in the real world where the virtual object is over-layered in run-time. Many uses and applications have been developed so far, with different goals [2] and target audiences: medicine, entertainment, education [11] [12], advertising, ambient-assisted living, etc. Future applications of augmented reality include the creation of virtual devices of all kinds, enhanced media applications, virtual gadgetry or even the creation of virtual decorations, plants or illuminations. Figure 1 illustrates augmented reality visualization.

Figure 1. Augmented reality visualization with fiduciary tags [13]

Numerous application domains make augmented reality [5] a highly multidisciplinary field of research involving signal processing, computer vision, graphics, user interfaces, human factors, wearable computing, mobile computing, computer networks, distributed computing information access, information visualization, and hardware design for new displays. Although AR has been around for a while, it still faces many challenges [1]. Because it is usually supposed to run in real time, it often introduces some processing demand to the applications that use AR. Depending of the complexity of the visualization to be represented, this might be a challenge. The performance of such applications is especially critical in fields such as medicine or industrial processing. Other limitations are imposed by the fiduciary tag itself. Its spatial position defines where the virtual element is going to be placed on the real scene. This direct dependency limits the degrees of freedom that the objects attached to tags can have on the final scene. On the other hand, occlusion or collision between tags is still not well resolved. Finally, natural interaction with the augmented elements is still an open issue. In order for AR to become a daily tool with tangible value to the end user it must be accessible everywhere. This implies that it must be available beyond the traditional computer monitor or LCD screen and become mostly "wearable" and "portable" – as in goggles, or mobile phones. Costs and hardware limitations remain a drawback.

Visual markers (or fiduciary tags) [13] are widely used in existing AR applications (figure 2). Marker-based AR systems [25] commonly use live video as input. As a result, the performance of a marker-based AR system strongly depends on the tracking system used for marker detection and pose estimation. Another way less used to create AR visualizations is with a markless tracking approach.

Throughout the last few years, there has been an increase in the interest and the results reached in the technologies of AR on desktop PC environments. Because of this, several platforms have been developed with different architectures; including AMIRE[14], ARVIKA[15], StudierStube[16], DWARF[17], DART[18], etc., and software tools for development are also available: NyARToolkit [19], ARToolkitPlus [20], SLARToolkit[21], ATOMIC[22], IrrAR[23], OSGART[24], etc.

III. USAGE SCENARIO AND RATIONALE

The goal of the project was to develop a solution to an interactive space in the Guimarães city which aims to spread knowledge of science and technology within the public of all ages. In this space, science is considered to be "alive" and can be experienced by everyone in an interactive fashion.

Our project, called Virtual Assistants, is primarily aimed to allow young people interact with an augmented reality (AR) environment, gaining a better insight of the AR technology while also learning about the Guimarães history itself. Because the space where the project was deployed had been a leather tanning factory in the past, and since one of the scientific themes covered is the textile engineering, we chose to develop a solution that could teach the visitors how the leather was processed at the end of the 19th century.

In order to create an interactive experience to the end user, an environment was created that actually narrates and illustrates the different stages of the leather processing pipeline at that time. Some research was also made [6] in order to be able to describe properly this process according to the late 19th century. Figure 2 illustrates one of the pictures that were gathered at this research phase. The overall goal was to produce vivid animations, with good visual quality and satisfactory degree of immersion to the user. The main underlying goal was to preserve the ancient leather tanning process memory and allow the end-user to have an augmented reality interaction experience.

Figure 2. Leather tanning process [7]

A. *Interaction and learning environment*

The leather process pipeline is fully animated, and the character moves between different process stages and some ambient background sounds can be heard. The end-user can stop or restart the visualization just by hiding or showing the tag.

The interaction scenario occurs in a room where 3 computers are available for the end-users. Each of the computers has a high resolution USB camera, in order to properly capture the tag, and 50" LCD monitors. AR goggles could be also used. At the entrance of the room, the user should pick a printed tag and use it to interact with each computer. The room is inside an ancient leather tanning facility and is decorated accordingly.

The user is asked to approach and read the situated basic instructions of "how to play". To start "playing" the story, the user should show his tag on the palm of his hand, before the camera. The camera is calibrated to catch the user's image, so that when he starts seeing the virtual assistant, he is positioned just before the user, on his hand. The user is asked to move the tag and to visit for a while each of the other computer stations.

On the first station, he can customize his character (virtual assistant), while the other two are used to actually illustrate and show the different steps of the leather processing pipeline to the visitor. The customization allows the change of the virtual assistant's clothes, hair and skin color. The customization process helps to increase the level of interaction and involvement between the end-user and the application [27].

B. *Visualizating the Leather Processing Stages*

The ancient leather process treatment used to be composed of nine basic stages. Each one of them was essentially used to design and create an animation. Below, a short description of what each action animation does is provided:

- Unhairing and fleshing: the character peels off all the fur and grease from the skin using a curved blade;
- Soaking: it's the cleaning of the leather performed in big sinks and with the help of long hooks;
- Tanning: the leather was colored in large rolling wood tanks;
- Drying: in between some stages the leather had to be dried before being handled again;
- Smoothing: depending on the goal of its usage, the leather had to be smoothened using normally a wood baton;
- Pressing: made to stretch the leather using a roller;
- Sanding: an abrasive tool is used to soften the skin and remove bumps and other imperfections;
- Cutting: it's the cutting of the leather into handy pieces on a table with a knife;
- Polish: Again, depending on productions goals, the leather should be polished using a special brush.

IV. Conceptual Model

The Virtual Assistant solution model (UML package diagram in figure 3) is composed of 3 minor packages, plus the classes Error and VirtualAssistantsRoom and their respective instances. These two classes are responsible for the error handling and the configuration of the computer station where the solution is going to run, respectively. This configuration is especially important because the solution should be able to run according to 3 different profiles. In each profile a specific augmented reality assistance and interaction with the end-user is available.

The DataRepository package holds the list of tags, the 3D models and their animations, and also other tables that are fundamental to the functioning of the solution. This package works much as a data server to the solution because the assistant might be customized by the user. The relationship between tags and 3D models and their behaviors are changed in real time (according the station and the interaction performed).

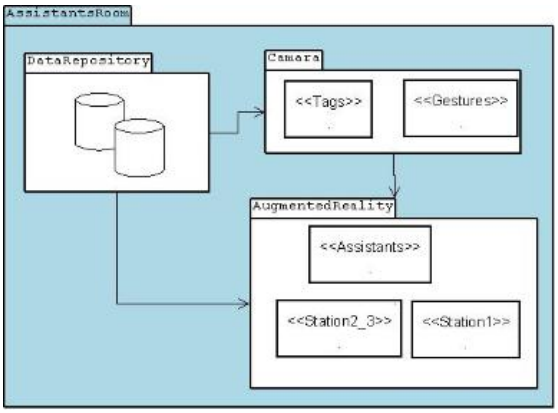


Figure 3. UML package diagram of the solution

The Camera package contains the Tags and Gestures classes and their respective instances. These classes are directly related to the capture and processing of the AR fiducial markers. This package does not only perform the recognition and tracking of the markers, but also controls some interaction aspects that the user does before the camera – customization of the assistant. This last one is done though a sequence of covering and revealing of the tag before the camera at the first interaction station. It receives data from the DataRepository package besides processing data captured in real time by the existing camera at the interaction station.

Finally, the package AugmentedReality holds the classes Assistants, Station2_3 and Station1 and their respective instances. It receives data both from packages Camera and DataRepository. It is responsible for actually creating the proper visualization of the 3D models and playing their animations according to the tag, the station and the stage of interaction. The character customization, described above, is performed by both the Assistants and the Station1 classes.

Because the goal of this project was to illustrate to the visitor the ancient handicraft leather processing pipeline used at the end of the 19th century (figure 4 illustrates one stage of the handicraft leather process), the AugmentedReality package tells an interactive story that is split into in 8 different stages. The sequence of these stages narrates and illustrates the leather processing pipeline to the visitor in a logical order and in two parts. The first part, played at computer station 2, includes the unhairing, fleshing, soaking, tanning and drying of the leather while the second part, played at computer station 3, includes its softening, pressing, sanding, cutting and polishing. The classes Station2_3 and Assistants are responsible for the implementation of this setup.

Figure 4. Sanding the leather

V. VIRTUAL ASSISTANT DETACHED BEHAVIOR AND INTERACTION

In order to develop the "user experience", the rules that are normally used and considered in visualization in computer assisted learning were taken into account. This was especially important because the visualization should cause a vivid and high interactive experience to the visitor. This is one of the main goals of the Science museum.

The following pedagogical [9] goals which support the designing of an interactive environment of visualization for computer assisted learning were considered:

- Understanding of the target domain of the student (in this case, the visitor);
- Support for different learning skills, learning styles and levels of knowledge;
- Motivation and increasing the interest for the teaching topic;
- Promotion of an active engagement in using interaction tools;

We also took into account the supporting of different learning scenarios, including demonstrations in classroom, homework and exploration (in this case, it was not a classroom, but a science museum). These pedagogical goals had to be adapted because the Virtual Assistants solution was not supposed to be running in a school, but in a museum. On the other hand, studies have suggested that Virtual Environment (VE) learning does not yield the same quality of information as real world learning [8, 26]. However, unlike VE, AR mixes real and virtual images and information. The AR can potentially combine the best of each situation: the virtual and the real [28, 29].

Due to these reasons, the solution tries to combine both strengths in terms of user's perception – the virtual representation of the story and the use of markers, taking advantage, as much as possible, of the mixed reality approach and taking into account a computer assisted learning environment. For instance, when the leather processing pipeline narration happens, the assistant "detaches" himself for a while from the physical location of the fiduciary marker. This means when the narration starts, the assistant walks away from the physical location of the marker and starts interacting with different 3D objects and accessories along a certain path. Thanks to that, the visitor has his attention fully captured while the interaction via his tag occurs and consequently, can learn better how the leather processing pipeline used to be executed. Because the assistant is a humanoid who resembles a typical leather factory worker from 19th century and "teaches" an art craft lesson to the visitor, the user is fully engaged in the learning process. To achieve a more realistic presentation, the use of textures and ambient lights are also employed in the AR visualization.

The conceptual model also considered that some issues should be avoided in order to achieve an acceptable level of usability, such as [10]:

- If the real world is augmented with large amounts of virtual information, the display may become cluttered and unreadable;
- User adaptation to AR equipment can negatively impact performance;
- Delay causes more registration errors than all other sources combined;
- AR displays that are uncomfortable may not be suitable for long-term use.
- In resume, our Virtual Assistant should attend the following requirements:
- Easy to use by children;
- Able to engage them in the experience and thus memorize what was presented to them;
- The story should be easy to understand and illustrate accurately what used to be the leather tanning process, helping children to learn it;
- Help children to understand better what augmented reality is and how it can help them.

The template is designed so that author affiliations are not repeated each time for multiple authors of the same affiliation. Please keep your affiliations as succinct as possible (for example, do not differentiate among departments of the same organization). This template was designed for two affiliations.

VI. Technical Description

The Virtual Assistant project was developed using Virtools 5.0, C++, Maya 6.0 and Virtoolkit as the AR plugin for Virtools. Because it was important to create an augmented reality environment that mets the reality of the leather craft from the late 19th century, a 3D reconstruction of a leather processing factory was built using the Maya modeling software, based on photos of the real factory that existed previously on the installation site, as mentioned in Section III. Then, in order to assist the user, a character to represent the typical factory worker from those days was also prepared and texturized. The texture was hand-made using Photoshop to warp and combine pictures of real workers in dressed in production attire for different stages of the taning process. These pictures, obtained in the research stage, were thus mapped into the texture space of the 3D model, based on its original texture. This character accompanies visitors as they go through each of the stages in the augmented reality application. Finally, and because this character should tell a story that illustrates the leather manufacturing process, 3D models for several different tools were produced, also in Maya, and textured according to photos of real leather tanning tools, and the corresponding animations were created for both the tools and the character. Since these were very specific movements, no predefined animations existed, nor motion capture data for them. The animations were thus produced in Maya using key frame animation. These animations were then exported from Maya to the Virtools format, and imported into the scene. Figure 5 illustrates the soaking of the leather animation.

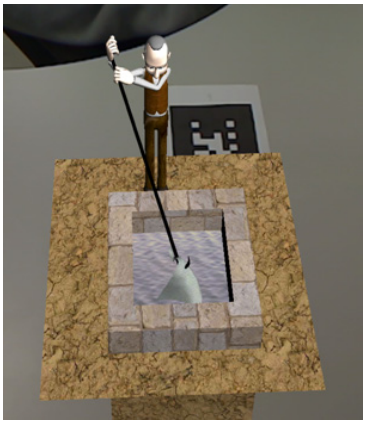


Figure 5. Soaking the leather

The work performed in Virtools consisted in animating to the scene by creating real-time interaction scripts based on Virtools' predefined building blocks (BBs), as well as in external BBs from the Virtoolkit plugin (based on the well-

known ARToolKit framework). A custom BB was also developed in C++ using the Virtools SDK, in order to provide the ability to synchronize the customizations of the characters across the three stages of the application. Finally, several scripts using Virtools' scripting language (VSL) were created in order to provide a more fine-grained control over the behavior of the character and the objects.

With these tools, the final scene became a fully interactive story-telling environment, supporting multiple characters at the same time (up to 50, theoretically, even though the camera's field of view and resolution does not allow the testing of this limit), each one with its own timeline, featuring separate pause events for each, transparency fading transitions to reduce cluttering, memory management algorithms, and customization based on synchronization within the three stages.

A. Making Characters Stroll Around

Another interesting issue and goal of this project was to create the notion of detachment of the character regarding its tag. Usually, the augmented reality representations fix the position of the character (or any other object attached to the tag) to the same actual position where the tag is. This happens due to technical constrains normally imposed by AR libraries. In this project the character can in fact stroll around the tag while illustrating the leather processing stages. This is done through the definition of a path, which is itself attributed to the tag. At any time, it is possible to move the character between the nodes of the path, showing and hiding objects (like tools for instance). Since the path is still attached to the tag, the user can still move it to observe the character from various angles and distances. Also, ways to implement playing control, such as pause or restart, were implemented in what we considered to be an intuitive manner, based on simply hiding the tag; this prevents the user from losing track of the story and effectively provides every user with a single, unique experience.

VII. TECHNICAL DESCRIPTION

In order to validate the work, the Virtual Assistant project was tested with 30 teenagers. We mounted the 3 computer interaction stations (as described in section 2), and gave to them tags. We only explained to the end-user what the experience was in its overall aspects, because we wanted to replicate, as much as possible, the real scenario that is going to really happen in the museum facilities. We used both an observation and a questionnaire approach to evaluate user's reaction. To assist the visitor with the use of the application, we put a small poster with some basic instructions at the first stopping station. Then, we asked them to go through the three stations and answer a questionnaire. The questions tried to evaluate these aspects of the user-experience:

- Usability - how easy to use and to interact?
- Learning – how easy was to understand the leather tanning original process?
- Amusement – how entertaining was to play with the tags?

We also observed the user's reaction, especially in terms of dealing with the tag and interacting with the application using it. The overall scores of the application pointed out a very positive evaluation: 90% of the users were satisfied in terms of usability, while 75% were able to fully perceive how the leather used to be processed in the 19th century. Finally, all of them answered that it was a very interesting and amusing experience, although at the beginning they found a little bit boring (because they had to "learn" how to use the tag properly). This final conclusion was according to what we observed. The charts in the figure 6 and 7 illustrate the overall score that was reached in terms of usability and learning.

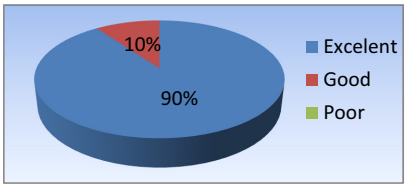


Figure 6. Usability evaluation chart

Although our application could be used by several persons at the same time, its usage showed that the final visual effect might become unsatisfactory, because more than 3 tags can easily introduce some occlusion in terms of the augmented reality visualization (the animations start to appear in front of the others, for instance). On the other hand, we did not use sound (characters spoken narrative) exactly because the multiple users simultaneously scenario was considered. We were not able to evaluate if the sound would be a plus in terms of the learning process.

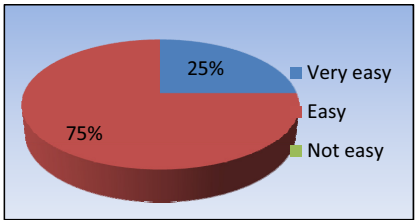


Figure 7. Learning evaluation chart

VIII. CONCLUSIONS

Based on our evaluation we were able to conclude that:

- The use of an augmented reality approach in our application helped to catch children's attention and thus, engage them in the learning experience;
- The users found the experience funny and were able to memorize the information presented and tell it to other children;
- They interact very intuitively with the tags and the use of animation;
- The use of the sound increased their engagement;
- The use of a detached approach of the character to the tag, made them loose the focus on the tag and thus increases the attention on the story that was being told;

- No more than two users should be simultaneously interacting at the same computer station due to the occlusion effect, and, to a certain degree, the loss of engagement – the user tends focus the other user's virtual assistant instead of their own.

IX. Future Work

In terms of future work, we would include the sound but not as a narrative attached to a character, but to the interaction station itself. It could be a good support to the user to play from time to time an explanation about what is showed in general terms. It also would be nice to use some background sounds typical from an old leather processing factory. Finally, the adding of some descriptive text to the visualizations in general terms, would also help to achieve a better usability.

References

[1] Marshall Kirkpatrick, "Augmented Reality: 5 Barriers to a Web That's Everywhere", http://www.readwriteweb.com/archives/augmented_reality_five_barriers_to_a_web_thats_eve.php (visited on August/2009).

[2] Nassir Navab, "Industrial Augmented Reality(IAR): Challenges in Design and Commercialization of Killer Apps," Mixed and Augmented Reality, IEEE / ACM International Symposium on, pp. 2, The Second IEEE and ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality, 2003.

[3] Cawood S. and Fiala M, "Augmented Reality: A Pratical Guide", Ed. Pragmatic Bookshelf, ISBN-10 1934356034, January/2008.

[4] Mikko Sairio, "Augmented Reality", Helsinki University of Technology, 2000, http://www.tml.tkk.fi/Studies/Tik-111.590/2001s/papers/mikko_sairio.pdf (visited on August/2009).

[5] Tony Hall et al., "The Visitor as Virtual Archaeologist: Explorations in Mixed Reality Technology to Enhance Educational and Social Interaction in the Museum", The Computer-Visualistik-Raum: Veritable and Inexpensive Presentation of a Virtual Reconstruction, pp. 97-102.

[6] Museu Martins Sarmento website, http://www.geira.pt/museus/atrio/index.asp?id=3 (visited on August/2009).

[7] Bradford University School of Management, http://www.brad.ac.uk/pittards/?page=oldtimersviewer&pic=2 (visited on August/2009).

[8] Jamie Sands and Shaun Lawson, "Towards a Usable Stereoscopic Augmented Reality Interface for the Manipulation of Virtual Cursors", Proceedings of the 2nd IEE and ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality, 2003.

[9] Alexandru Balog, Costin Pribenau and Dragos Iordache, "Augmented Reality in Schools: Preliminary Evaluation Results from a Summer School", Wordsd Academy of Science, Engineering and Technology, pages 114-117, 2007.

[10] Ronald Azuma et al., "Recent Advances in Augmented Reality", Computer Graphics & Applications, 2001.

[11] Mark Billinghurs, "Augmented Reality in Education", New Horizons for Learning, December 2002

[12] Jeremy R. Cooperstock, "The Classroom of the Future: Enhancing Education through Augmented Reality", Centre for Intelligent Machines — McGill University.

[13] Dieter Schmalstieg and Daniel Wagner, "Experiences with Handheld Augmented Reality", Symposium on Mixed and Augmented Reality, Proceedings of the 2007 6th IEEE and ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality, ISBN 978-1-4244-1749-0, 2007, pages 1-13.

[14] AMIRE Project (available at http://www.amire.net/, visited on 7-9-2010).

[15] ARVIKA Project (available at www.arvika.de , visited on 7-9-2010).

[16] StudierStube Project (available at http://studierstube.icg.tu-graz.ac.at/, visited on 7-9-2010).

[17] DWARF Project (available at http://ar.in.tum.de/Chair/ProjectDwarf, visited on 7-9-2010).

[18] DART (available at http://www.cc.gatech.edu/projects/ael/projects/dart.html , visited on 7-9-2010).

[19] NyARToolkit (available at http://nyatla.jp/nyartoolkit/wiki/index.php?FrontPage.en, visited on 8-9-2010).

[20] ARToolkitPlus (available at http://studierstube.icg.tu-graz.ac.at/handheld_ar/artoolkitplus.php, visited on 8-9-2010).

[21] SLARtoolkit (available at http://slartoolkit.codeplex.com/, visited on 8-9-2010).

[22] ATOMIC (available at http://www.sologicolibre.org/projects/atomic/en/, visited on 8-9-2010).

[23] IrrAR (available at http://www.irrlicht3d.org/pivot/entry.php?id=814, visited on 8-9-2010).

[24] OSGART (available at http://www.osgart.org/wiki/Main_Page, visited on 8-9-2010).

[25] Yuzhu Lu and Shana Smith, "Augmented Reality E-Commerce Assistant System: Trying While Shopping", HUMAN-COMPUTER INTERACTION. INTERACTION PLATFORMS AND TECHNIQUES, Lecture Notes in Computer Science, 2007, Volume 4551/2007, 643-652.

[26] D. Waller, E. Hunt, and D. Knapp, "Measuring spatial knowledge in a virtual environment: Distance and angles". Paper presented at the 39th annual meeting of the Psychonomics Society, Dallas, TX, 21 November. 1998.

[27] Saleema Amershi, James Fogarty, Ashish Kapoor, Desney Tan , "Examining Multiple Potential Models in end-User Interactive Concept Learning", Proceeding CHI10, Proceedings of the 28th international conference on Human factors in computing systems, April 10–15, 2010, Atlanta, GA, USA, pages 1357-1360.

[28] Chien-Huan Chien, Chien-Hsu Chen, Tay-Sheng Jeng, An Interactive Augmented Reality System for Learning Anatomy Structure, Proceedings of the International MultiConference of Engineeers and Computer Scientists 2010 Vol I, IMECS 2010, March 17-19, 2010, Hong Kong.

[29] Hye Sun Lee and Jong Weon Lee, Mathematical Education Game Based on Augmented Reality, Technologies for E-Learning and Digital Entertainment, Lecture Notes in Computer Science, Springer-Verlag, 2008, Volume 5093/2008, 442-450.

Multimedia Smart Process (MSP)

David Ramos Valcárcel
Dept. Lenguajes y Sistemas Informáticos
ESEI - Universidad de Vigo
Vigo, España
david@uvigo.es

Carlos Hernán Fajardo Toro
Dept. de Ingeniería de Sistemas
Corporación Universitaria Costa
Barranquilla, Colombia
fajardo.toro@gmail.com

Francisco Javier de la Peña Ojea
Dept. Lenguajes y Sistemas Informáticos
ESEI - Universidad de Vigo
Vigo, España
fdojea@correo.ei.uvigo.es

Abstract—**Los procesos de desarrollo clásicos no contemplan los aspectos dinámicos y creativos que posee los entornos de desarrollo multimedia. En estos dominios la creatividad, el diseño y la animación son requisitos no funcionales que poseen una gran relevancia en el producto final y que no se consideran en la implementación de software tradicional. En este artículo, se hace una comparativa de los principales procesos de desarrollo estandarizados y su adecuación a los dominios del software multimedia proponiendo como alternativa Multimedia Smart Process (MSP).**

Keywords: Multimedia, Proceso de desarrollo, Ingeniería de Software, Procesos creativos audiovisuales.

I. INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas el número de proyectos multimedia ha experimentado un crecimiento significativo. El público demanda, cada vez más, productos visualmente atractivos, cuyo ciclo de desarrollo difiere de los productos software basados en la gestión y la funcionalidad.

Actualmente existen procesos de desarrollo estandarizados como RUP [1], XP [2] y Scrum [3] que se pueden aplicar a cualquier tipo de proyecto software, aunque estos no contemplan los aspectos dinámicos y creativos de la multimedia. En éstos entornos la creatividad, el diseño y la animación son requisitos no funcionales que poseen una especial relevancia en el producto final y que no se consideran en el desarrollo de software tradicional.

En un producto multimedia existen una serie de elementos que marcan y definen su resultado. Así, por ejemplo, tareas como la creación de *storyboards,* sinopsis, guionado y banda sonora son propias de la creación de animación, desarrollo de películas de animación; el análisis, el diseño software y la implementación, propias de la industria del software; y la promoción y distribución de la industria del marketing, por lo que en la creación de aplicaciones multimedia surgen muchos procesos ajenos al entorno informático. En todo caso, es éste último el que debe adaptarse a las líneas de actuación básicas que se utilizan en las demás disciplinas (grafismo, animación, sonido, guión, etc.).

El guión [4], es una de las piezas clave en el proceso de desarrollo multimedia, ya que de él se obtienen la mayoría de los requisitos funcionales y las necesidades creativas gráfico-animadas. El Storyboard [5][6], proporciona una herramienta visual que permite interpretar los elementos recogidos en el guión: su estructura, tamaño, distribución, posición, y sobre todo las posibilidades de interacción del usuario con el dominio y de sus elementos entre sí. Ligado a estos aspectos, hay que tener en cuenta que en el entorno multimedia es indispensable modelar el comportamiento [7] y por lo tanto, necesario poseer herramientas que nos permitan su especificación.

Por otro lado, existe una característica que define claramente un producto multimedia: su naturaleza multidisciplinar. En su elaboración convergen diseñadores, grafistas, animadores, programadores, expertos en física, ingeniería, matemáticas, etc. De este modo, su desarrollo asume retos muy significativos en la integración de una metodología de trabajo por parte de las disciplinas que interviene. De esta integración surgen problemas en la captura de requisitos, en la planificación de tiempos, dificultades en la comunicación, en la gestión de los grupos de expertos de cada área, etc. Muchos de estos problemas afloran al aplicar métodos de trabajo estándar que no están pensados para este tipo de proyectos. Es de esta carencia de la que surge la idea de aportar a la industria un proceso de desarrollo convenientemente adaptado y concebidos desde el principio en proyectos multimedia, creativos animados y multidisciplinares.

Este trabajo se centrará en el análisis de las metodologías para el desarrollo de software aplicado proyectos multimedia, haciendo posteriormente una comparativa con la metodología denominada Multimedia Smart Process (MSP), la cual es un proceso de desarrollo de soporte a la implementación de productos multimedia desarrollado por el grupo GWAI (Grupo Web de Agentes Inteligentes) [8] de la Universidad de Vigo. MSP está dividido fundamentalmente en tres grandes fases: **Definición, Pre-producción** y, **Producción y Control de calidad**, más dos adicionales: **Post-producción y Distribución.**

La aplicación práctica sobre la que se experimentó MSP está basada en un videojuego educativo y su validez ha quedado de manifiesto en su aplicación sobre el proyecto "*A Aventura Máxica de Merliño*", un juego lúdico educativo implementado con Macromedia Flash, del que se distribuyeron 70.000 copias cumpliendo los objetivos creativos y funcionales previstos.

En la siguiente sección analizaremos los principales procesos de desarrollo actuales y su posible adaptación a proyectos multimedia. En la sección III se expone el proceso de desarrollo Multimedia Smart Process (MSP) y las fases,

actividades y tareas que lo componen. Por último la sección IV presenta las conclusiones obtenidas y el trabajo futuro.

II. PROCESOS PARA EL DESARROLLO MULTIMEDIA

La mayoría de los proyectos multimedia actuales se realizan utilizando procesos de desarrollo clásicos como RUP o ágiles XP o SCRUM [9][10][11]. A pesar de no ser específicas para multimedia, son usados frecuentemente y con escaso éxito. En los siguientes apartados vamos a estudiar como se adaptan éstos al desarrollo de aplicaciones multimedia.

A. RUP (Rational Unified process)

RUP es un proceso de desarrollo completo que cubre todo el ciclo de vida del software desde la captura de requisitos hasta el mantenimiento. Es una implementación del desarrollo en espiral [12] y emplea UML [13][14], uno de los lenguajes de modelado más utilizados y que es considerado un estándar *de facto.* Además, existe multitud de documentación y herramientas que apoyan al proceso de desarrollo [15][16]. Por otro lado, es **iterativo e incremental**, dividiendo el proceso de desarrollo en cuatro fases, dentro de las cuales se realizan varias iteraciones en un número variable según el proyecto:

- **Iniciación**: realiza una descripción del producto final a partir de una idea inicial y análisis del producto. En está fase se realizan los primeros casos de uso, plan del proyecto, coste, identificación y priorización de riesgos.
- **Elaboración**: Especifica en detalle los principales casos de uso y se diseña la arquitectura del sistemas.
- **Construcción**: Crea el producto añadiendo el software a la arquitectura.
- **Transición**: Periodo durante el cual el proyecto se convierte en versión beta, en la que los usuarios prueban el productos e informan de posibles defectos y deficiencias.

RUP está **dirigido por casos de uso** que se definen como una herramienta para especificar los requisitos funcionales. Los casos de uso del sistema constituyen el modelo de casos de uso que describen la funcionalidad del mismo. Inician y guían el proceso de desarrollo en RUP. Basándose en este modelo, se crean los modelos de diseño y análisis. Se prueba la implementación para garantizar que los componentes del modelo de implementación cubren correctamente los requerimientos funcionales dictados por los casos. Destaca de RUP que se puede aplicar cualquier proyecto de desarrollo software, sin embargo, los proyectos multimedia por sus particularidades no pueden considerarse desarrollos software "estándar". La importancia de los aspectos creativos y los requisitos no funcionales tienen un papel muy importante durante la fase de desarrollo y dentro de la metodología RUP estos factores no están adecuadamente contemplados.

Como se ha comentado anteriormente, los proyectos software multimedia son multidisciplinares y normalmente, intervienen perfiles que no están habituados al desarrollo software y las metodologías utilizadas. En el caso de RUP se necesita que todo el equipo esté familiarizado con el proceso de desarrollo para poder aplicarlo correctamente, lo que puede suponer una pérdida de eficiencia y productividad sobre todo por parte de los perfiles creativos.

Por otra parte, UML como lenguaje de modelado multimedia no es lo suficientemente flexible para especificar ciertos aspectos multimedia que emanan de técnicas y tecnologías propias de la Inteligencia Artificial, como ocurre en el caso de los videojuegos. En estos, es necesario utilizar técnicas que permitan la especificación del comportamiento del entorno y de los personajes y objetos, sus objetivos, su estado mental, etc. Existen otras alternativas de modelado basados en la Ingeniería de Software Orientada a Agentes que son más adecuados para modelar el comportamiento [17][18][19] [20].

Finalmente, es importante destacar que RUP es una metodología que se centra en la captura de requisitos cliente/usuario y los desarrollos multimedia suelen ir dirigidos al público en general y a usuarios no profesionales, por lo que este proceso de desarrollo multimedia necesita tener en cuenta tareas específicas que implican conocer a la audiencia, identificar sus necesidades y estudiar el sector al que va dirigido.

B. XP (Extreme programming)

XP es uno de los procesos ágiles destacados en el desarrollo de software [21][22]. XP hace más énfasis en la adaptabilidad que en la previsibilidad siendo capaz de amoldarse a los cambios de los requisitos en cualquier punto del ciclo de vida del proyecto. Al igual que RUP utiliza un desarrollo iterativo e incremental, planteando la realización de pruebas frecuentes y automatizadas. Propone una programación en parejas para que el código sea revisado y discutido mientras se escribe. En XP se pretende integrar al usuario en el equipo de desarrollo. Sugiere una refactorización del código para aumentar la legibilidad y la mantenibilidad del mismo, apostando por la simplicidad del código. Cuanto más simple sea el código más fácil será modificarlo si sucede algún cambio en los requisitos. Por otra parte, es una metodología de desarrollo que no indica el conjunto de actividades necesario para el desarrollo del proyecto multimedia, se centra en "*como*" se debe realizar la programación del software y los desarrollos multimedia necesitan de una guía de tareas que conduzcan al producto final.

En los proyectos multimedia la optimización de recursos y la documentación es sumamente importante para el correcto seguimiento del proceso, partiendo del guión como base del desarrollo software y creativo. XP no aporta parámetros que pueda dar soporte a estos aspectos.

C. Scrum

Scrum [23][24][25] es un proceso de desarrollo de software ágil que propone un conjunto de prácticas y roles que se toman como punto de partida para definir el proceso de desarrollo. Define dos grupos metafóricamente llamados "*pigs*"

que son los comprometidos y "*chickens*" involucrados con el desarrollo.

Dentro los "*pigs*" destacan el *Product Owner* que representa al cliente. Se asegura que el desarrollo cumpla con los requisitos de la aplicación. El *ScrumMaster* se asegura que el proceso Scrum se utiliza como es debido y el *Equipo* tiene la responsabilidad de la entrega del producto. Son grupos de 5 a 9 personas con las habilidades necesarias para realizar el proyecto.

Los "*chickens*" no son parte del proceso Scrum, pero deben de tenerse en cuenta involucrando en el proceso a los usuarios, expertos del negocio y otros interesados. Los *Usuarios* son los destinatarios finales del producto y los *Stakeholders* los clientes, proveedores, e inversores.

Scrum propone un desarrollo iterativo e incremental con un conjunto de reuniones que suceden a lo largo de varios ciclos de 7 a 30 días:

- **Sprint planing meeting:** es la primera reunión del ciclo. Se le dan prioridades a los requisitos.
- **Daily Scrum:** esta reunión sucede todos los días durante el ciclo. En está reunión se discute el estado actual del proyecto.
- **Sprint Review meeting:** la reunión tiene lugar al final de cada ciclo. Se revisa todo el trabajo, normalmente con una demostración.
- **Sprint retrospective:** es la última reunión de cada ciclo y en ella se discute sobre aspectos que podrían mejorarse para el siguiente ciclo.

Otra de las propuestas de *Scrum* es la utilización de una serie de documentos base para el desarrollo:

- **Product backlog**: contiene descripciones genéricas de todos los requerimientos funcionales y no funcionales.
- **Sprint backlog**: este documento incluye la lista de actividades a realizar por parte del equipo.
- **Burn down**: es una gráfica que muestra la situación del proyecto en relación a los requisitos completados.

Este proceso se adapta mejor que RUP a un ciclo multimedia, pero se sigue careciendo de conjunto de tareas o actividades que sirvan de guía. Por otro lado, no propone las tareas a realizar en el desarrollo si no que plantea una serie de reuniones, roles y documentos que se toman como punto de partida para definir el proceso de desarrollo. A pesar de aportar una documentación apropiada, se centra en los requisitos y en estado actual del ciclo de desarrollo y no está lo suficientemente elaborado para el desarrollo de un proyecto multimedia donde debe tenerse en constante uso documentos como *storyboard,* guión, sinopsis, etc.

D. Multimedia Smart Process (MSP)

Como ya se mencionó, el MSP es una metodología para el desarrollo de proyectos multimedia y que contempla dentro de su ciclo una serie de etapas propias de este tipo de proyectos. El MSP está dividido fundamentalmente en tres grandes fases: Definición, Pre-producción y, Producción y Control de calidad, más dos adicionales: Post-producción y Distribución. Las tres primeras constituyen la columna vertebral del proceso que trabaja sobre los conceptos básicos de un producto multimedia, desde el estudio de viabilidad, y de audiencia objetiva, a tareas de creación audiovisual interactiva, de análisis, diseño e implementación, pruebas y documentación final. Las dos últimas (Post-producción y Distribución) constituyen el trabajo de mejora final, de promoción y de comercialización del producto.

Cada una de estas fases se desglosa en varias actividades, que a su vez definen una serie de tareas con objetivos definidos, roles participantes y los productos obtenidos de cada una. Estos productos pueden convertirse a su vez en entradas necesarias para otras tareas y componen un proceso cíclico cuya optimización redunda de manera directa en la productividad de los desarrollos. A su vez, se generan restricciones de entradas y salidas, de modo que el ciclo de vida se dispone de manera que sea posible simultanear el mayor número de tareas, reduciendo el tiempo de producción. A pesar de ello, existen actividades y tareas cuya optimización es realmente compleja, sobre todo aquellas ligadas a los procesos creativos, cuyo resultado depende en gran medida de un trabajo con un alto grado de inspiración difícilmente cuantificable. La división en fases, actividades y tareas permite estructurar el trabajo de los distintos perfiles profesionales que forman parte del grupo de desarrollo (gestores, grafistas, programadores, guionistas, etc.). De esta manera, su busca que el trabajo se pueda realizar en paralelo y de manera coherente y cohesionada.

E. Comparativa

Como conclusiones del estudio de los tres procesos de desarrollo estándar se obtiene una tabla comparativa en las cuales muestra como cada metodología de desarrollo expuesta facilita el desarrollo y se adecua a cada una de las actividades asociada a un proyecto multimedia.

	Procesos de desarrollo			
	RUP	***XP***	***Scrum***	***MSP***
Guión	No	No	No	Si
Storyboard	No	No	No	Si
Creatividad	No	No	No	Si
Implementación	Si	Si	No	No
Pruebas	Si	Si	No	Si
Documentación	Si	No	No	Si

De lo anterior, es importante destacar que dada la complejidad de este tipo de proyectos, se hace necesario recurrir al uso de varias herramientas y metodologías para su desarrollo. Por otra parte, se hace posible afirmar que el utilizar un proceso como MSP es necesario dado que permite integrar las partes creativas con las partes funcionales de los entornos multimedia.

III. Aplicación de Multimedia Smart Process

El juego "*A aventura máxica de Merliño*" se ha desarrollado siguiendo las directrices de MSP es una aventura gráfica cuyo objetivo era dar a conocer ciertos aspectos de la cultura popular Gallega y el uso de su lengua. Es protagonizado por Merliño, un personaje sobre quien tiene el control el usuario, y su objetivo es descubrir y resolver, a través de múltiples escenarios, los problemas que un demonio denominado Xerión va causando. Con la ayuda de otros personajes y con la información que de ellos se pueden obtener, se consiguen amuletos y demás utensilios, que formando parte de un inventario personal, pueden ayudar a resolver determinados enigmas y conflictos.

El ciclo de vida de MSP está compuesto por 3 fases principales (*Definición del Proyecto*, *Pre-Producción*, y *Producción y Control de Calidad*) y dos adicionales (*Post-Producción* y *Distribución*), que engloban optimización del producto final y su comercialización tal y como se muestra en la Figura 1. Esta última fase podría ser considerada fuera del ciclo de vida puesto que, llegados a este punto, el proceso de desarrollo habrá llegado a su fin. Se corresponde con un proceso de distribución, marketing y venta del producto.

Figura 1. Ciclo de vida de un proyecto multimedia

Quizás se pudiera considerar que la fase de Definición del proyecto, en la que se concreta el producto, podría quedar a su vez fuera del ámbito de investigación, pero es tal la trascendencia que tiene sobre el trabajo futuro y que puede involucrar a cualquiera de los miembros del proceso que debe ser objeto de estudio.

En el ciclo de vida se puede darse que algunas actividades de la fase de Preproducción y de la fase de Producción pueden comenzar sin haber finalizado complemente actividades de la fase de Definición. En concreto, y basados en experiencias previas, las empresas se ven abocadas a comenzar procesos y actividades sin tener una definición clara del proyecto en su conjunto y/o de su misma viabilidad. Esta secuencialidad permite determinar, en todos los casos, que el trabajo que se está llevando a cabo sigue los patrones definidos por las etapas directrices y evitan procesos de rediseño de tareas que deberían haber quedado establecidas claramente en actividades anteriores.

A. *Fase de Definición del proyecto*

La fase de **Definición del Proyecto** (Figura 2) incluye tres etapas principales (Descubrimiento, Planificación y Análisis de Viabilidad) y constituye el inicio del proyecto. Es la etapa más abstracta y a la vez la más importante debido a que en ella se concreta el producto que se va a modelar, el sector en el que se encuadra y los criterios objetivos que marcarán la finalidad del proyecto. Se debe plasmar la planificación presupuestaria y de infraestructura técnica y determinar los recursos con los que se cuenta. A su vez, y como tarea principal para poder continuar con el desarrollo, se valorará la viabilidad del proyecto, realizando una clarificación de ideas que determinen los objetivos generales, y que permita analizar la viabilidad técnica, temporal y financiera del proyecto. En esta fase tienen especial importancia los perfiles directivos y de gestión que determinen los objetivos y viabilidad del proyecto.

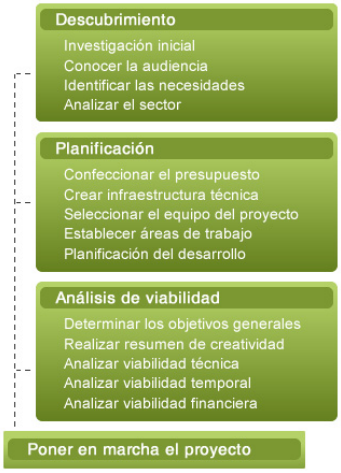


Figura 2. Fase 1: Definición del Proyecto

B. *Fase de Preproducción*

La fase de **Pre-producción** (Figura 3) incluye todas aquellas tareas de trabajo preliminar que proporcionen la base sobre la cual el producto pasará a la etapa final de producción. Éstas incluyen desde la creación y mejora continuada del guión, al estudio y definición de la guía de estilos gráficos que caracterizarán la imagen del proyecto. En esta fase tienen especial importancia el apartado de desarrollo de la programación, pues se deben identificar y resolver las cuestiones técnicas y de implementación a las que dé lugar el sistema. Todo el proceso elaborado en esta fase, se convierte en el pilar que sustentará el proyecto, por lo que su relevancia implica dedicar a los mejores profesionales y recursos con el fin de obtener unos resultados óptimos. Al final de la etapa de Pre-producción se tendrá una visión general del resultado del producto a implementar y permitirá una gestión fluida del proyecto en la fase de Producción. En la fase de pre-producción los perfiles creativos y técnicos son los que tienen más carga de trabajo y la responsabilidad de generar la base del proceso de Producción.

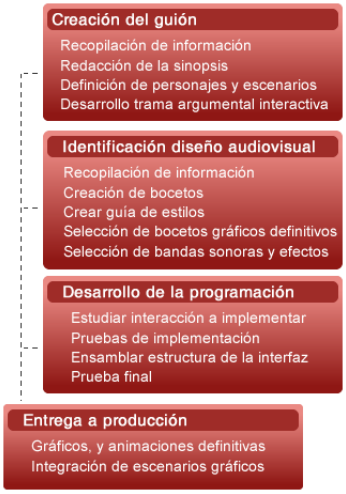


Figura 3. Fase 2: Pre-Producción

C. *Fase de Producción*

La fase de **Producción** (Figura 4) es la que ejecuta la parte de mayor carga de trabajo en la construcción, desarrollando cada secuencia del proyecto con los datos finales, en base a las guías y directrices establecidas. Se crean y llevan a cabo la fase de pruebas que deben garantizar el cumplimiento los objetivos propuestos.

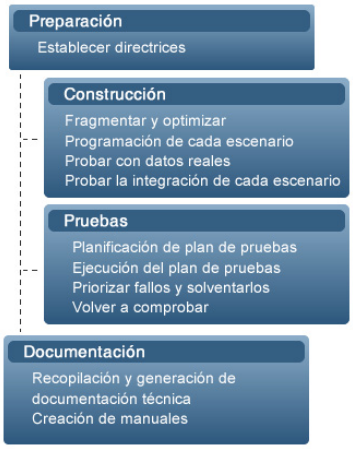


Figura 4. Fase 3: Producción y Control de Calidad

En esta fase toma especial relevancia el proceso de *pipeline* en el cual se define quién, cómo y dónde se toman y transfieren cada uno de los recursos audiovisuales y de programación para su construcción. Este proceso implica que cada uno de los elementos (gráficos, vídeos, audio, componentes software), con los que trabaja cada grupo de desarrollo, sean entregados en tiempo y forma al siguiente eslabón del proceso de producción, de modo que no se produzcan demoras, ni existan holguras. Este proceso es análogo a los sistemas de trazabilidad en donde se debe verificar todo el ciclo de un producto y su calidad en las distintas etapas de producción.

En la fase de producción los perfiles técnicos cubren la mayoría de la carga de trabajo, no siendo necesario en este caso el perfil de trabajador altamente cualificado, pues su labor se vuelve mecánica siguiendo las guías definidas en la fase de Pre-producción.

D. *Fase de Postproducción y Distribución*

Cuando se han ejecutado las iteraciones necesarias que conforman el desarrollo de la parte de producción se comienza con la fase de **Post-producción**. En ella se optimiza el sistema una vez que éste se encuentra ensamblado y terminado. Consiste en corregir y mejorar detalles del producto final que podrían consistir en agregar efectos (brillo, color, contrastes), limpiar fotogramas (elementos que se no se han filtrado correctamente en la parte de producción), u obtener formatos finales de divulgación; en definitiva, mejorar la calidad del producto terminado y generar el producto. Finalmente en la **Fase de distribución** se comercializa o entrega al cliente. En esta fase intervienen perfiles creativos y técnicos altamente cualificados y perfiles de gestión dedicados a la distribución.

Figura 5. Fase 4 y 5: Postproducción y Distribucción

Como resultado de este trabajo se ha obtenido una gráfica comparativa de la carga de trabajo asociada a cada una de las fases de desarrollo de MSP, en la que se puede observar las de mayor relevancia y carga de trabajo y los posibles solapamientos existentes.

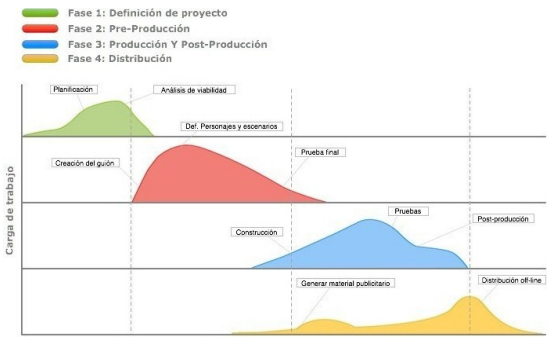


Figura 6. Carga Trabajo Fases MSP

IV. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

Una primera conclusión que se deriva de este estudio es que dada la complejidad de los proyectos multimedia, en donde hay un componente artístico trabajando en conjunción con un componente funcional de ingeniería de software, se hace casi obligatorio recurrir al uso de varias herramientas que permitan realizar un proceso adecuado de planificación, programación, administración y control de este tipo de desarrollos dada su carácter multidisciplinar.

El proceso de desarrollo expuesto MSP proporciona los pasos que conducen a la elaboración de un proyecto multimedia multidisciplinar. En él se quedan reflejados cada uno de los puntos que se deben abordar, identificando claramente el perfil laboral que interviene en cada fase, y como la actuación de cada individuo o grupo influye sobre el trabajo de los demás. Además, se han detectado fases y actividades que pueden ser ejecutadas concurrentemente optimizando los recursos del proyecto.

Actualmente ya se trabajan en la evolución proceso de desarrollo MPS estudiando como se adecua a distintos tipos de proyectos multimedia (videojuegos, cortos 3D…), con grupos de trabajo de distintos tamaños y duración. Se está intentando identificar nuevas tareas asociadas al dominio multimedia e intentar simplificar aquéllas que puedan carecer de una importancia significativa y sean susceptibles de automatización.

Además, está en desarrollo un sistema de prototipado rápido 3D que a partir del guión genere un storyboard interactivo [26]. Esto supone un recorte en el tiempo de desarrollo ya que acelera la captura de requisitos del software y de las necesidades creativas.

Por otro lado y relacionado con el ciclo de vida, se pretende identificar métricas que permitan evaluar el coste de los procesos que se llevan a cabo, aportar mecanismos que valoren el coste de desarrollo de cada tarea individualmente y cómo afectan a la ejecución de las actividades y a las fases en su conjunto. Ésta es una labor especialmente delicada cuando las métricas hacen referencia a las actividades creativas audiovisuales, por lo que deben ser especialmente tenidas en cuenta debido a la dificultad de su evaluación y a la importancia en el resultado final.

[1] Ivar Jacobson, G.B., James Rumbaugh, El Proceso Unificado de Desarrollo de Software. Madrid, Addison-Wesley, 2000.

[2] Beck, Kent; Andres, Cynthia. Extreme Programming Explained: Embrace Change. 2.ed. Addison-Wesley, 2004.

[3] Ken, Schwaber, Agile Project Management with Scrum. Microsoft Press, Redmond, WA, 2004.

[4] Bou Bauzá, Guillem, El Guión multimedia, Madrid,Anaya Multimedia, 2003. ISBN: 84-415-1459-3

[5] Hart, John. The Art of the Storyboard: Storyboarding for Film, TV, and Animation. Focal Press. ISBN-10: 0240803299.

[6] Pardew, Les.Beginning Illustration and Storyboarding for Games. Course Technology PTR. ISBN-10: 1592004954

[7] Russell , S., & Norvig, P. *Artificial Intelligence: A Modern Approach.* Pearson, 2009.

[8] http://gwai.uvigo.es/

[9] Musil, J.,Schweda, A., Winkler, D., Bill,S. A Survey on a State of the Practice in Video Game Development. Technical report, QSE-IFS-10/04, TU Wien (2010) http://qse.ifs.tuwien.ac.at/publication/IFS-QSE-10-04.pdf

[10] Clinton, K..Agile Game Development with Scrum. Addison-Wesley Professional.

[11] J. Musil, A. Schweda,D. Winkler, S. Biffl: Improving Video Game Development: Facilitating Heterogeneous Team Collaboration Through Flexible Software Processes

[12] Boehm, B.W. A spiral model of software development and maintenance. IEEE Comput. 21, 5 (May 1988}, 61-72..

[13] James Rumbaugh, I.J., Grady Booch, El Lenguaje Unificado de Modelado. Manual de Referencia, 2000, Madrid, ADDISON WESLEY.

[14] LARMAN, Craig. Applying UML and Patterns: An Introduction to Object-Oriented Analysis and Design and the Unified Process. 2.ed. Prentice Hall, 2001.

[15] http://www.visual-paradigm.com/

[16] http://www-01.ibm.com/software/awdtools/developer/rose/

[17] Soto, J., Vizcaíno, A., Portillo, J., & Piattini, M. (2006). Modelling a knowledge management system architecture with INGENIAS methodology. Proceedings of the 15th International Conference on Computing (págs. 167-173). IEEE Computer Society.

[18] Pavón, J., Gómez-Sanz, J., Fernández-Caballero, A., & Valencia-Jiménez, A. J. (2007). Development of intelligent multisensor surveillance systems with agents. Robotics and Autonomous Systems, (págs. 892-903).

[19] Garijo, F. J. (2001). Tecnología de Agentes: Experiencias y perspectivas para el desarrollo de nuevos servicios y aplicaciones. *Boletin TIC nº 24*, 1-9.

[20] Muñoz, N., Cobos, C., Ribera, W., López, J., & Mendoza, M. (2010).Uso de la metodología GAIA para modelar el comportamiento de personajes en un juego de estrategia en tiempo real. *Rev. Fac. Ing. Univ.Antioquia N.° 53,* 214-224.

[21] S. Henninger, A. Ivaturi, K. Nuli, A. Thirunavukkaras, "Supporting Adaptable Methodologies to Meet Evolving Porject Needs", In Proccedings of XP/Agile Universe 2002, Chicago, August 4-7, 2002, Lecture Notes in Computer Science 2418:Springer Verlag.

[22] M. Kircher, P. Jain, A. Corsaro, D. Levine, "Distributed eXtreme Programming", In Proceedings of XP2001 Conference, Cagliari, Villasimius, Sardinia, Italy, May 23-30, 2001.

[23] K. Schwaber and M. Beedle, Agile Software Development With Scrum. Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall, 2002.

[24] K. Schwaber, "Scrum Development Process," presented at OOPSLA'95 Workshop on Business Object Design and Implementation, 1995.

[25] L. Rising and N. S. Janoff, "The Scrum software development process for small teams," *IEEE Software*, vol. 17, pp. 26-32, 2000.

[26] Edgar Bolaño Rodríguez, Juan Carlos González Moreno, David Ramos Valcárcel, Luis Vázquez López. *Using multi-agent Systems to visualize text descriptions*. PAAMS 2011

Decision Support Social Network

Rede social de apoio à decisão

Francisco Antunes
INESC Coimbra e Departamento de Gestão e Economia
Universidade da Beira Interior
Covilhã, Portugal
francisco.antunes@ubi.pt

João Paulo Costa
INESC Coimbra e Faculdade de Economia
Universidade de Coimbra
Coimbra, Portugal
jpaulo@fe.uc.pt

Resumo—**A partir dos conceitos da tecnologia dita Web 2.0, constrói-se, neste texto, um modelo de sistema de apoio aos processos de decisão em grupo e à reconstrução desses processos (rede social de apoio à decisão). Os grupos de decisão são considerados cooperativos e pressupõe-se a existência, como utilizadores, de vários outros actores que podem ou não pertencer aos grupos de decisão. As características dos componentes julgados relevantes, e diferentes dos modelos tradicionais, são elencadas. Finalmente, apresentam-se ainda alguns potenciais problemas na adopção de redes sociais para apoio à decisão no seio de uma organização. A identificação e compreensão destes problemas, permite gizar planos de gestão para os contornar ou ultrapassar.**

Sistemas de apoio à decisão em grupo; GDSS; rede social; grupos cooperativos; colaboração

I. Introdução

Um sítio (*site* ou sistema) em rede social é uma plataforma baseada na web que permite aos utilizadores construírem o seu próprio perfil, num sistema limitado, e partilharem ligações com os seus amigos (pares), dentro do sistema [9], *vide* [33]. Os sistemas em rede social integram as actividades de comunicação e publicação, facilitando a comunicação através do tempo e do espaço [13]. Permitem explicitar a rede social de cada um e construir relações entre os indivíduos [43]. O *Facebook*, nascido em 2004, é o exemplo mais conhecido deste tipo de sistemas.

Neste artigo apresenta-se o modelo em rede social de apoio à decisão, para grupos cooperativos. Os grupos cooperativos, segundo [12], possuem propriedades específicas e actuam em contextos distintos da negociação, no sentido clássico desse termo. Essas características que distinguem as duas situações advêm de diferenças quanto: à convergência de metas e objectivos; às relações de poder e interdependências normalmente presentes; às possibilidades de partilha de informação; e aos comportamentos considerados pertinentes para seus participantes (não abandonar uma negociação, por exemplo). No contexto deste trabalho, o grupo cooperativo constituí-se por indivíduos que desejam ou precisam chegar a uma solução de consenso e que, por essa razão, estão dispostos a contribuir para a compreensão partilhada de uma questão relevante [8].

A partir das características de uma rede social, e da Web 2.0 e das características de um modelo de apoio a processos de decisão e sua reconstrução [1], elencam-se as características dos componentes diferentes num sistema em rede social. Apontam-se ainda os principais problemas de adopção organizacional de um tal sistema e algumas pistas para ultrapassar esses problemas.

Apesar dos problemas que se antevêem na adopção de modelos em rede social num contexto organizacional, quando a Geração Z (*netizens*) [32] chegar ao mercado de trabalho, é de esperar que estes modelos entrem muito rapidamente na cultura organizacional das empresas desse futuro. A Geração Z, nascida depois de 1995, tem as redes sociais como forma habitual e quase exclusiva de se relacionar. Socializados nos espaços *online*, estes jovens partilham ideias, reagem, têm um grande sentido do propósito individual e são eclécticos – mas *online*.

Depois desta introdução, este texto está estruturado da forma que se segue. A secção seguinte apresenta algumas características de diferentes modelos de colaboração e dos sistemas de apoio à decisão em grupo (GDSS). Na secção III faz-se uma pequena revisão do que é a Web 2.0/3.0 e na secção IV apresenta-se a rede social de apoio à decisão. A última secção é dedicada a um resumo conclusivo.

II. Modelos de Colaboração

A. Modelos Ostensivos Versus Modelos Explicativos

De acordo com [14], *vide* [31], podem-se distinguir dois tipos de modelos de processo organizacional: os modelos ostensivos e os modelos explicativos (*performative*). Os modelos ostensivos descrevem claramente como o processo deve decorrer e ser executado. Normalmente, são apresentados de forma explícita e através de exemplos detalhados. Os mais utilizados e conhecidos recorrem a esquemas em UML (*Unified Modeling Language* [5]) para descrever, por exemplo, um processo em *workflow*. Constituem manuais para desempenho de uma tarefa ou processo que, ostensivamente, pretendem impor uma forma específica e detalhada de realizar essa tarefa ou processo. Os modelos explicativos enfatizam a descrição de como as tarefas ou processos são desempenhados de facto, isto é na realidade. Destes podem-se enfatizar os modelos derivados da *Grounded Theory* [16]. Nesta abordagem observa, regista e analisa-se cuidadosamente o comportamento das pessoas, construindo uma explicação ou

entendimento dos processos e estruturas que lhe estão subjacentes.

Outro modelo explicativo, que se tornou muito conhecido recentemente, é o modelo em rede social [10]: descreve as interacções que ocorrem de facto num contexto de trabalho onde o espaço (local) é considerado de forma alargada e por vezes virtual. Redes de informação, opinião, confiança (amizade) e energia são vitais para os processos organizacionais. Este modelo identifica os actores fundamentais, as causas para possíveis ou potenciais disrupções na comunicação ou colaboração, os sub-grupos criados de forma *ad-hoc*, etc. É este modelo que utilizaremos na rede social de apoio à decisão.

O modelo em rede social é também utilizado como método ou ferramenta de investigação [37] sobre os relacionamentos e as interacções entre diferentes actores. Originalmente foi concebido para actores em contextos físicos em que os dados eram recolhidos por observação directa ou por inquéritos [27]. Recentemente este método começou a ser preferencialmente utilizado em contextos virtuais ou mediados por computador [18]. De facto, a colaboração ou interacção mediada por computador ganhou uma expressão significativa na última década, tornando muito pertinentes tais estudos. Para além disso, este tipo de colaboração é muito fácil de registar e arquivar, produzindo automaticamente uma grande quantidade de dados para analisar [11].

Na realidade, os processos organizacionais são eminentemente de colaboração, sendo necessário gerir as dependências entre pessoas, processos, unidades organizacionais e artefactos. Podem considerar-se três tipos básicos de dependências: de fluxo, de partilha e de adaptação. As de fluxo surgem quando uma actividade necessita do resultado produzido por outra actividade. As dependências de partilha ocorrem quando várias actividades necessitam do mesmo recurso (pessoa, máquina, espaço, etc.). Finalmente, em certas actividades, várias partes, resultado de actividades diferentes, têm que encaixar devidamente: trata-se de dependências de adaptação.

Observou-se [31] que a prática de trabalho organizacional raras vezes segue os processos organizacionais formais definidos. As pessoas envolvem-se em actividades complexas de recolha de informação, confrontação e resolução de problemas, em que o processo definido formalmente pela organização, mais do que uma imposição rígida, serve de enquadramento, fornecendo estrutura ao comportamento individual e colectivo.

B. Sistemas de Apoio à Decisão em Grupo

O objectivo genérico do apoio à decisão é ajudar a incorporar racionalidade, contrabalançando a intuição dos agentes de decisão, nos processos de decisão, contribuindo para melhorar a qualidade das decisões tomadas. Como efeito colateral surgem ainda a redução do tempo de decisão, a satisfação com as soluções obtidas, a capacidade de explicação das razões que levaram à decisão e aceitação dessas decisões. O apoio à decisão tradicional segue um modelo ostensivo de cúmulo de fases sequenciais: recolha de informação, estruturação e exploração das soluções obtidas ou construídas, escolha [34] e por vezes implementação, avaliação e acompanhamento das decisões tomadas. Porém no final do processo nem sempre é fácil entender a racionalidade das primeiras fases, pois muitos dos 'detalhes' são apagados e o processo é 'nivelado', colocando-se ênfase e foco na decisão final. Esta situação tem consequências sobre a memória organizacional e a gestão do conhecimento, especialmente em contextos de trabalho alargados ou distribuídos [2]. Considerando que a memória e energia dos decisores envolvidos no processo pode já não estar organizacionalmente disponível, compreende-se que se torne praticamente impossível saber das razões que levaram a uma dada decisão.

Antunes e Costa [2] definem a reconstrução de decisões como o processo que permite a um indivíduo ou grupo de indivíduos, internos ou externos a uma organização, entenderem como uma determinada decisão foi alcançada no passado.

A investigação sobre a reconstrução de decisões parece ter-se centrado em ferramentas de visualização e subsistemas de explanação associados a sistemas periciais [35]. No entanto, estes sistemas são normativos e especializados em certos domínios específicos, tornando-se inaptos para apoiar a dinâmica de um grupo envolvido em processos de decisão que requerem trabalho em colaboração. Os sistemas de apoio à decisão em grupo (GDSS) são, assim, a ferramenta natural para apoiar grupos de decisão.

A reconstrução de decisões, utilizando um GDSS pode ser um caminho para ultrapassar as dificuldades apontadas no que diz respeito à indisponibilidade do conhecimento, que permanece nos indivíduos. De qualquer forma isto só poderá acontecer se o modelo de informação e de colaboração subjacente aos sistemas for o adequado, apoiando mais do que apenas o cúmulo da sequência de fases de um processo de decisão. A tecnologia de informação é conhecida por promover a criação, transferência, aplicação e armazenagem de conhecimento organizacional. Os GDSS, em particular, podem facilitar a apreensão de conhecimento através da captura e armazenamento de informação codificada e relacionada, do apoio à colaboração na partilha de informação e na sua utilização em contextos mutuamente dependentes. Podem fornecer um ambiente colaborativo de aprendizagem onde as pessoas podem interactuar, criando, transferindo e aplicando conhecimento adquirido e partilhado por grupos [22]. Para atingir estas metas, os GDSS necessitam de fornecer uma panóplia de serviços (descritos em detalhe em [4] e [25]), escolhidos de acordo com a situação específica e as características do grupo a apoiar.

Embora os GDSS possam encorajar os relacionamentos entre a informação, a ligação entre processos de decisão distintos (com objectivos ou temporalmente diferentes) não é uma funcionalidade normalmente presente. As discussões ou modelos utilizados, por força da estrutura que se pretende impor, são tratados de forma independente e por vezes até isolada. Isto não significa que um agente de decisão não possa recolher informação sobre processos de decisão passados, mas o sistema não os reconhece como estando interligados. Para apreender a sua interligação e o impacte mútuo mais uma vez se conta apenas com o ser humano. Os agentes de decisão

necessitam de compreender como decisões passadas afectam os processos de decisão presentes. Os processos devem estar interligados para que seja fácil compreender as razões que levaram anteriores agentes de decisão a agir como agiram. O conceito de rede de interacções surge de forma incontornável, obrigando a pensar nos modelos subjacentes aos sistemas como uma rede de pessoas e artefactos, que se cria ao longo do tempo. A informação, opinião, conhecimento e capacidade de decisão para acção existem nessa rede.

III. WEB 2.0/3.0

A popularidade do termo Web 2.0, [29] e [30], encontra eco no cidadão comum, pois denomina um conjunto de tecnologias que coloca os utilizadores no centro das aplicações. Há claramente uma mudança de conceito na utilização da tecnologia: a aplicação é aquilo que os utilizadores fizerem dela e quantos mais utilizadores tiver, melhor se torna a aplicação. O termo classifica aplicações (como *Wikipedia*, *Facebook*, *YouTube*, *Weblogs*, etc.) que implicam uma grande mudança conceptual na forma como a informação é criada, validada, controlada, partilhada e consumida. No essencial, estas aplicações agregam uma multitude de utilizadores que se encarregam, de forma distribuída, de todas essas actividades de gestão da informação. O termo Web Semântica [7], considerado por muitos uma evolução da Web 2.0 – daí o termo Web 3.0 [23] – designa um conjunto de tecnologias que contempla ontologias (de forma simples: n-úpulos, habitualmente com n igual a 3, que relacionam objectos através de predicados), agentes de software e regras de lógica (habitualmente regras de inferência). Estas tecnologias podem melhorar muito a capacidade automática de relacionar e organizar o conteúdo da informação dispersa em várias páginas ou sítios [21].

As empresas já começaram a explorar e a aplicar a tecnologia (conceitos) da Web 2.0/3.0 nas suas *intranets*. Estas aplicações, também de forma publicitária, são conhecidas por Enterprise 2.0, um termo cunhado por Andrew McAfee [26], *vide* [19], e representam um enorme potencial de melhoria da gestão da informação e conhecimento de uma organização. O conceito pode ser sumariado como uma mudança gradual e permanente da forma como a informação é criada, organizada, distribuída, recuperada e aplicada [19].

No que diz respeito à criação da informação, a mudança dá-se entre a informação criada centralmente de forma proprietária, habitualmente por grandes empresas de media, e a informação produzida por colaboração em massa de pares. Organizacionalmente trata-se da deriva de uma abordagem *top-down*, para a *bottom-up*, na criação de conteúdos. A organização da informação torna-se mais democrática, ultrapassando a existência de hiperligações e directórios caracterizadores, através da chamada *folksonomia*. Este termo deriva da palavra 'taxonomia' com o prefixo inglês *folks* cujo significado ronda o de 'gente comum' com alguma ligação entre si (família, exército, etc.). Pretende denominar a criação de taxonomias, não por peritos, mas por gente comum que cria ou trabalha com uma determinada informação e a etiqueta (*tag*) livremente da forma que acha mais conveniente. É portanto também uma abordagem *bottom-up* que pode ser muito útil para a separação e procura de informação, tornando determinantes certos conteúdos para uma determinada aplicação. Naturalmente, ao utilizar técnicas da Web semântica esta abordagem assume uma relevância e abrangência que é difícil de antever hoje em dia.

Quanto à distribuição de informação, ela muda o padrão usual de *push* (entrega automática de informação a um cliente ou aplicação) para *pull* (em que é o cliente ou utilizador que vai buscar a informação que considera necessária). Trata-se, portanto de uma abordagem proactiva no que concerne à obtenção de informação, evitando-se receber informação não solicitada. A recuperação (procura) da informação depende essencialmente da forma como ela está organizada e classificada. A utilização de *folksonomias*, ontologias, agentes de software e classificação social da relevância da informação (utilizadores passados da informação classificam-na de acordo com a relevância por eles percebida para a aplicação em vista) conferem uma dimensão muito mais completa à procura e recuperação de informação relevante. Finalmente a aplicação da informação muda no que diz respeito à possibilidade de existência de realimentação (*feedback*) instantânea do resultado da sua utilização. A aplicação da informação pode criar nova informação – quer seja caracterizadora, quer sejam novos conteúdos.

IV. REDE SOCIAL DE APOIO À DECISÃO

Um enquadramento de apoio a processos de decisão e à sua reconstrução necessita de considerar algumas actividades fundamentais [3]: apoiar a contribuição; preservar a informação; construir a estrutura; apoiar a escolha; e representar a informação. Independentemente do modelo que se use para o desenvolvimento de um sistema, é o apoio a estas actividades que constitui o objectivo do sistema.

Uma contribuição é qualquer *input* gerado pelos utilizadores e qualquer proposta ou sugestão fornecida pelo sistema. As contribuições incluem, portanto, também as geradas pelo próprio sistema, reflectindo não só a interacção entre seres humanos mas também com o artefacto. Podem ter uma qualquer estrutura (ou mesmo não a ter) e ser de qualquer tipo, por exemplo deliberativo ou quantitativo. O apoio à contribuição necessita de cobrir uma ampla gama de formas de construir um discurso colaborativo: desde um padrão simples de causa-efeito ou pergunta-resposta até a estruturas mais complexas baseadas na teoria da argumentação (veja-se por exemplo [6]. Não ter pré-estabelecida qualquer estrutura obrigatória liberta os utilizadores, permitindo a flexibilidade de adoptar em cada caso e instante uma das estruturas disponíveis, ou mesmo desenvolver novas estruturas. No entanto, há que pré-estabelecer uma estrutura mínima, para diminuir a carga cognitiva dos processos de apoio à decisão e a uma sua eventual reconstrução [1].

O objectivo essencial na preservação dos registos de informação é permitir a reconstituição de eventos passados. A perda de informação constitui naturalmente uma barreira importante à reconstrução de decisões, à transferência de conhecimento (tácito ou explícito) e, no final, à constituição da memória organizacional. Não se refere aqui a perda de informação por falha técnica (falha da persistência), mas a perda de informação por actos de apagamento intencional, 'limpeza' automática, processos de actualização ou

sumarização, etc. Para evitar a sobrecarga de informação há que considerar técnicas de versionamento ou classificação (por exemplo em informação activa e inactiva) com registo temporal associado. Desta forma é sempre possível revisitar o passado, reconstruindo o estado do sistema num determinado instante, para melhor compreender a evolução dos processos de decisão.

O apoio à estruturação é uma característica comum nos sistemas dedicados ao apoio à decisão. Este apoio é conferido, basicamente, através de relacionamentos e da classificação das contribuições. Por exemplo, a classificação em 'Discussões', 'Tópicos', 'Informação de apoio', 'Questões', 'Respostas', etc. Estas categorias podem estar interligadas com uma variedade grande de significados, nomeadamente: de pertença, de dependência temporal, de causa-efeito, de determinação algorítmica ou humana (votações, por exemplo), etc. Os processos de decisão podem também beneficiar do uso de formatos pré-definidos para as contribuições (o formato matricial, de formulário, ou outros) e, claro, da verificação de regras de validação desses formatos.

Quando os actores de um processo de decisão constituem um grupo, embora possam existir situações em que hajam actores externos ao grupo (*stakeholders*, por exemplo), há, naturalmente, contribuições divergentes, ainda que o grupo seja cooperativo. Para lidar com esta situação os sistemas fornecem normalmente técnicas de convergência ou, se se quiser, de escolha. Estas técnicas procuram atingir o consenso possível, de forma a alcançar um resultado de grupo. Podem ser do tipo algorítmico (métodos de apoio à decisão), de complexidade matemática variada, ou do tipo humano como votações ou inquéritos. Pode ainda acontecer que os resultados só se alcancem após a aplicação sucessiva de diferentes técnicas, ou a aplicação iterativa da mesma técnica. Uma mesma votação pode ser repetida, após nova iteração de um determinado processo deliberativo. É fundamental manter o registo do processo de convergência incluindo os métodos utilizados e as variações ocorridas nos elementos do grupo durante a eventual aplicação sucessiva desses métodos. Este registo aumenta a capacidade de reconstrução de decisões e melhora em muito a produção de relatórios ou documentos automáticos de explicação/justificação da forma como os resultados foram alcançados.

Todos os elementos cobertos pelo modelo de informação subjacente ao sistema devem ser passíveis de representação para os utilizadores. Isto pode implicar a consideração de informação caracterizadora adicional para providenciar a representação (visual, por exemplo) das contribuições e técnicas de escolha.

Estas actividades, fundamentais para um sistema que pretenda apoiar um grupo colaborativo envolvido num processo de decisão, serão, no que segue, modeladas de acordo com o conceito de rede social. Distinguir-se-ão os pontos considerados mais relevantes dentro deste modelo: as pessoas, os conteúdos, a estrutura e a representação.

A. As Pessoas

As pessoas, os utilizadores, acrescentam valor. As aplicações em rede social contam com os seus utilizadores para criar uma fonte única de dados, que é difícil de replicar, pois é difícil replicar os conteúdos e estrutura que são gerados ao longo do tempo, resultado das interacções entre os utilizadores e entre estes e o sistema. Uma das questões fundamentais passa por criar uma massa crítica de utilizadores que criam, actualizam e partilham conhecimento regularmente [15].

De acordo com Lin [24] é necessária motivação para que as pessoas se envolvam activamente na transferência e criação de conhecimento. Esta motivação pode ser intrínseca – pelo prazer e satisfação obtidos da experiência – ou extrínseca – baseada na percepção do valor associado à actividade. Motivações já identificadas na literatura incluem: satisfação pessoal; gosto por ajudar os outros; tornar o trabalho mais fácil; evitar futura duplicação de esforços; aumento do acesso à informação/reciprocidade; segurança no emprego ou avanço na carreira; melhoria da reputação; aumento de influência; e recompensas económicas [28].

Um outro aspecto que virá a ter uma influência decisiva na adopção dos modelos em rede social é o 'acordar' da Geração Z (os também denominados *netizens*) [32]. Nascidos depois de 1995, as redes sociais são o seu foco. Socializam nos espaços *online*, partilham ideias, reagem, têm um grande sentido do propósito individual e são eclécticos – mas *online*. O contexto global, para estes jovens, não é imaginável hoje em dia. O seu conceito de espaço, de sítio e a sua identidade cultural modificaram-se radicalmente. O inglês, ou uma espécie de inglês, tornou-se a língua franca. A economia global, em rede, com ligações pervasivas será o contexto em que esta geração viverá no futuro. Naturalmente, a sua chegada ao mercado de trabalho imporá também modificações na forma de o realizar. Provavelmente trabalharão como socializam: em rede *online*.

B. Os Conteúdos

Os conteúdos são, claramente, criados pelos utilizadores. As contribuições, elemento primordial dos conteúdos, devem ser acompanhadas de etiquetas (*tags*) fornecidas também pelos utilizadores ou criadas automaticamente pelo sistema. A etiquetagem por parte dos utilizadores permite a criação de uma *folksonomia*, que pode ser aproveitada pelo próprio sistema, para apoio posterior a esta actividade. Para além disso, classificações de acordo com certos modelos de argumentação podem estar disponíveis inicialmente ou serem criadas pelos próprios utilizadores. A utilização de técnicas semânticas para apoio a esta actividade também poderá estar disponível.

O sistema deve encarregar-se, por omissão, de certo tipo de etiquetagem, garantindo a preservação da informação. Dentro desta etiquetagem automática enfatizam-se as questões relativas à informação temporal (*time-stamp*) e as relativas à autoria dos conteúdos, ainda que resultantes de contribuições de múltiplos utilizadores. Munson [28] refere algumas das dificuldades na criação de conteúdos por vários utilizadores, que devem ser tidas em conta e ultrapassadas. Em experiências realizadas detectaram-se pessoas cuja ética não lhes permitia alterar conteúdos da autoria de outros: "*I don't believe people should edit other peoples' work. If you have a comment, write a comment. Don't edit someone else's work.*" ([28], p. 5). Uma forma preconizada para ultrapassar esta inibição é manter os conteúdos não como um documento único, mas como um

conjunto de contribuições cuja autoria e evolução é claramente expressa.

Outra questão relevante relaciona-se com a validade das contribuições ou conteúdos. Há que manter conteúdos 'inactivos', e versões anteriores, completamente caracterizados de forma a ser possível reconstituir o momento anterior à evolução e estabelecer a relação ou causa dessa evolução. Encarar os conteúdos, as classificações, etiquetas e possíveis relacionamentos, ou formas automáticas de os estabelecer, como estando perpetuamente numa versão 'beta' (*the perpetual beta*, característico do conceito Web 2.0).

Finalmente um último aspecto prende-se com a questão dos custos associados à criação e manutenção dos conteúdos menos utilizados, ou relativos a processos de decisão que ocorrem poucas vezes, ou com reduzido impacte percebido. Tradicionalmente considera-se que o custo de criar e manter certa informação de pequena utilização (ou procura) é demasiado elevado para a prestação (rentabilidade) que esta possa vir a ter no futuro. Num sistema com as características que aqui se indicam, os custos de criar e manter qualquer tipo de informação acabam por ser diluídos. Ou seja, altera-se o padrão típico do custo associado à informação menos utilizada. Estes custos podem ser irrelevantes uma vez que o sistema já está montado e a ser utilizado. Trata-se do conceito da cauda longa (*the long tail*) que descreve situações em que uma pequena quantidade de produtos/informação é procurada por muita gente e uma grande quantidade de produtos/informação é procurada por pouca gente. Mandam os manuais clássicos de gestão que a organização se foque naqueles poucos produtos que, muito procurados face aos custos fixos associados, garantem uma maior rentabilidade. Este mandamento altera-se, no que diz respeito à informação, quando consideramos sistemas baseados nos conceitos da Web 2.0 e portanto em rede social.

C. A Estrutura

Numa rede social aplicada ao trabalho de decisão, espera-se que as pessoas/utilizadores cooperem e não que sejam controlados. Toda a interacção, e por consequência a criação de conteúdos e obtenção de resultados colaborativos, assenta nesta base. Compreendendo, pelo que já foi exposto, as vantagens desta atitude, há no entanto a reconhecer que no contexto organizacional ela não é isenta de problemas.

Estes problemas derivam incontornavelmente do alinhamento das expectativas organizacionais com as expectativas dos utilizadores. Estas expectativas são indissociáveis da cultura organizacional e da ecologia de comunicação (utilização de notificações, listas de e-mails, forma de marcação de reuniões, actas, memorandos, etc.) existentes, da hierarquia vigente, da segurança necessária (ou percebida) sobre o acesso à informação [17] e dos resultados que se pretendem alcançar com os processos de decisão específicos.

Muitos executivos e gestores apoiam, em princípio, a ideia do estímulo à interacção livre e à partilha de conhecimento como forma de inovação, criação de valor e vantagem competitiva. Mas em muitas situações esta visão não é transportada para a prática da melhor forma. Em geral, o desempenho é medido mais por aquilo que cada um conseguiu alcançar do que por aquilo que partilhou ou pela medida em que ajudou outros. No que toca à informação, os indivíduos são normalmente responsabilizados pessoalmente pelo rigor e entrega atempada, o que não é compatível com a visão da criação colectiva desta informação. À ecologia de comunicação utilizada está subjacente, muitas vezes, a ideia de obrigatoriedade e controlo.

A rede social constitui ela própria um canal de comunicação. Sendo um novo canal na organização, a possibilidade de haver disrupção na comunicação organizacional é real.

A hierarquia vigente, especialmente a gestão intermédia, é ameaçada pela atitude de liberdade na criação e acesso à informação. Uma gestão fortemente hierarquizada torna-se um obstáculo à adopção de tecnologia que preconize a colaboração aberta, pois esta é percebida como resistente a posições emanadas sob o estilo *top-down*.

Há razões, em muitas organizações, para classificar informação no que diz respeito à sua distribuição e acesso. Há questões legais e questões de confidencialidade por motivos éticos ou outros.

A criação de sub-grupos (de decisão) dentro da rede social, com permissões diferentes, parece incontornável. De qualquer forma, uma boa visão ou política de gestão pode permitir, à custa desta inevitabilidade, encontrar os meios para lançar uma cultura organizacional que acomode as questões hierárquicas, de avaliação de desempenho e recompensa, e ainda criar formas de modificar a ecologia de comunicação sem haver disrupções. No fundo, advoga-se a criação de diferentes papéis sociais ou organizacionais para os utilizadores da rede.

Os papéis a distribuir incluem, por exemplo, a figura de facilitador ou coordenador de um grupo de decisão. Embora este papel possa ser atribuído de forma social (escolhido pelas pessoas de um determinado grupo, de entre os seus elementos [20]), a existência desta figura torna muito mais fácil o decorrer dos trabalhos tidos como necessários para atingir um determinado resultado ou decisão. A coordenação dos tempos, a necessidade de ferramentas de votação, a utilização de técnicas de convergência (por vezes com parte manual/humana), etc., são actividades que ganham em eficiência e simplicidade com a existência de um facilitador.

Em suma, advoga-se a criação de uma rede social onde haja alguns direitos reservados.

D. A Representação

A combinação de técnicas de filtragem, classificação, ordenação e *display* da informação tornam-se essenciais para apoiar diferentes estilos cognitivos quer dos agentes de decisão quer de posteriores agentes de reconstrução do processo de decisão. Estruturas em relatório ou gráficos de dados, rede ou árvore, gráficos multidimensionais e mapas de conhecimento são os meios de representação mais comuns hoje em dia. A Web semântica terá aqui um papel de grande relevo. A questão prende-se com a visão da necessidade de existência de capacidade de parametrização (*toolbox*) para que diferentes

pessoas, subgrupos, ou grupos possam ajustar ao seu estilo pessoal e ao processo de decisão contingente [36].

V. CONCLUSÃO

Apresentou-se neste texto o modelo de rede social de apoio à decisão. A descrição deste modelo foi focada nos componentes que se perceberam diferentes de um sistema tradicional de apoio à decisão em grupo. A construção do modelo, suas características, vantagens e potenciais problemas, foi realizada de acordo com a literatura existente. O próximo passo será criar um sistema, baseado neste modelo, através de ferramentas de software Web 2.0 livremente disponíveis.

REFERENCES

[1] F. Antunes, J. P. Costa, e P. Maçãs, "Ascertaining group decision auditing capabilities," International Journal of Business and Systems Research (IJBSR), 4(3), 2010, pp. 246-263.

[2] F. Antunes e J. P. Costa, "The missing link: theoretical reflections on decision reconstruction," Portuguese Journal of Management Studies (PJMS), XV(2), 2010, pp. 197-213.

[3] F. Antunes e J. P. Costa, "Beyond decisions (or to decisions and beyond!): an outline of building blocks for a decision support and reconstructions framework," in Recent Advances in Business Administration, Eds. A. Zemliak e N. Mastorakis, World Scientific and Engineering Academy and Society Press, 2011, pp.32-37.

[4] G. Bafoutsou e G. Mentzas, "Review and functional classification of collaborative systems," International Journal of Information Management, 22, 2002, pp. 281-305.

[5] A. Bahrami, Object Oriented Systems Development: Using the Unified Modeling Language. New York: McGraw Hill, 1999.

[6] J. Bentahar, B. Moulin e M. Bélanger, "A taxonomy of argumentation models used for knowledge representation," Artificial Intelligence Review, 33(3), 2010, pp. 211-259

[7] T. Berners-Lee, J. Hendler e O. Lassila, "The semantic web." 15 May, Scientific American, 2001, pp. 34-43.

[8] F. Bezerra, P. Melo e J. P. Costa, "Visual and interactive comparative analysis of individual opinions in group decision," Proceedings of Group Decision and Negotiation, Clímaco, J.; Kersten, G. e Costa, J. P. (Eds), 2008.

[9] D. M. Boyd e N. B. Ellison, "Social network sites: definition, history, and scholarship", Journal of Computer-Mediated Communication, 13(1), 2008, pp. 210-230.

[10] R. Cross e A. Parker, The Hidden Power of Social Networks: Undestanding How Work Really Gets Done in Organizations. Cambridge: Harvard Business School Press, 2004.

[11] W. de Noy, A. Mrvar e V. Batagelj, Exploratory Social Network Analysis with Pajek, Cambridge: University Press, 2005.

[12] L. C. Dias e J. N. Clímaco, "Dealing with imprecise information in group multicriteria decisions: a methodology and a GDSS architecture," European Journal of Operational Research, 160(2), 2005, pp. 291–307.

[13] C. Dwyer, S.R. Hiltz e G. Widmeyer, "Understanding development and usage of social networking sites: the social software performance model", Proceedings of the 41st Hawaii International Conference on System Sciences, 2008, 10 pps.

[14] M. S. Feldman e B. T. Pentland, "Reconceptualizing organizational routines as a source of flexibility and change," Administrative Science Quarterly, 48, 2003, pp. 94-118.

[15] N. Gehrke e P. Wolf, "Towards Audit 2.0 – A Web 2.0 community platform for Auditors," Proceedings of the 43rd Hawaii International Conference on Systems Sciences, 2010, 10 pps.

[16] B. G. Glaser e A. L. Strauss, The Discovery of Grounded Theory: Strategies for Qualitative Research. Chicago: Aldine, 1967.

[17] J. Grudin e E. S. Poole, "Wikis at work: success factors and challenges for sustainability of enterprise Wikis," Proceedings of WikiSim, 2010, 8 pps.

[18] A. Harrer, J. Moskaliuj, J. Kimmerle e U. Cress, "Visualizing Wiki-supported knowledge building: co-evolution of individual and collective knowledge," Proceedings of WikiSym, 2008, 9 pps.

[19] C. Hirsch, J. Hosking, J. Grundy, T. Chaffe, D. MacDonald e Y. Halytskyy, "The visual Wiki: a new metaphor for knowledge access and management," Proceedings of the 42nd Hawaii International Conference on Systems Sciences, 2009, 10 pages.

[20] G. L. Kolfschoten e C. Lee, "Self-guiding Group Support Systems: can groups use GSS without support?," Proceedings of the 43rd Hawaii International Conference on Systems Sciences, 2010, 6 pps.

[21] C. Kousetti, D. Millard e Y. Howard, "A study of ontology convergence in a semantik Wiki", Proceedings of WikiSim, 2008, 10 pps.

[22] R. Kwok, J. Ma e D. Vogel, "Effect of GSS and facilitation on knowledge restructuring," Proceedings of the 33rd Hawaii International Conference on System Sciences, 2000, 8 pps.

[23] O. Lassila e J. Hendler, "Embracing Web 3.0," IEEE Internet Computing, May-June, 2007, pp. 90-93.

[24] H. F. Lin, "Effects of extrinsic and intrinsic motivation on employee knowledge sharing intentions," Journal of Information Science, 33(2), 2007, pp. 135-149.

[25] R. K. Maier, Knowledge Management Systems: Information and Communication Technologies for Knowledge Management. 2nd Edition, Berlin: Springer-Verlag, 2004.

[26] A. P. McAfee, "Enterprise 2.0: the dawn of emergent collaboration," MIT Sloan Management Review, 34(3), 2006. p. 38-38.

[27] J. L. Moreno, Sociometry, Experimental Method and the Science of Society. An Approach to a New Political Orientation, New-York: Beacon House, 1951.

[28] S. A. Munson, "Motivating and enabling organizational memory with a wrokgroup Wiki," Proceedings of WikiSim, 2008, 5 pps.

[29] T. O'Reilly, "What is Web 2.0? – Design patterns and business models for the next generation of software", self-published, O'Reilly Media, Sebastopol, 2005, URL: http://oreilly.com/pub/a/oreilly/tim/news/2005/09/30/what-isweb-20.html (acedido: 2009-05-06)

[30] T. O'Reilly, "Web 2.0 compact definition: trying again", self-published, O'Reilly Media, Sebastopol, URL: http://radar.oreilly.com/2006/12/web-20-compact-definitiontryi. html (acedido: 2009-05-06).

[31] S. Poltrock e M. Handel, "Modeling collaborative behavior: foundations for collaboration technologies," Proceedings of the 42nd Hawaii International Conference on Systems Sciences, 2009, 9 pps.

[32] M. Robertson, "Young netizens creating public citizenship in cyberspace," International Research in Geographical and Environmental Education, 18(4), 2009, pp. 287-293.

[33] N. Shi, M. Lee, C. Cheug e H. Chen, "The continuance of online social networks: how to keep people using facebook," Proceedings of the 43rd Hawaii International Conference on Systems Sciences, 2010, 10 pps.

[34] H. Simon, The New Science of Management Decision. Englewoods Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1997.

[35] E. Turban, J. E. Aronson e T. P. Liang, Decision Support Systems and Intelligent Systems. 7th Edition. New Jersey: Pearson Education Inc, 2005.

[36] M. Turoff, S. R. Hiltz, M. Bieber, A. Rana e J. Fjermestad, "Collaborative discourse structures in computer mediated group communications," Journal of Computer-Mediated Communication, 4(4), 1999, pp. 1050-1079.

[37] S. Wasserman e K. Faust, Social Network Analysis: Methods and Applications, Cambridge: University Press, 1994.

Boas Práticas nos Projectos de Implementação de Sistemas de Gestão de Desempenho em Organizações do Sector Financeiro

Análise das especificidades do Sector em Portugal

Santos, André Filipe Saraiva dos
Instituto Superior de Estatística e Gestão de Informação da Universidade Nova de Lisboa
Lisboa, Portugal
afsantos87@gmail.com

Neto, Miguel de Castro
Instituto Superior de Estatística e Gestão de Informação da Universidade Nova de Lisboa
Lisboa, Portugal
mneto@isegi.unl.pt

Resumo - **Com o aumento da competitividade nas organizações, os decisores precisam ter uma visão transversal da seu organização, que permita uma gestão pró-activa capaz de antecipar problemas e explorar oportunidades de negócio. O Sector Financeiro tem sido uma das áreas mais dinâmicas e problemáticas nos últimos tempos, estando obrigado a dar uma resposta célere e eficiente aos desafios que se lhe apresentam diariamente. Os sistemas de gestão de desempenho permitem auxiliar esta evolução, no entanto, a sua aplicação é complexa e com um elevado grau de risco. Para estudar estes problemas foi desenvolvida uma investigação, (revisão crítica da literatura, entrevistas e questionários) procurando compreender os problemas e identificar boas práticas que podem ser aplicadas em projectos de implementação de sistemas de gestão de desempenho em Portugal. As boas práticas apontam para um conjunto de regras na constituição da equipa de projecto, na análise de requisitos, na gestão do projecto, na qualidade de dados e no envolvimento da organização ao longo do seu desenvolvimento. Esta investigação serve de suporte às organizações que pretendam explorar esta área e dá os primeiros passos para o estudo desta temática, mais concretamente com organizações do sector financeiro do tecido empresarial nacional.**

Palavras-Chave - business intelligence; sistemas de gestão de desempenho; sector financeiro; Portugal

I. INTRODUÇÃO

As organizações precisam apostar em sistemas capazes de monitorizar e melhorar a sua actividade como um todo de forma a conseguirem responder aos desafios que lhe são apresentados. Neste contexto surgem os Sistemas de Gestão de Desempenho (SGD) que englobam diversas vertentes (processos, metodologias, métricas e aplicações). O conjunto de ferramentas que disponibilizam permite uma gestão atenta do negócio, a medição do seu desempenho e o alinhamento de forma contínua face aos seus objectivos de curto, médio e longo prazo. Os SGD suportam uma gestão pró-activa através do apoio na tomada de decisão baseada em informação e previsões estatísticas [1; 2]. Apesar dos sistemas de gestão de desempenho poderem auxiliar significativamente os gestores de topo a gerir e controlar o negócio, a verdade é que ainda assim é uma área em que apenas algumas organizações têm apostado, principalmente devido aos riscos e custos associados aos mesmos [3; 4]. Os seus impactos abrangem praticamente toda a organização, sendo condição fundamental para a sua aplicação bem sucedida, que os seus utilizadores tenham confiança na informação disponibilizada.

Perante esta situação, foi considerado importante realizar uma investigação que procure, com base na literatura relevante sobre o tema e em testemunhos de profissionais experimentados e credenciados neste tipo de projectos, conseguir identificar um conjunto de regras e boas práticas que devem ser aplicadas em organizações do sector financeiro em Portugal que pretendam investir em sistemas de gestão de desempenho. Paralelamente era necessário compreender os problemas mais comuns, para que a análise de implementação destes projectos seja capaz de prever e mitigar muitos desses problemas, reduzindo significativamente os seus riscos e os seus custos de implementação [2]. Face a uma crescente regulamentação, necessidade de monitorização e acompanhamento das organizações do sector financeiro, como forma de garantir a estabilidade e segurança de todo o mercado, os SGD podem também dar um forte auxílio neste processo, através da uniformização de conceitos, métricas e de tomadas de decisão mais robustas e seguras.

II. ENQUADRAMENTO TEÓRICO

A. Business Intelligence

A Business Intelligence (BI) não é um sistema ou um produto, é antes um conceito abrangente que envolve bases de dados, arquitecturas de dados e aplicações que permitem criar condições para o acesso em tempo real e de forma interactiva ao processo de análise e gestão de informação, colocando-a à disposição dos seus utilizadores em diferentes plataformas, de uma forma fácil e acessível. A informação gerada através das transacções, processos, actividades, ou até mesmo de fontes externas, é armazenada de forma a poder estar acessível e permitir uma análise temporal (histórica). Os dados podem

estar localizados e/ou armazenados em áreas geograficamente distantes, podendo ser acedidos por uma ou várias plataformas. Estes dados representam a realidade da organização, são dados gerados pelas aplicações que, com o devido tratamento, são um espelho do negócio e uma fonte importantíssima de informação para a tomada de decisão dos gestores. O processo da BI baseia-se na transformação de dados em informação, da informação em decisões e das decisões em acções [1].

A utilização da BI nas organizações tem um impacto tremendo assim que se encontra solidamente presente no quotidiano dos seus principais actores. Tem a capacidade de disponibilizar informação relevante, atempadamente, de uma forma simples e útil, características que são a chave para o sucesso de uma gestão de qualidade. A "Business Intelligence é a arte de ganhar vantagem no negócio através dos dados" [1]. A vantagem é transversal a toda a organização, na gestão da lealdade de clientes, gestão de stocks, gestão de produtos, gestão de desempenho, entre outras. A BI oferece a possibilidade de realizar análises ao histórico de dados da organização e complementar a informação gerada internamente com fontes externas (informação de mercado, demográfica, ambiental, entre outras). Esta abordagem permite realizar análises de mercado, que entre outras situações, permitem conhecer em detalhe o público-alvo, os concorrentes, as vantagens e desvantagens dos produtos. Para além da vertente mais comercial, existe também um enorme potencial de utilização em sistemas de segurança nacional ou na detecção de fraudes [1].

B. Gestão de Desempenho

A gestão de desempenho, no que às organizações diz respeito, está relacionada com a capacidade de monitorizar e melhorar continuamente a sua actividade. Mais especificamente, envolve um conjunto de actividades ligadas ao negócio que têm como principal objectivo retirar informação quantificável deste, permitindo aos seus gestores avaliar e monitorizar as actividades da organização, desenvolvendo iniciativas que visem a sua melhoria e optimização [5]. Com a introdução e consolidação da utilização de sistemas de informação nas organizações, também o conceito de gestão de desempenho foi sendo alterado. Um SGD envolve toda a organização assentando em duas camadas fundamentais, a informação e o negócio. Na camada de informação normalmente estão associados os sistemas de gestão interna que fornecem dados sobre o negócio. A camada de negócio envolve regras, métricas, conceitos e objectivos específicos da sua actividade. A junção destas duas camadas num único sistema permite dar uma visão global sobre o negócio fornecendo indicadores chave que permitem acompanhar, monitorizar e alinhar a actividade da organização face aos seus objectivos, auxiliando no desenvolvimento de planos de melhoria/acção do negócio. Esta análise é normalmente realizada com recurso a modelos preditivos, que permitem através de fórmulas estatísticas dar uma perspectiva futura do negócio aos seus decisores [6].

A primeira referência à gestão de desempenho, neste caso não estando associado a organizações, ocorreu em The Art of War por Sun Tzu em 512. Ele refere que, para se obter sucesso numa guerra, é fundamental ter um conhecimento profundo das nossas maiores qualidades e defeitos, assim como das qualidades e defeitos do adversário [7]. A gestão de desempenho nas organizações remonta aos anos 60. As análises eram anuais, ou bianuais, baseando-se essencialmente no estudo de informação contabilística. Já na década de 80 a gestão de desempenho passou a ser analisada em três grandes grupos (estruturas, informação e comportamento humano) [5]. No final da década de 90 e principalmente no início do novo século, emerge o mercado globalizado, não sendo suficiente ter uma visão interna integrada, sendo igualmente fundamental adaptar os objectivos da organização perante forças externas, como a situação económica, social, tecnológica e política. No início do século XXI começaram também a surgir os primeiros sistemas de gestão de desempenho que permitiam uma análise interna aliada à integração de informação externa, permitindo às organizações acompanhar a evolução dos factores externos. A informatização da gestão de desempenho não foi contudo um processo simples, devido essencialmente à necessidade da informação ser recolhida de uma forma estruturada e automatizada. Os dados já se encontravam disponíveis para serem trabalhados, contudo a organização dos mesmos continuava a ser um enorme desafio, devido à incompatibilidade e diferenças entre os diversos sistemas da organização [6]. Entretanto, começaram a ser desenvolvidos os primeiros relatórios com base em informação que era recolhida pelos diversos sistemas na organização. No entanto, a enorme quantidade de dados envolvida fazia com que a consulta a esses dados fosse bastante morosa. Para contornar esta situação eram realizadas análises de longo prazo, geralmente semestrais ou anuais, não sendo possível de todo um alinhamento constante dos objectivos da organização com a sua situação actual [7]. Foi então que começaram a emergir as tecnologias de data warehousing, que permitiam a criação de um repositório onde a informação era armazenada de forma estruturada e optimizada para análise. Com os desenvolvimentos nos processos de ETL (extraction, transform and load) foi possível agilizar o processo de transformação e armazenamento de dados que, em complemento com a tecnologia OLAP (On-line Analytical Processing), permitiu que o tempo de geração da informação fosse reduzido significativamente.

Foi com estes desenvolvimentos que surgiram os SGD, que representam uma das mais recentes evoluções dos sistemas de suporte à decisão (DSS), sistemas de informação para organizações (EIS) e BI. À semelhança da BI, é mais do que uma simples tecnologia, integrando um conjunto de processos, metodologias, métricas e aplicações especialmente desenhadas para acompanhar o desempenho da organização. Os SGD ajudam as organizações a transformar as suas estratégias e objectivos em planos que são monitorizados de forma a permitir um acompanhamento constante da sua evolução, analisar variações e realizar ajustes na gestão de forma a responder a qualquer situação [2].

Os SGD são inúmeras vezes apresentados como uma visão holística das organizações, que permite interligar a vertente da BI, gestão de processos, sistemas de monitorização da actividade, gestão dos serviços, gestão do negócio e gestão de desempenho [4].

A necessidade de refinar e melhorar continuamente os objectivos e estratégias exige um sistema de informação capaz

Instituto Superior de Estatística e Gestão de Informação da Universidade Nova de Lisboa (ISEGI - UNL)

de absorver todas essas alterações. Os SGD dão um grande contributo nesta vertente, fornecendo os Key Performance Indicators (KPI) necessários para cada área de negócio. Esses indicadores de desempenho são posteriormente associados aos objectivos da organização que, através de modelos estatísticos, apresentam aos decisores uma visão global da situação actual da organização relativamente aos objectivos que tem para cumprir. Os SGD são também uma ferramenta fundamental para os departamentos de tecnologias de informação, que têm de fazer mais com menos recursos e que assim conseguem alinhar os seus esforços com os objectivos da organização de uma forma mais fácil [2].

C. O Caso Português

A facilidade com que se realizam transacções e negociações em pontos distintos dos vários continentes e até mesmo a existência de uma moeda comum entre vários países da Europa são exemplos da globalização existente no sector financeiro. No entanto, como consequência emergem as várias crises financeiras que acabam por se alastrar e contagiar a economia como um todo [3].

O sector financeiro é composto por três sectores de actividade: sector bancário, sector segurador e o sector de valores mobiliários. Apesar de serem distintos, têm revelado tendência para se unificarem devido aos novos desafios de mercado, integração de tecnologias e necessidades funcionais comuns que criam oportunidades de negócio transversais aos três sectores [8]. Em Portugal, no ano de 2008, existiam vinte cinco mil duzentas e dezassete organizações do sector financeiro, com um volume de negócios médio cerca de sete vezes superior às organizações não financeiras [9]. Promovendo a poupança, financiado projectos de desenvolvimento e permitindo à população obter serviços e realizar investimentos através de empréstimos bancários, o sector financeiro tem uma importância fulcral nos dias de hoje. No reverso da medalha temos a sua dependência perante dificuldades e graves crises financeiras, ficando as economias muito dependentes dos seus resultados para o seu desenvolvimento [3]. Portugal tem também no seu tecido empresarial do sector financeiro algumas das maiores organizações a operar a nível nacional, estando três das maiores representadas no principal índice do mercado bolsista nacional (PSI-20).

A quantidade de informação disponibilizada pelos processos inerentes aos diversos serviços prestados, as várias formas de comunicação existentes entre as organizações e os seus clientes, como as caixas de pagamento automático ou através de computadores pessoais ou telefone, são nos dias de hoje serviços disponibilizados pela larga maioria das organizações neste sector e que criam uma maior necessidade de organização e estruturação de todo o sistema [10]. A confirmar isto mesmo alguns especialistas consideram que a passividade e o receio de apostar em novas ideias e tecnologias podem ser fatais perante um mercado altamente concorrencial como o financeiro [11; 12]. A introdução constante de novas tecnologias neste sector tem agilizado fortemente a componente da comunicação, quer interna quer externa, exigindo consequentemente reacções céleres perante novos desafios [11] sendo de destacar três grandes tendências [3; 12; 13]: Gestão da Informação; Comunicação; Controlo\Monitorização. Apesar de ainda existir quem seja algo pessimista relativamente a esta visão tecnológica do sector financeiro, indicando que existe sempre um elevado grau de incerteza e de risco, é inegável que a tecnologia irá continuar a dar um contributo decisivo para evolução deste sector em Portugal [13].

No que aos sistemas de gestão de desempenho em Portugal diz respeito, a primeira grande característica é o facto de a informação sobre os mesmos ser no mínimo escassa, situação que aliás é comum à grande maioria dos projectos ligados aos sistemas de informação, onde pouco é publicado sobre este tema. Grande parte da informação sobre projectos nacionais é partilhada pelas grandes organizações que desenvolvem actividade nesta área, apresentando geralmente nos seus websites informações sobre os seus serviços de forma bastante sintética.

Em Abril de 2010, foi publicado um estudo realizado pelo Internacional Data Corporation (IDC) que pretendia analisar os novos desafios no desempenho financeiro das organizações em Portugal. Este estudo permite ter uma percepção das necessidades e ambições dos gestores de organizações em Portugal, procurando avaliar a sua propensão para introdução de novas tecnologias, nomeadamente as que estão relacionadas com os sistemas de gestão de desempenho. Estes são os principais desafios: Criar controlos rigorosos nos processos de negócio para garantir um correcto funcionamento e cumprimento de normas internas; Aplicar alterações processuais que visem a optimização de recursos (tempo e custo); Prestar maior atenção a áreas como o risco e a tesouraria, em detrimento de áreas mais tradicionais como a contabilidade; Criar planos orçamentais rigorosos e mais precisos para permitir uma gestão adequada ao longo do tempo; Suportar tomadas de decisão baseadas em informação precisa e de uma forma célere; Criar repositórios únicos de informação para reduzir custos, disponibilizando a informação em plataformas de fácil acesso para promover uma maior participação dos decisores e impedir a duplicação e desconfiança dos dados; Criar um ambiente de evolução e melhoria constantes para que toda a organização acompanhe os desenvolvimentos e retire deles o melhor proveito [14]. O estudo sugere também que, apesar da crise financeira, o investimento em Sistemas de Informação, especialmente aqueles que dão suporte às áreas financeiras, nomeadamente a aplicações analíticas e preditivas continuam a ser grandes prioridades de investimento [14].

Já no mês de Outubro de 2010 o IDC publicou um outro estudo sobre investimentos no sector financeiro português em sistemas e tecnologias de informação durante o ano de 2009. O investimento apresentou uma redução global de 13,8%, sendo que apenas cinco dos maiores grupos financeiros representam 75% do total de investimentos em tecnologias de informação em Portugal. No entanto, há que realçar que a despesa em software aumentou em 2,4%. Relativamente às perspectivas para o ano de 2011, o estudo prevê uma estagnação ou um ligeiro aumento do investimento [15].

Estes estudos vêm demonstrar dois factores extremamente importantes. Apesar da recente crise financeira e dos grandes

cortes orçamentais que praticamente todas as organizações do sector financeiro em Portugal efectuaram, a aposta em sistemas de informação continua a ser uma das grandes prioridades dos gestores de topo que reconhecem a sua contribuição para o sucesso no negócio. Por outro lado a intenção de disponibilizar ferramentas à gestão de topo, capazes de monitorizar e alinhar o negócio com os objectivos propostos, desenvolver modelos preditivos e explorar informação gerada pelos seus sistemas, vai totalmente de encontro aos desafios que os sistemas de gestão de desempenho pretendem responder. Podemos assim perspectivar uma popularização deste tipo de sistemas nos próximos anos, que aliado às necessidades e desafios do sector financeiro nacional, criam uma grande oportunidade de desenvolvimento e crescimento desta área em Portugal. Existem no entanto condicionantes económicas que irão exigir um maior critério e rigor neste tipo de investimentos [14].

III. METODOLOGIA

A metodologia de investigação aplicada pode ser dividida em duas grandes fases. Numa primeira fase, com suporte na literatura relevante sobre este tema, foi elaborada uma análise mais exploratória, recorrendo a entrevistas, permitindo conhecer melhor este fenómeno em Portugal, melhorando assim o conhecimento para que o estudo quantitativo aplicado posteriormente incorporasse a informação recolhida nesta fase [16]. As entrevistas foram realizadas a profissionais com experiência em projectos de sistemas de gestão de desempenho visando obter informação relevante sobre situações reais em Portugal. Nesta fase foi enviado por e-mail para quinze organizações distintas um convite, tendo sido recebidas três respostas para agendamento das entrevistas. Para a realização das respectivas entrevistas foi utilizado um guião e um computador para um melhor acompanhamento dos conteúdos abordados, sendo que numa das entrevistas foi realizada gravação áudio, uma vez que foi a única com autorização para tal.

Os dados recolhidos nas entrevistas foram posteriormente utilizados como suporte para a realização da segunda fase da investigação, onde foi feita uma investigação numa vertente mais quantitativa, recorrendo a um questionário online onde a maioria das respostas eram fechadas, procurando verificar e validar a informação recolhida anteriormente, dar maior robustez à investigação como um todo e às conclusões que será possível extrair em particular. Com esse objectivo foi utilizada uma plataforma online (Google Docs), recorrendo à ferramenta específica de criação de formulários do mesmo. De seguida, através da rede social LinkedIn (com mais de 70 milhões de utilizadores registados), foi efectuada uma pesquisa em seis grupos de sistemas de gestão de desempenho[1], filtrando por perfis que tivessem como localização Portugal, ordenando-os por relevância. De seguida, foi enviado um e-mail a convidar a participar no questionário aos cem primeiros perfis. O questionário esteve disponível desde o dia 13 de Maio até ao dia 11 de Junho de 2010, período durante o qual foram registadas vinte participações. As respostas ao questionário permitiram perceber se a informação recolhida nas entrevistas vai de encontro aquela que os participantes dos questionários partilharam, validando assim com maior, ou menor robustez, o conteúdo da primeira fase de investigação.

[1] Grupos - Business Intelligence & Performance Management (BI & CPM); Corporate Performance Management (CPM); EPM – Business Intelligence; Oracle BI & EPM; Performance Management (CPM, EPM, BI) Best Practices; Performance Management and Business Intelligence

IV. PRINCIPAIS RESULTADOS

Após a realização dos questionários, foi possível identificar quais os problemas mais comuns e quais as boas práticas que devem ser aplicadas nestes projectos.

Relativamente aos problemas [Figura 1], a fraca qualidade de dados, foi classificada por apenas 20% dos inquiridos abaixo de 8 valores, sendo a mediana de 9 valores e a moda 10. O fraco acompanhamento dos utilizadores finais continua a ser um problema importante tendo no entanto uma mediana ligeiramente abaixo à da anterior com 8 valores e uma moda de 9 algo que mostra que esta é também uma questão importante. Relativamente ao fraco apoio da administração de topo ao projecto a mediana continua a ser elevada, com 7,5 valores e moda de 9. Regista-se no entanto um valor mínimo de 4 valores. O desenvolvimento de uma ferramenta útil e fácil de utilizar apresenta 8 valores como mediana e moda. De notar ainda um desvio padrão significativo de 2,11 apresentando alguma dispersão nesta questão. O baixo conhecimento dos utilizadores finais apresenta uma mediana de 7 valores, demonstrando que esta é uma questão que parece ser secundária para os inquiridos, tal como acontece com os elevados custos de desenvolvimento que apresentam uma mediana de apenas 6 valores. De notar ainda, no entanto, o valor máximo de 10 valores e o mínimo de apenas 1, demonstrando apesar dos valores extremos que esta é uma questão menor neste tipo de projectos. A definição de regras, terminologia, indicadores e fórmulas transversais têm uma importância maior revelada pela mediana de 8 valores. O valor máximo de 10 vai reforçar ainda mais a importância deste problema nestes projectos. Associado a esta questão surge a uniformização do sistema em toda a organização, neste caso com uma mediana de 7 valores. Esta é uma questão que é também relevante para os inquiridos.

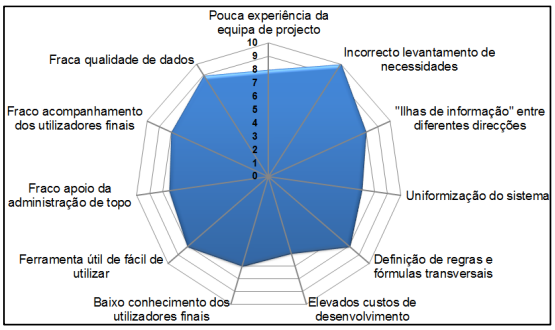


Figura 1. Síntese de Probelmas (Mediana)

A existência de ilhas de informação entre diferentes direcções é uma questão considerada mais relevante, apresentando uma mediana de 8. O valor máximo de 10 e mínimo de apenas 1 resulta num valor do desvio padrão de 2,19, sendo no entanto perceptível que este é um problema considerado importante. O incorrecto levantamento de necessidades e funcionalidades do sistema assume uma importância vital para os inquiridos. A mostrar isso mesmo é a média de 8,9 valores, a mediana e moda de 10 valores, para além de 80% dos inquiridos atribuírem uma importância entre 8 e 10 valores. Apesar do valor mínimo ser de 5 valores, este é sem dúvida um dos problemas mais relevantes. O último problema estava relacionado com a pouca experiência da equipa de projecto, que para os inquiridos é uma questão relevante atribuindo uma mediana de 8 valores. Apesar do valor mínimo de 4 valores e o máximo de 9 o desvio padrão não é significativo (1,41) demonstrando uma relativa homogeneidade nesta questão.

Relativamente às boas práticas [Figura 2], as características do gestor de projecto, nomeadamente se o mesmo deve ser um profissional com experiência em programação e arquitectura de processos, os inquiridos consideram ser uma boa prática importante tendo uma mediana de 8 valores, à semelhança do que acontece relativamente ao apoio da administração de topo ao projecto, onde a mediana é de 8 valores também. A confirmar esta tendência 80% dos inquiridos classificou entre 7 e 10 valores esta última prática. A utilização de sistemas de qualidade de dados é outra boa prática considerada como relevante pelos inquiridos, com uma mediana de 8 valores. Esta é uma questão relevante onde 90% dos inquiridos classificou entre 7 a 10 valores. O levantamento de requisitos é uma das primeiras fases de desenvolvimento de qualquer projecto sendo muitas vezes menosprezada a sua importância. Os inquiridos consideram ser fundamental dedicar mais tempo à fase de análise e levantamento de requisitos, com uma mediana de 9 valores. A confirmar isso mesmo 95% dos inquiridos atribui uma importância entre 7 a 10 valores. Os projectos de gestão de desempenho envolvem toda a organização, no entanto nem sempre toda a organização participa no seu desenvolvimento.

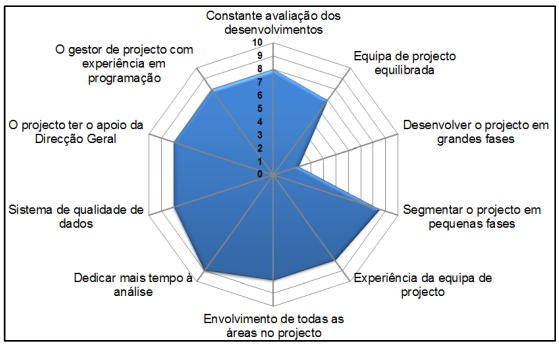


Figura 2. Síntese de Boas Práticas (Mediana)

Esta é no entanto uma boa prática que é considerada relevante para os inquiridos com uma mediana de 8 valores, com 85% de classificações ente 7 e 10 valores. O rigor, competência e experiência da equipa de projecto é outro factor importante, com uma mediana de 8 valores. Neste caso em particular 95% dos inquiridos classificou esta boa prática entre 7 e 10 valores.

Nas duas questões seguintes pretendia-se avaliar duas abordagens antagónicas na gestão de projectos, uma que opta por segmentar o projecto em várias e pequenas fases e outra que cria fases muito maiores e com entregáveis de grande impacto. A resposta dos inquiridos foi bastante clara, onde as pequenas fases obtiveram uma mediana de 8,5 valores. O valor mínimo atribuído foi de apenas 6 valores, onde 90% dos inquiridos classificou entre 7 e 10 valores. Por outro lado o desenvolvimento do projecto em grandes fases obteve apenas uma mediana de 2 valores e moda de apenas 1 valor. O valor máximo é de apenas 6 valores tendo 90% dos inquiridos classificado apenas entre 1 e 3 valores. A equipa de projecto tem uma influência significativa, nomeadamente na vertente do conhecimento e experiência (tal como verificado anteriormente) no entanto a existência de perfis distintos dentro da equipa é igualmente um factor importante, com uma classificação média de 7,2 valores e uma mediana de 7 valores. O valor máximo atribuído de 9 valores e o mínimo de 5 valores mostra uma grande concentração de valores representada por um desvio padrão de apenas 1,20. Por fim, a última boa prática avaliada estava relacionada com a constante avaliação dos desenvolvimentos e introdução de aperfeiçoamentos ao longo do projecto. Esta prática foi classificada com uma mediana de 8 valores, onde 85% dos inquiridos classificaram entre os valores 7 e 10.

V. CONCLUSÕES

Esta investigação identifica um conjunto de boas práticas que devem ser aplicadas nos projectos de implementação de sistemas de gestão de desempenho em organizações do sector financeiro em Portugal. Apesar dos sistemas de gestão de desempenho terem ao longo dos últimos anos contribuído significativamente para o sucesso de diversas organizações, a sua aplicação contínua ainda a envolver um conjunto de riscos e problemas associados aos elevados custos que fazem com que a sua aplicação seja ainda reduzida.

Para responder a esta necessidade, foi feito um levantamento de problemas comuns nos projectos de implementação de sistemas de gestão de desempenho que começam pela fraca qualidade dos dados e pela incorrecta definição de necessidades e funcionalidades do sistema. Um projecto com esta dimensão e impacto na organização precisa contar com o envolvimento de todas as áreas, algo que nem sempre se verifica, contribuindo para uma maior dificuldade na definição de métricas e fórmulas transversais na organização que, quando associadas ao fraco envolvimento da administração de topo perante o projecto, acabam por o descredibilizar e gerar um conjunto de problemas difíceis de ultrapassar. Há ainda que realçar a dificuldade dos utilizadores finais em alterarem os seus métodos de trabalho devido, essencialmente, à falta de conhecimento e desconfiança perante os desenvolvimentos que, quando associado à pouca

experiência da equipa de projecto, gera um período praticamente interminável de validações e desconfiança nos dados penalizadores da sua utilização e potencial de desenvolvimento.

Para responder a estes problemas, foi realizado um levantamento de boas práticas que devem ser utilizadas nestes projectos. Foi realçada a importância da equipa de projecto ser diversificada, com perfis distintos e com experiência (nomeadamente do seu gestor de projecto), que sejam capazes de gerir da melhor forma os desafios que vão encontrando. A gestão do projecto deve ser feita em pequenas fases, com entregáveis regulares de forma a minimizar o impacto aos utilizadores no processo de entrada em produção. Para além disso essa equipa deve também ser composta por elementos das diversas áreas da organização que possam contribuir com a sua experiência para o projecto e também para facilitar a ambientação ao novo sistema. Para se gerar informação de qualidade é fundamental que os dados tenham qualidade, logo a coerência e qualidade de dados são premissas fundamentais para este tipo de projectos. O período de análise e levantamento de requisitos não deve ser curto ou realizado sobre grande pressão, porque é nesta fase que se mede a dimensão do sistema, percebe-se as necessidades dos utilizadores e começa-se a desenhar toda a sua arquitectura. Para auxiliar no processo de harmonização de conceitos, métricas e fórmulas, o apoio da administração de topo pode ser muito importante, na medida em que a sua posição hierárquica pode forçar a quebra de uma determinada regra, desbloqueando questões diplomáticas complicadas de gerir, permitindo também poupar tempo nesse processo. Por fim, como boa prática mas também enquanto desafio, impõe-se a qualidade. Para qualquer projecto, em qualquer organização, a qualidade é uma palavra-chave. Esta é uma regra fundamental que tem de ser sempre central em qualquer desenvolvimento, sendo que nos sistemas de informação e sistemas de desempenho torna-se especialmente relevante por envolver toda a organização e ser uma ferramenta de gestão de topo que irá permitir auxiliar a tomada de decisão estratégica.

A metodologia aplicada nesta investigação procurou ser a mais completa possível, complementando as entrevistas com questionários online numa vertente mais quantitativa, mas a verdade é que apesar disso, este estudo não pode ser extrapolado para a escala nacional, nomeadamente porque é muito complexa a definição da população em estudo. Apesar de esta investigação indicar que não existem diferenças significativas entre os problemas e boas práticas mais comuns a nível internacional e nacional, é importante que seja feito um caso de estudo mais aprofundado, que acompanhe em detalhe todos os passos e todos os processos, que avalie a sua aplicação e que possa monitorizar todo o seu desenvolvimento incorporando os conhecimentos aqui apresentados.

O aumento do rigor e interesse das organizações nesta área vai também fazer aumentar a qualidade dos serviços prestados, indo de encontro a um dos desafios mais referenciados pelos entrevistados. A literatura nacional, baseada em organizações e depoimentos recolhidos em Portugal é praticamente inexistente, sendo fundamental existirem casos de estudo e análises detalhadas que permitam conhecer as especificidades dos projectos de gestão de desempenho aplicados ao tecido empresarial nacional. Esta investigação dá os primeiros passos nesse sentido, fazendo um levantamento sustentado em entrevistas e questionários a profissionais experientes, permitindo conhecer aquilo que são as suas opiniões e experiências. Esta é uma área que irá crescer e solidificar a sua presença no tecido empresarial nacional, servindo esta investigação como base para novas investigações nesta área em Portugal.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a todos os que contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho, participantes nas entrevistas e questionários e o co-autor Prof. Doutor Miguel de Castro Neto.

REFERÊNCIAS

[1] Zaman, Mukhles (2005). "Business Intelligence: Its Ins and Outs ", from http://www.ism.co.at/analyses/Business_Intelligence/Ins_and_Outs.html

[2] Turban, Efraim e Ramesh Sharda e Jay Arason e David King, Ed. (2008). Business Intelligence - A Managerial Aproach. New Jersey, USA, Pearson Prentice Hall

[3] Silva, Joana Manuel (2008). Os desafios das entidades reguladoras do sector financeiro no contexto da União Europeia Departamento de Sociologia. Lisboa, Instituto Superior de Ciências do Trabalho e da Empresa.R. Nicole, "Title of paper with only first word capitalized," J. Name Stand. Abbrev., in press.

[4] Neroda, Annie e Chuck Ballard e Colin White e Steve McDonald e Jussi Myllymaki e Scott. McDowell e Otto Goerlich, Ed. (2005). Business Performance Management... Meets Business Intelligence. New York, USA, Red Books.

[5] Singhal, Jaya e Charles Buhman e Sunder Kekre (2005). "Interdisciplinary and Interorganizational Research: Establishing the Science of Enterprise Networks." Production and Operations Management **14**(4): 493-513.

[6] Albores, Pavel e Umit S. Bititci e Kepa Mendibil e Veronica Martinez (2005). "Measuring and managing performance in extended enterprises." International Journal of Operations & Production Management **25**(4): 333 - 353.

[7] Recardo, Ronald e David Wade, Ed. (2001). Corporate Performance Management. Heinemann, Butterworth.

[8] Santos, F. Teixeira (2002). A Regulação do Sistema Financeiro. O Sistema Financeiro e a Globalização. I.-. ISEG. Lisboa.

[9] INE (2010). "Empresas em Portugal 2008" from http://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_destaques&DESTAQUESdest_boui=79644417&DESTAQUESmodo=2

[10] Cravo, Pedro M. e Fernando A. Ferreira (2004). O Progresso Tecnológico e a Reestruturação do Sector Bancário em Portugal: Contributos para uma Reflexão. Actas da Conferência IADIS Ibero-Americana WWW/Internet 2004. I. Press. Madrid, Instituto Politécnico de Beja; Escola Superior de Tecnologia e Gestão**:** 420 - 424.

[11] Figueiredo, A. Dias (2000). Empresas que em Portugal operam no domínio do correio electrónico. Coimbra, Instituto Pedro Nunes.

[12] Pinho, Paulo (2004) "Reprivatizações e Eficiência no Sistema Bancário Português." **13**.

[13] Ferreira, F., Ed. (2003). Inovação Tecnológica no Sistema Financeiro Português: Evolução e Perspectivas. Coimbra, Pé-de-Página Editores.

[14] IDC (2010). Novos Desafios no Desempenho Financeiro das Organizações em Portugal. Lisboa.

[15] Taveira, Carlos (2010). "Sector Financeiro Reduz em 13,8% a Despesa em Tecnologias de Informação e Comunicações em Portugal." from http://www.idc.pt/press/pr_2010-10-06.jsp.

[16] D'Oliveira, Teresa, Ed. (2002). Teses e Dissertações: recomendações para a elaboração e estruturação de trabalhos cientificos. Lisboa, RH Editora.

A General Interoperability Architecture for e-Government based on Agents and Web Services

Fábio Marques[1,4], Gonçalo Paiva Dias[1,3], André Zúquete[2,4]
ESTGA[1], DETI[2], GOVCOPP[3], IEETA[4]
University of Aveiro
Aveiro, Portugal
fabio@ua.pt, gpd@ua.pt, andre.zuquete@ua.pt

Abstract—**As Information and Communication Technologies are constantly evolving, governments should embrace this evolution to provide more efficient and effective around-the-clock services. The need to deliver services that gather information from several Public Administration branches turns interoperability architectures an essential tool for e-government. However, this service provisioning is complex and brings a set of new concerns that are nonexistent in the traditional way of delivering public services, mainly security related. Security is one of the key points for determining the success or failure of an e-government application. In this paper we present a generic interoperability architecture for e-government based on Software Agents and Web Services where the main objective is to provide a secure way for delivering integrated services from the client's (citizens, businesses or Public Administration) perspective.**

Interoperability; e-Government; Web Services; Software agents; Security; Trust; interoperability

I. INTRODUCTION

"The use of Information and Communication Technologies on government activities" is the definition of e-government given by the Organization for Economic Co-operation and Development (OECD)[1]. The use of Information and Communication Technologies (ICT) to support the delivery of services within the Public Administration has a number of advantages, amongst them: the improvement of the quality of service delivery; the reduction of exploitation costs; and the increase of productivity. The clients (citizens, businesses, government branches, etc.) of the Public Administration also benefit. The trade between the endless waiting in line for being attended and the availability of services through a wide range of channels 24 hours a day 7 days a week brings closer the government and its clients.

Nowadays, Public Administration clients are demanding a new set of life event services[2] that may require communication between several public administration branches. Why should clients request a service only with the intention to get the certificates that allows them to request a second service? Because data is already in the possession of the Public Administration, it should be automatically made available to the office that needs it: this is an interoperability problem. The need for more complex services and the need to deliver services (simple or complex) in a more effective and efficient way led governments and institutions to encourage research and development, through funding, towards presenting solutions for the interoperability problem. This problem has no easy solution: legal, social and technical aspects must be taken into consideration.

Interoperability architectures are complex by nature. The systems that communicate through the architecture are usually heterogeneous: they have different purposes, different data models, and their policies diverge. There are several architecture frameworks, to name a few: Dias and Rafael (D&R) [3], Access-eGov [4] and Secure Electronic Contracts (SeCO) Container [5]. The approaches to the interoperability problem diverge, as well as their solutions.

From our point of view, the ideal approach to the problem is to have an application or a set of applications in the architecture that make decisions related to the workflow of a process based on a set of criteria. We define software agent as an application that has autonomy, is reactive and proactive and is able to communicate with other software agents. This definition is based on one given by Michael Luck et al.[6]. With this definition and bearing in mind that the Public Administration is made of a set of heterogeneous entities with heterogeneous systems, that, in many situations, overlap service delivery, we argue that the natural choice for an interoperability architecture for e-government is an agent-based architecture.

Security is one of the most important aspects of e-government systems. It is often referred as a critical aspect to determine the success or failure of e-government initiatives[3]. Many of the security issues found in digital world have no match in face-to-face delivery of Public Administration services. Security issues like trust, authentication and access control must be dealt very carefully.

Security assurance in interoperability architectures is complex due to the heterogeneity and different data models, security requirements and profiles of the systems that must interoperate. Adding to this, the complexity of the interoperability architectures and related security issues increases by the fact that they should not be limited to services provided directly by the government, they could be used by private entities to deliver their own services.

In this paper, we will present a secure interoperability architecture for e-government. The architecture is supported by software agents and Web Services. The basic principle of architecture is quite simple: it consists of agents that publish services and that work together, requesting and providing services, to fulfill more complex services. As it will be seen in the last section, the main advantages of this architecture are its inherent dynamism, mutability, adaptability, versatility and tolerance to faults. The only restriction to the agents' implementation is that they should respect a number of well-defined base characteristics.

The paper is organized as follows: in the first section a brief introduction to the problem is made; in the second section we define the base requirements for interoperability architectures; the base concepts as well as the detailed description of the agent-based interoperability architecture are addressed in the third section; the paper ends with a discussion of the architecture on section four and with the conclusions and future work on section five.

II. REQUIREMENTS

Before presenting our proposal, we will start by addressing the set of core requirements that, in our perspective, should be observed by any interoperability architecture for e-government.

A. Mutable and Adaptable

Usually, there are a wide number of services provided by each of the several Public Administration branches. In order to achieve a fully online government, all these services should be made available online. This is not feasible in a short period. There are several kinds of services with different complexities, security restrictions or even with some legal restrictions that hinder the service publication. Nevertheless, the offer of services should increase with time. Furthermore, the Public Administration is not a static entity. It changes over time. New laws are created, and consequently old services cease to exist while new ones become available. These dynamics should be reflected in the architecture with the removal of obsolete services and the publishing of new ones. With these flexibility requirements, interoperability architectures for e-government should be mutable and adaptable to enable not only the addition and removal of services but also the addition and removal of service providing entities.

B. Versatile

Several Public Administration offices may provide the same services (e.g. local government services); it would be normal, then, to reflect this multiplicity on the architecture. In other words we may have different agents providing the same service. Moreover, there are several private entities that provide similar semi-public services, such as notary firms or private health clinics. These entities should also be able to publish their services in the architecture. Therefore, the architecture should be able to find different paths to provide a service, meaning that if the same service is requested by two different clients the service may be addressed and provided in completely different ways and be concluded with the exact same outcome.

C. Secure

As mentioned earlier, security is pivotal in determining the success or failure of an e-Government application. From our point of view, this is a critical requirement. The authors of [3], [7], [8], [9] identified a set of security requirements that should be respected in e-government. We have chosen a set with the six most representative requirements: authentication; authorization; confidentiality; traceability; integrity; and, non-repudiation.

III. THE AGENT-BASED ARCHITECTURE

As argued in Section I, we believe that software agents are the natural choice for setting up an interoperability architecture for e-government. In this section, we describe the proposed architecture. We will start by introducing the base concepts that will support our description. Afterwards, we provide an introductory description of the architecture and its agents. Next, we present a description of the messages exchanged between agents and some complementary information related to the use of Web Services and of a built-in Private Key Infrastructure (PKI). Finally, we briefly present the support services of the architecture.

A. Concepts

In this subsection we present the base concepts that are inherent to the proposed architecture.

1) Workflow and Types of Service Delivery

We assume that a requested service can be decomposed in simpler services that are delivered by several Public Administration branches. All services (simple or complex) are

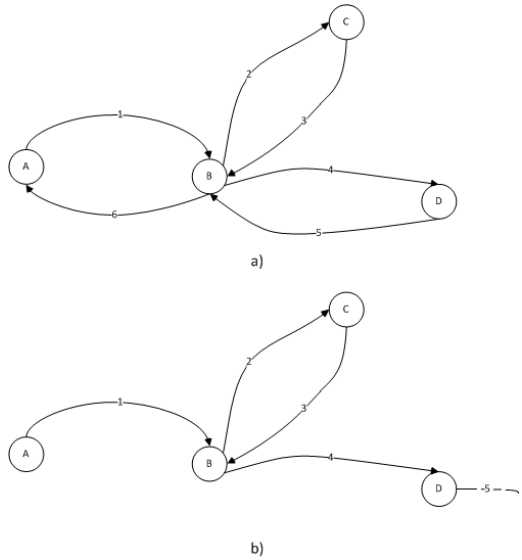


Figure 1. Workflow approaches: (a) the service provider B manages the workflow and sends feedback to the requester A; or (b) the service provider B handles part of the workflow and delegates another part of it to other agents (D, in the example)

assumed to be delivered by agents. We call the process of delivering a service a workflow.

The delivery of a composed service may have two approaches (see Figure 1); both of them will be used in the architecture: (a) the agent providing the service (agent B) receives the request, decomposes the service, processes it and sends the feedback to the agent (agent A) that requested the service; (b) the agent providing the service (agent B) receives the request, decomposes the service, processes it and delegates the remaining of the service delivery to other agent (agent D). Notice that workflows may be dynamically composed in both cases.

In the first approach (a) agent B has a pseudo full control of the workflow process. It is a pseudo full control since it is not aware of how agents C and D will deliver their part of the service. However, the addressee of the result is agent A, the one that requested it. In the second approach (ii) the responsibility of delivering a service is shared amongst agents. Notice that in the second case, the addressee may or may not be the agent that requested the service (agent A).

2) Forward and Backward Trust

One of the security measures that will be presented is related to the trust assessment of other agents by a given agent. This is done in two different situations and with different objectives. Bearing in mind that a set of entities will contribute to provide a service, we adapted the trust concept to two different contexts:

- Backward Trust – It is performed by an agent to assess trust on all the agents that participated previously in the workflow of a process for which it receives a request. In other words, the agent assess if the data that it will consume to deliver the service is trustworthy;
- Forward Trust – It is performed by an agent to assess trust on another agent that requests a result that was previously produced in the scope of a given workflow. This means that an agent assess the trustworthiness of the peer to whom it will deliver the produced data.

Both these concepts are of extreme importance to the architecture. The Backward Trust assessment will prevent the delivery of services based on unreliable data, which it is a risk due to the inherent architecture dynamism. The Forward Trust assessment will prevent the access to the produced results by agents that are not trusted or authorized to do so.

3) Synchronous and Asynchronous Service Delivery

The synchrony of the services provided by the architecture may depend upon a number of factors: if they require human intervention, if the necessary information is immediately available, if a software agent that should continue the workflow is online, etc. This is a limitation and an added complexity that should be handled by the architecture. The architecture was conceived to tackle all service requests in an asynchronous fashion. However, there are some exceptions since there are some special requests that must be processed synchronously, such as data and time stamping requests.

B. General description

As previously mentioned, the architecture is based on software agents and Web Services' technology. In we have a very simple representation of the architecture. Although simple, this representation is enough to observe how the architecture will be used to encompass several Information Systems from different branches of the Public Administration. In only the main message exchanges are represented. The remaining messages are omitted for sake of legibility. A representation of the communication messages exchanged between agents will be addressed later. Some of the ideas presented in this section were originally proposed by Dias and Rafael [3] in their interoperability architecture.

1) Agents

A brief analysis of the base architecture (see Figure 2) allows us to identify all the architecture constituents. The key components are the agents. As defined earlier a software agent is an autonomous, reactive and proactive application that is able to communicate with other software agents. In this particular case, the software agent is an application that provides services and takes its decisions based on a defined set of criteria.

Two typical types of behavior exist: (i) the agent acts as broker for the Local Information System (LIS), Agents A and C; (ii) the agent acts as an aggregator of services, Agent B, and uses the agents that can provide the results to fulfill the service request. Notice that any agent can have both behaviors.

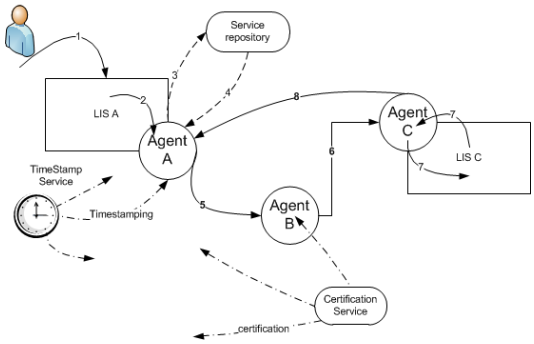


Figure 2. Basic architecture and generic service delivery representation

2) Communication

All the communication inside the architecture happens between agents. An individual LIS can only access the architecture through its agent. The communications between agents are made over HTTP, for addressing portability and heterogeneity support, and SSL/TLS, for addressing confidentiality, integrity control and source/data authentication. Agents publish their services on the Service Repositories; those services are invoked through the use of Web Services.

The invocation of a service originates standard message exchanges between agents. These messages are independent of the agents. Four types of messages are defined and described: Service Request; Result Request; Notification; Result Delivery. The fifth type of message (Acknowledge) is omitted since it is

used by the architecture as a mean to acknowledge the reception of a message.

Figure 3 represents the typical sequence of messages, the order in which they will be performed and the corresponding responses. The communication between two agents starts by a request for a service. This service request can originate a set of notifications that give notice of state changes in the service request, availability of results or even that the service cannot be delivered. Both these types of message (Service Request and

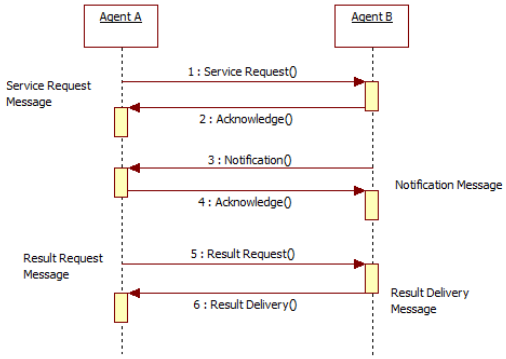


Figure 3. Typical message sequence

Notification) correspond to asynchronous services. Finally, the Result Request and the Result Delivery messages correspond to a synchronous service of requesting the result of a service already performed. Thus, results are only transmitted when explicitly requested by an agent. This is essential in the architecture, since the concrete addressee of the result may not be known when the result is produced, due to the fact that the workflow is dynamically composed, and results must be encrypted with the public key of that addressee. Information about previously produced results, and not the results themselves, is included in the Service Request.

C. Messages

In this subsection we present the types of messages that are exchange between agents.

1) Service Request

This type of message supports all the information required to request a service. The Service Request is composed of the data associated with the service to be requested such as the process identification, the time stamp, the requester signature, etc. At a given point in the service delivery process, messages of this type can have information about several services (resulting from service composition). This type of message also contains information about the requester and the addressee. In some cases, the outcome of a service request is returned in the form of a Notification and it is added to the message.

2) Notification

This type of message is used to notify an agent that a change of state in the process or an error occurred. It contains information about the service, the agent that is responsible for providing the service and the updated information.

3) Result Request

This type of message can only be used when a service has already been executed. The requested result is identified through the use of an URI. Information about the request that originated the Result Request and about the applicant of the Result Request are also part of this message type.

4) Result Delivery

This message is generated as a reply for a Result Request. The Result Delivery is composed of information relating the service requested, the agent that provided the service and the results of the service delivered.

D. Complementary data

In order to deliver the services in a secure way and to locate the services available throughout the architecture other data structures are needed. In this subsection we present these data structures.

1) Service Description

In order to be discovered and used, the software agents must publish their services in the service repositories. These service repositories respect the Universal Description, Discovery and Integration (UDDI) standard. The Service Description is based on the Web Services Description Language (WSDL) specification. This structure stores all the necessary information to be used in the architecture. It includes the identification of the service provider, as well as relevant information regarding the service delivery, such as data required and the service outcome.

2) Certificates

The certificates are a very important piece in the architecture; they hold the information that allows the agents to determine if an intervenient in the process is to be trusted or if it is authorized to perform an action. The scheme of the certificate structure is based on the RFC 5280. We added extensions that allow an agent to determine if another agent is authorized to access a service or its data or if it is trustworthy in order to take the best decisions in the name of the client.

3) Certification Authority

This data structure represents the Certification Authority relationship with the pair {entity, service} and is achieved with a certificate. This allows a Certification Authority to certify an Entity as a provider of several services. An {entity, service} pair may have several certificates, which indicate that an entity could be multi-certified to provide a service.

E. Support Services

In this subsection we present the services that support the architecture.

1) Certification Service

This service main function is the issuing of certificates and revocation lists. With the inclusion of this service, we intent for the architecture to be self-contained, which means that the architecture provides every service it needs to operate. The issuing of a certificate is pivotal for an agent to become a valid

member of the architecture, as only certified agents would be able to provide services.

2) Time-stamping Service

All the messages exchanged within the architecture are time stamped; this allows a temporal placement of the message generation and consequent traceability of the services requested. The Time-stamping service provides time stamps and keep a record of the time when the time stamp service was requested. This requires synchronization between the applications that provide this service and high levels of performance and availability.

3) Service Repositories

These repositories contain the description of the services provided by the agents. In fact, they are the faithful keepers of the Service Description data, resulting from the service publication by the agents.

IV. Discussion

In this section we make an approach to some of the most relevant aspects of the proposed architecture.

A. Known limitations

The architecture has some limitations, namely the lack of synchronous service delivery and the disperse history of a service request.

The lack of synchronous service delivery means that even the services that could be provided instantaneously will have a delay until being delivered. In these cases, this delay should be insignificant; however, the necessary time and resources are nonetheless greater. On the other hand, the availability of synchronous services would increase the complexity of the architecture, which is not desirable.

The last limitation is the disperse history of a service request; this is so since only the relevant messages to an agent are sent to it. Thus, each agent that participated in the delivery of a service will only have a partitioned view of the service delivery history. However, this limitation can be circumvented by explicitly requesting this data.

B. Relevant Positive Aspects

The exposed interoperability architecture has some limitations, as described earlier. Nonetheless it also has many strengths that should be highlighted. One of them comes from the fact that Public Administration agents or LIS can be temporarily unavailable. When this occurs, the architecture is able to determine the situation and act accordingly: it finds another agent that provides the same service and sends the request to this new agent. In other words, the platform has some time-limited resilience to faults of agents or LIS.

Another strength of the architecture is its inherent dynamism: two exactly alike services can be delivered by different service providers with equivalent results. This can occur since agents are autonomous and, although they may have static workflows, the choice for providers is conducted in accordance with criteria defined by the requesting agent and/or by the customer. This dynamism allows the agents to choose the less expensive paths, or the ones with the less time consumption, adapting the service delivery to the client needs.

One of our main concerns is security; this can be seen in the way messages are protected with SSL/TLS. Nevertheless, all the messages that are exchanged are encrypted with the public key of the addressee. This means that only the addressee agent can interpret it. The trust assessment in the architecture is another of the positive aspects since it allows to determine if the data produced until one point in time is acceptable, rejecting any data generated by untrusted agents, hence denying the service delivery.

Another added value is the fact that private vendors and Public Administration IT departments could develop their own version of the agents. Though, they must respect the basic conceptualization of the agents' architecture. This can allow a faster availability of online services. Furthermore, it opens up a new business opportunity allowing developers to implement their own workflows in order to provide better and faster services.

C. Fulfillment of the requirements

Previously we have established a set of requirements that we believe are fundamental to interoperability architectures for e-Government: mutability, adaptability, versatility and security. In this subsection we will demonstrate that the proposed architecture meats these requirements.

The architecture is by design mutable and adaptable since it allows the addition/removal of services by publishing/unpublishing them in the Service Repositories. Furthermore, the agents are added to the architecture through the publishing of at least one accredit service or are removed as a consequence of unpublishing all its accredited services from the Service Repositories.

Every Public Administration branch or private entity that wishes to publish a service in the architecture is allowed to do so. The usage of the service is dependent upon the certification of the pair {service, entity}. As shown throughout the description, the agents take their decisions independently of the agents that provide the service, because they are solely dependent on the workflow that should be followed. The choice of the agents that would give sequence to the service provision is only dependent on the criteria defined by the requesting agent or client. This allows the creation of different paths towards the delivery of two exactly alike services.

Security is without doubt the main feature of this architecture; let us analyze each of the six requirements identified previously:

- Authentication – this requirement is fulfilled partly outside the architecture with the authentication of the client by the LIS that passes this information to the associated agent. Additionally, agents and service repositories are also authenticated. This is accomplished in the beginning of the communication between two agents where they trade digitally signed and encrypted messages that can only be interpreted by the participant agents.

- Authorization – this requirement is accomplished by two agent components that provide authorization and trust assessment. One assesses both trust and authorization of all actors involved in the process until that point; the other assesses the trust and authorization of the agent that requests the data. Agents should respect authorization restrictions before transferring requests to the LIS or processing them in any way. Since each LIS has its own specific authorization requirements, this is a very macro validation. The micro validation should be made by the associated LIS by imposing their specific security requirements. Trust is also assessed in the referred agent components. Only if the participants in a given service delivery respect the trust restrictions imposed by the service, the data they produce is trusted. Another point that deserves reference is the fact that the results of a given service do not circulate over the network unless explicitly requested (Result Request) and access to data will only be granted if the requester is authorized and trusted.
- Confidentiality – as previously mentioned, the communication is made over HTTP and SSL/TLS, which assures the confidentiality of eavesdroppers on the network. However, this does not assure that agents cannot access data that is not meant for them. To resolve this issue, messages' items are also encrypted, which is done through the use of the public key of the recipient agent.
- Traceability – as stated previously the traceability of a given service is assured, although the relevant data is scattered throughout the agents that participated in the service delivery. The time stamps also have a critical part in the fulfillment of this requirement, they allow the temporal placement of each state change of the service delivery.
- Integrity and Non-Repudiation – these requirements are assured by digital signatures; each message is digitally signed. Furthermore, there are message items that must also be digitally signed. In one hand, the digital signature makes it easy to determine if a message was tampered with, on the other hand it assures that the data was generated by the entity that signed it.

V. CONCLUSIONS AND FUTURE WORK

One of the main objectives of the proposed architecture was the provisioning of integrated services in a secure way. It was also our intention to define an architecture that could evaluate the trust in all the agents that participate in the generation of the data in the scope of a given service request. The architecture also implements added security measures, namely the fact that the results generated do not automatically leave the agent/LIS that generated them. Instead, this data can be obtained through an explicit request. This request is, nevertheless, submitted to an authorization and trust assessment before being satisfied.

The architecture has a set of identified limitations. The lack of synchronous service delivery may have impact in the time spend before the service being delivered. However, we estimate that the extra time can be neglected and that the gain in simplicity can recoup the added time. The dispersion of the service provision history is another of the limitations, because the participating agents only have access to the information that is relevant to them. Nevertheless, this data can be explicit requested to the participating agents, allowing the reconstruction of the service history when necessary.

This design will allow the creation of agents by different vendors, Public Administration branches, private entities, etc. This allows a rapid development and availability of new services and the presence of new entities in the architecture. The usage of Web standards allows a rapid dissemination and facilitates the communication between agents. One of the main advantages of the architecture is the built-in PKI. On one hand, this facilitates the access to the set of Certification Authorities that collaborate to deliver the certification service and that allow the insertion of new entities and services in the framework. On the other hand, this certification can be done in a rigorous way, assuring that agents and their respective entities are validated before being certified.

The proposed architecture fulfills all the addressed requirements. In the future we intend to further validate the proposed architecture by implementing a prototype using an existing platform of agents and by simulating a set of use cases collected for this purpose.

REFERENCES

[1] Public Management Service, "E-Government: Analysis framework and methodology", Organization for Economic Co-Operation and Development Website, 2001.

[2] D. Holmes, eGov: E-Business Strategies for Government, London: Nicholas Brealey, 2001.

[3] G. P. Dias, and J. A. Rafael, "A simple model and a distributed architecture for realizing one-stop e-Government", Electronic Commerce and Applications, vol. 6, no. 1, 2007, pp. 81-90.

[4] J. Kolter, R. Schillinger, W. Dobmeier, and G. Pernul, "An architecture integrating semantic e-Government services", in Proceedings of 5th International eGovernment Conference, Krakow, Poland, Trauner Druck, 2006.

[5] M. Greunz, B. Schopp, and K. Stanoevska-Slabeva, "Supporting market transaction through XML contracting containers", in Proceedings of 6th Americas Conference on Information Systems, Long Beach, 2000.

[6] M. Luck, R. Ashri and M. D'Inverno, Agent-Based Software Development.Norwood, MA: Artech House, 2004.

[7] F. Arcieri, F. Fioravanti, E. Nardelli, and M. Talamo, "A layered IT infrastructure for secure interoperability in personal data registry digital government services", in Proceedings of 14th International Workshop on Research Issues on Data Engineering: Web Services for E-Commerce and E-Government Applications, New York, 2004, pp. 95-102.

[8] M. Caloyannides, D. R. Copeland, G. H. Datesman Jr., and D. S. Weitzel, "US – e-government authentication framework and programs", IT Professional, vol. 5, no. 3, 2003, pp. 16-21.

[9] J. Joshi, A. Ghafoor, W. G. Aref, and E. H. Spafford, "Digital government security infrastructure design challenges", vol. 34, no. 2, 2001, pp. 66-72.

V2G Smart System: Sistema Inteligente de Gestão dos Carregamentos dos Veículos Eléctricos

João C. Ferreira
ADEETC - ISEL
Lisboa, Portugal
jferreira@deetc.isel.ipl.pt

Vítor Monteiro e João Afonso
DEI – Universidade do Minho
Guimarães, Portugal
{vmonteiro e jla}@dei.uminho.pt

Abstract— **Tratando-se do próximo grande passo na evolução da indústria automóvel, os veículos eléctricos (VEs) continuam a apresentar limitações de autonomia, associando-se a esta limitação tempos de carregamento muito alargados, poucos pontos de carregamento e redes eléctricas inteligentes muito embrionárias. Neste contexto exige-se aos condutores um planeamento muito rigoroso da utilização diária do VE. Assim, neste trabalho é apresentado um sistema de informação que pretende ajudar o condutor na utilização diária do seu VE, minimizando o problema da ansiedade de alcance de objectivos através do controlo contínuo da autonomia do veículo e da apresentação atempada de informação relevante relacionada com os carregamentos, permitindo também armazenar as transacções feitas para posterior analise. De igual forma, tendo em conta as limitações da rede de distribuição eléctrica e de acordo com o número de VEs a necessitarem de carregamento é proposto um modelo de gestão de carregamento dos VEs usando para o efeito as infra-estruturas existentes.**

Keywords: Veículos Eléctricos, Modelo de Simulação, Carregamentos Inteligentes, Modelo de Gestão

I. INTRODUÇÃO

O novo paradigma de mobilidade criado pelo veículo eléctrico (VE) e o estado actual de desenvolvimento de sistemas de informação, principalmente na área de dispositivos móveis, tornam evidentes as vantagens do desenvolvimento de um sistema que responda às necessidades específicas dos condutores deste tipo de veículos, não limitando, no entanto, o âmbito dos serviços que pode disponibilizar. A Fig. 1, ilustra alguns dos problemas que a nova realidade dos mercados de energia 'abertos' e o uso do VE podem trazer aos condutores. Assim, é normal que os condutores de VE pensem em questões relacionadas com a sua autonomia, ou seja, "Quantos quilómetros pode percorrer sem necessidade de um novo carregamento das baterias?", "Quando estiverem fora de casa onde poderá efectuar o carregamento?", "Quanto tempo demora o carregamento?", "A que preço está a energia eléctrica?" Todas estas questões deixam certamente apreensivo o utilizador de um carro a gasolina na hora de adquirir um VE, no entanto, algumas delas podem ser respondidas pelos fabricantes dos VEs, como por exemplo, a carga máxima da bateria e a autonomia que proporciona ao veículo, todavia, é pouco cómodo para um condutor estar a fazer contas de cada vez que pretende sair com o seu veículo. Outras questões, como: "Onde carregar o seu veículo?" não terá resposta tão simples, obrigando o condutor a uma pesquisa para saber onde poderá carregar o seu automóvel durante a viagem que pretende fazer, e recalcular o tempo que normalmente demoraria na viagem em função do tempo que necessite para efectuar o carregamento das baterias.

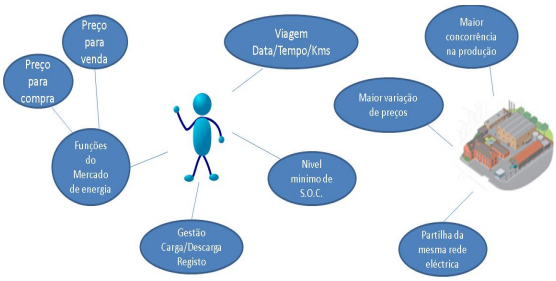


Fig. 1: Principais informações para os proprietários de VEs.

Tendo em conta esta realidade que está para emergir, o presente trabalho, propõe o desenvolvimento de um sistema centralizado, onde o condutor terá de aceder para obter toda a informação relativa ao seu veículo, de modo a programar a sua viagem sem percalços. É de igual forma objecto de estudo o carregamento dos VEs tendo em conta a localização geográfica e as consequentes limitações da rede de distribuição eléctrica. Não é difícil imaginar um cenário em que as solicitações de energia à rede atinjam o seu limite, pois se para além de todos os aparelhos eléctricos que a maioria das pessoas utiliza todos os dias em casa, ainda juntarmos um ou mais VEs, multiplicando pelos moradores de um mesmo bairro, e pelos diversos bairros de uma área urbana, dificilmente com as actuais infra-estruturas eléctricas se poderá dar resposta a todas as solicitações de energia. Neste contexto, em [1] são apresentados métodos de simulação para avaliação do impacto de VEs em redes de distribuição, e em [2] é descrito o valor destes veículos como suporte à operação da rede eléctrica.

II. *VEHICLE-TO-GRID (V2G) SMART SYSTEM*

Na Fig. 2 está representada uma visão de alto nível sobre a arquitectura do conceito *Vehicle-to-Grid (V2G) Smart System*, na qual se destacam 6 módulos principais. De referir que o sistema *V2G Smart System* comunicará com o Sistema de Gestão das Baterias (*BMS – Battery Management System*), recebendo e transmitindo informação em modo texto.

Tendo em conta que o BMS não é objecto de estudo neste trabalho, no desenvolvimento deste protótipo procuraremos abstrair-nos ao máximo deste problema, assumindo a existência de uma camada genérica responsável pelas comunicações, que sendo um módulo possível de integrar no *V2G Smart System*, não será por nós desenvolvido no âmbito deste trabalho. Assim, foi considerado que essa camada de comunicação passará ao *V2G Smart System* informação em formato XML, pronta a ser processada pelo nosso sistema.

Apesar de existirem diferentes topologias de BMS [3], [4], com diferentes características e diferentes funções, num sistema BMS tradicional, existem diversos módulos *slaves* (no máximo um por bateria) e um módulo *master*. Assim, assumindo este modelo de BMS, através do módulo *master*, que comunica com cada um dos módulos *slave*, é possível: (1) Efectuar protecção individual de cada bateria; (2) Controlar o carregamento e descarregamento; (3) Determinar o estado de carga de cada bateria (*SoC – State of Charge*); (4) Determinar o estado de "saúde" de cada bateria (*SoH – State of Health*); (5) Realizar o balanceamento de carga entre todas as baterias; (6) Fazer um histórico de cada bateria com as diferentes informações obtidas e referenciadas anteriormente; (7) Processar informação e efectuar comunicações entre o módulo *master* e cada módulo *slave*, e também entre o módulo *master* e o sistema geral de controlo do VE. É neste contexto que está integrado o *V2G Charging System*, como plataforma de interface entre o utilizador do VE e o sistema geral de controlo do VE, nomeadamente o BMS. Como referido anteriormente, a comunicação entre estes sistemas é através de informação em modo texto, e no caso em estudo neste trabalho é assumido que a informação está em modo XML.

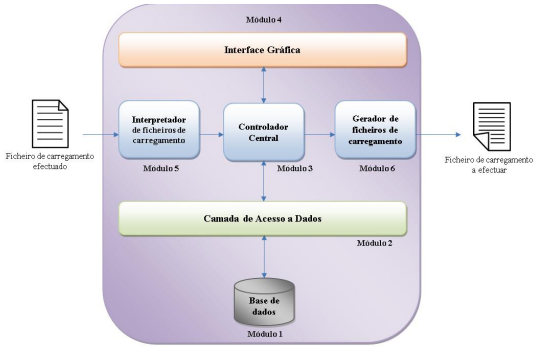


Fig. 2: Arquitectura do *V2G Smart System*

A. *Base de Dados*

O Módulo 1 corresponde à base de dados que será necessário criar para armazenar toda a informação persistente para dar suporte às diversas funcionalidades da aplicação. Nem toda a informação gerada e manipulada na aplicação será necessariamente persistente, havendo dados que apenas importam guardar durante um curto período de tempo ficando alojados apenas na memória da aplicação e não na base de dados.

B. *Camada de Acesso a Dados*

Este módulo tem como objectivo a abstracção do armazenamento físico dos dados, de forma a não comprometer a Lógica da Aplicação com a implementação da Base de Dados, desta forma, caso haja uma alteração na Base de Dados, como por exemplo, uma troca de SGBD (Sistema de Gestão de Base de Dados), apenas será necessário implementar uma nova versão desta camada.

C. *Controlador Central*

O Módulo 3 será o Controlador Central da aplicação. É neste módulo que se insere toda a lógica da aplicação, distribuída por: (1) **Gestor de Perfis** – um utilizador pode definir um ou vários perfis de carregamento para cada um dos veículos por ele registados. A título de exemplo, um utilizador pode indicar ao sistema que utiliza o seu veículo para se deslocar todos os dias úteis e a uma determinada hora para o seu emprego, percorrendo X quilómetros, e regressando ao final do dia, altura em que carregará novamente o seu veículo. Pressupondo que o veículo carrega em quatro horas mas está ligado ao sistema durante oito horas, em parte do tempo em que não está a carregar, o veículo poderá fornecer energia à rede eléctrica, assumindo assim um papel de fornecedor de energia, com o sistema a assegurar que o nível de carga da bateria nunca será inferior às necessidades indicadas pelo perfil do utilizador; (2) **Gestor de Utilizadores** – módulo responsável pelo registo de utilizadores e dos seus automóveis, para além de permitir o registo, edição e remoção, é ainda responsabilidade adicional deste módulo a verificação da identidade do utilizador e da propriedade dos veículos registados (através do cruzamento de dados recebidos do utilizador com os dados das entidades competentes), e realizando periodicamente a limpeza de utilizadores catalogados como "*spam*" da Base de Dados. É também responsabilidade deste módulo a função de *login* na aplicação; (3) **Gestor de Rede de Energia** – Responsável pela elaboração das médias de consumo em cada área geográfica da rede, assim como pela interacção com a rede de energia, isto é, avaliando as solicitações de energia à rede de forma a prevenir ocorrência de sobrecargas, no entanto, apenas será possível se for previamente conhecida a topologia da rede eléctrica em que se está inserido, que poderá variar de forma considerável, em função das características geológicas da zona, de limitações económicas, requisitos de segurança ou capacidades de carga e produção. Por norma é adoptado um de dois tipos de topologia de rede eléctrica: radial ou interligada. Neste módulo, para efeitos de simulação serão apenas consideradas as redes de topologia radial. Desta forma, conhecendo a capacidade energética da subestação, saberemos que os pedidos simultâneos de vários nós terão de estar sempre abaixo da capacidade da subestação, de forma a não ocorrer uma sobrecarga da rede; (4) **Conta Virtual** – este módulo será responsável pelas operações e registo dos movimentos, de compra e venda de energia eléctrica, na conta virtual do utilizador; (5) **Gestor de Informação das Baterias** – neste módulo será processada toda a informação relativa às baterias (nível de carga em cada momento, desgaste, …). Através de cálculos relativamente simples poderemos ainda prever o tempo de carga de um VE e a energia que este poderá dispensar sem que a sua autonomia diminua

consideravelmente, como por exemplo: o *Nissan Leaf*, que será ao que tudo indica, o primeiro VE a ser comercializado de forma alargada em Portugal, terá uma capacidade de armazenamento de energia de 24 kWh, dando-lhe uma autonomia (com condução relativamente cuidada) de cerca de 160 km. A carregar este carro numa tomada normal, de 230 V – 16 A, e desprezando perdas e outros factores, teoricamente, as baterias poderão ser carregadas com uma potência de 230V x 16A = 3,68 kW. Deste modo, se as baterias estivessem totalmente descarregadas, o que nunca deve acontecer, pois tal comprometeria a vida útil das mesmas, seriam necessárias 24 / 3,68 = 6,5 horas para as carregar. Desta forma, por exemplo, as baterias poderiam fornecer para a rede eléctrica uma potência de 10 kW durante meia hora, fornecendo 10 x 0,5 = 5 kWh de energia nessa meia hora. Ou seja, na prática as baterias diminuíam a energia armazenada de 24 kWh para 19 kWh, e o carro continuaria a ter energia suficiente para a viagem de regresso a casa sem problemas; (6) **Informações Úteis** – este módulo será responsável pela recolha de informação interior e exterior à aplicação e a sua apresentação ao utilizador. Por informação exterior entende-se informação de conteúdo dinâmico disponível *online*, em formato XML. Assim, para a página inicial da aplicação inspirámo-nos nas actuais redes sociais (*Facebook*, *Hi5*, *Twitter*, etc), que tipicamente apresentam uma secção central onde se podem ver as últimas "novidades" dos nossos amigos. Transportando esta ideia para a realidade do *V2G Smart System* percebeu-se que seria também interessante na *homepage* poder ver as últimas actualizações do mercado de energia, conhecer os últimos desenvolvimentos tecnológicos no armazenamento de energia, novidades do mercado automóvel, etc., de uma forma simples e prática. Ainda no capítulo das informações relevantes para o condutor de um VE surgem estatísticas, como a comparação com os preços dos combustíveis, e as horas de maior procura de energia por parte dos consumidores, tornando-se fundamental a inclusão de uma página dedicada a essas estatísticas, para conferir ao utilizador uma melhor noção das vantagens de utilizar este sistema.

Em relação aos relatórios, são criados para que o utilizador possa visualizar o historial (guardado em base de dados) que os seus perfis de carregamento geraram, tirando conclusões para futuras redefinições nos perfis caso hajam vantagens. Este módulo tem ainda como um dos principais objectivos manter o sistema sempre actualizado em relação aos preços do mercado de energia. Para consulta em tempo-real dos preços da energia deverá existir um *site* que forneça "*feeds*" RSS directamente relacionados com os produtores de energia eléctrica, no qual hajam informações relevantes como os preços e capacidade de fornecimento de energia numa dada altura. Estudos revelam que as condições meteorológicas [5], [6], [7] têm influência na produção de preço da energia. Por exemplo, tendo em conta as fontes de energia renováveis, sabe-se que um determinado aumento da temperatura se reflecte num aumento do preço da energia, assim como ventos fortes possibilitam maior geração de energia eólica, e consequente diminuição no preço dessa energia. Desta forma, uma correcta avaliação das condições meteorológicas permitirá ao sistema fornecer ao utilizador uma previsão da variação do preço da energia a curto prazo. Para proporcionar ao leitor a consulta de notícias e informações exteriores deverão igualmente existir *sites* que forneçam "*feeds*" RSS possuindo essa informação.

D. Interface Gráfica

Como em qualquer aplicação *web* será necessário definir uma interface com o utilizador. Esta interface deve ser o mais independente possível da Lógica da Aplicação, de forma a possibilitar a implementação de diferentes interfaces gráficas (diferentes estéticas) sem ter de se alterar o resto da aplicação. Nesse sentido, existe a possibilidade de duas interfaces distintas, uma destinada a ser visualizada num computador *desktop*, e uma segunda direccionada a um dispositivo móvel.

E. Interpretador de Ficheiros de Carregamento Efectuado

Faz a leitura e a interpretação dos ficheiros de carregamentos efectuados, disponibilizados pelo BMS, dotando o *V2G Smart System* de uma camada de abstracção em relação ao formato do ficheiro. Nesse sentido, deverá ser implementado um sub-módulo para cada formato de ficheiro existente. Embora o formato do ficheiro não seja conhecido, foi necessário definir que informação relevante o ficheiro deve conter. Assim, concluiu-se que no ficheiro deve estar contida a seguinte informação: (1) Hora de início do carregamento; (2) Capacidade inicial das baterias; (3) Energia fornecida às baterias; (4) Capacidade final das baterias; (5) Hora de fim do carregamento. Embora pudesse ser útil obter outras informações considerou-se que estas seriam as informações razoáveis/expectáveis de obter através de um BMS comum.

F. Gerador de Ficheiros de Carregamento a Efectuar

É responsável pela criação dos ficheiros de carregamento a efectuar, baseando-se na informação fornecida pelo Gestor de Perfis, que obtém através do Gestor Central, e que constituem o *output* do *V2G Smart System*, para ser utilizado pelo BMS. Tal como realizado para o ficheiro de *input*, foi necessário definir que informação faria sentido incluir no ficheiro de *output*, pelo que se concluiu que deveria conter o seguinte: (1) Hora para iniciar o carregamento; (2) Nível mínimo do estado de capacidade; (3) Possibilidade de comprar energia; (4) Possibilidade de vender energia.

III. REDE DE DISTRIBUIÇÃO ELECTRICA

As redes de distribuição de energia eléctrica possibilitam o escoamento da electricidade recebida da rede de transporte através das subestações e conduzem a electricidade até às instalações que a consomem. Em Portugal Continental, a actividade de distribuição é efectuada maioritariamente por uma empresa – a EDP Distribuição – e também por algumas cooperativas de distribuição de energia eléctrica em Baixa Tensão.

Para garantir uma operação segura e controlada, os elementos da rede de distribuição são compostos, entre outros, por geradores, circuitos de comando, circuitos de corte, seccionadores e disjuntores. A tensão, a potência, a frequência, o factor de carga e a capacidade do sistema de transmissão são desenhados para fornecer uma prestação economicamente eficiente aos clientes. Quanto à estrutura ou topologia da rede, esta pode variar consideravelmente. O desenho é muitas vezes moldado de acordo com o terreno e a sua geologia. A lógica da

topologia pode variar dependendo de limitações económicas, requisitos de segurança do sistema e características da carga e da produção. Usualmente, dois tipos de topologia de rede são adoptados: radial ou interligada. Uma rede radial envia a sua energia de uma subestação para os pontos de entrega sem ligação a nenhum outro ponto de abastecimento. Esta configuração é usualmente utilizada em extensas áreas rurais com áreas isoladas de carregamento. Esta é a topologia mais simples e económica para uma rede de distribuição ou transmissão. Num formato em árvore, a energia vinda de grandes fontes de produção radia progressivamente para linhas de tensão mais baixa até chegar aos consumidores finais. Assim, tendo em conta a rede de distribuição do local em estudo, fez-se a geo-referenciarão manual e passou-se para um grafo geo-referenciado usando uma ferramenta de grafos desenvolvida localmente.

IV. SISTEMA DE *TRACKING*

Num projecto de final de curso no ISEL – Instituto Superior de Engenharia de Lisboa [8], foi desenvolvida uma aplicação de *tracking* dos movimentos de condutores em modo *offline*, para evitar custos de comunicação para os condutores. Os princípios gerais desta aplicação encontram-se ilustrados na Fig. 3.

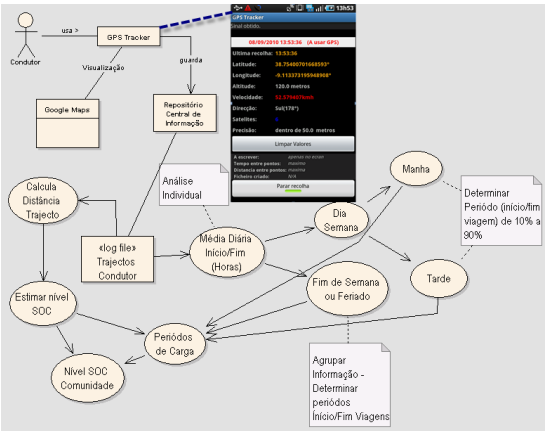


Fig. 3: Principios geral da aplicação Sistema de *Tracking*.

A aplicação designou-se por *GPS Tracker* e foi concebida para ser utilizada em dispositivos móveis, como o PDA, que possuam o sistema operativo *Android 1.6* ou superior. O objectivo desta aplicação é criar ficheiros GPX com o registo dos dados GPS (nomeadamente: latitude, longitude e velocidade instantânea) relativos aos percursos efectuados pelo utilizador. A localização geográfica do utilizador pode ser obtida através do dispositivo de GPS, da informação que chega ao PDA disponibilizada pelas antenas celulares, ou então via Wi-Fi. É possível a configuração de alertas/avisos relevantes, que entram em funcionamento, por exemplo, quando o número de ficheiros GPX armazenados ultrapassa o número definido pelo utilizador. Também é possível activar ou desactivar a opção de guardar os dados recolhidos num ficheiro GPX, escolher o intervalo de tempo assim como a distância máxima entre a recolha de dados GPS. O sistema permite consultar estatísticas sobre o percurso realizado, nomeadamente: (1) Duração do percurso efectuado; (2) Distância total percorrida; (3) Velocidade média; (4) Data e hora do percurso efectuado. O sistema permite também apresentar todos os parâmetros anteriores para a totalidade dos percursos do utilizador, obtendo assim a os valores médios totais.

V. METODOLOGIA DA SIMULAÇÃO

De forma a estudar o consumo energético de diferentes tipos de famílias, bem como o impacto da integração dos VEs na rede de energia eléctrica, foi implementado o modelo de simulação descrito neste item. Este modelo recebe informação relativa ao agregado familiar, a sua potência contratada e a rede de distribuição em causa, em paralelo com informação de um sistema de *tracking* que fornece as horas de partida/chegada a casa dos consumidores. Na posse desta informação são estudados os hábitos de consumo e obtidos os perfis para cada tipo de família.

Agregado Familiar – Consideraram-se três tipos de família compostas da seguinte forma: (1) Família Grande: dois adultos e duas crianças; (2) Família Média: dois adultos e uma criança; (3) Família Pequena: um ou dois adultos.

Potência contratada – Para os clientes em Baixa Tensão Normal (BTN), a potência contratada é definida por escalões e as instalações possuem um dispositivo (disjuntor) de controlo da corrente consumida pelas cargas da instalação. A potência contratada define o valor instantâneo máximo de potência eléctrica que essa instalação pode receber. O valor da potência contratada e o dimensionamento da instalação eléctrica estão intimamente ligados, assim como também o dimensionamento da rede eléctrica mais próxima da instalação.

A. Modelo de recolha de dados de consumo

Os hábitos de consumo são estudados com base em dois factores: (1) Quais os equipamentos utilizados pelos consumidores; (2) Qual o consumo energético desses equipamentos. De modo a saber quanto consome cada equipamento, utilizaram-se os dados que constam no simulador de potência a contratar da ERSE (Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos) [9] e obtiveram-se as seguintes tabelas de valores médios de potência máxima por electrodoméstico. Posteriormente foram realizados um conjunto de inquéritos na região de Lisboa, tendo sido escolhidas cinco famílias pequenas, cinco famílias médias e cinco famílias grandes que cumprissem os seguintes pré-requisitos: (1) Disponibilidade para preenchimento do questionário; (2) Fiabilidade nos dados fornecidos; (3) Número de pessoas do agregado familiar de acordo com o grupo de estudo associado; e (4) Rotina diária constante. A cada família foi entregue uma tabela (para maior detalhe ver referencia [10]) onde deveriam anotar para cada hora (de 0 a 23), o equipamento que utilizaram e a quantidade (para o caso das lâmpadas). Durante uma semana, todos os dias de segunda-feira a domingo, cada utilizador preencheu o relatório dos seus consumos. Posteriormente, para cada tipo de família foi estabelecido um valor médio de consumo entre os cinco utilizadores, a fim de obter resultados indicativos por hora e por família, resultando assim *templates* de consumo por família.

VI. A APLICAÇÃO *V2G SMART SYSTEM*

A aplicação *V2G Smart System* foi desenvolvida com base na *framework ZK*, *Java* e numa Base de Dados. Para criação da Base de Dados, decidiu-se que o SGB a utilizar seria o *MySQL Server 5.1*, pesando na escolha o facto de ser uma tecnologia *open source*. No desenvolvimento da camada de Acesso a Dados e da camada Lógica da Aplicação, optámos pela linguagem *Java*. Todas as interfaces gráficas foram criadas com base no *Framework ZK* [11], que facilita o desenvolvimento de aplicações *web* com *Ajax*, tendo ainda a vantagem de ser, também, *open source*. O ambiente de desenvolvimento a utilizar no sistema foi o *Eclipse* com o *plug-in ZK* integrado. O detalhe da implementação encontra-se em [12]. Uma aplicação *web* pressupõe a definição de um conjunto de páginas com uma relação directa ou indirecta entre si. Nesta secção será ilustrado o funcionamento da aplicação, cujos principais menus estão apresentadas na Fig. 4.

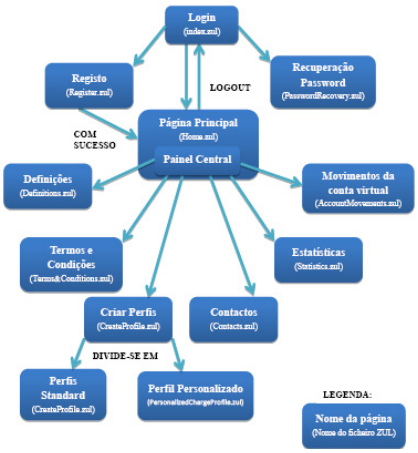


Fig 4: Menu da aplicação *V2G Smart System*.

O *V2G Smart System* é uma aplicação que visa servir qualquer tipo de condutor de VEs ou híbridos, sendo portanto um sistema flexível possível de ser usado tanto por condutores profissionais, tais como condutores de transportes públicos, ou de transporte de mercadorias, que fazem do automóvel a sua principal ferramenta de trabalho, como por condutores comuns que utilizam o automóvel apenas como meio de transporte. Esta flexibilidade está no entanto fortemente dependente da definição de perfis por parte do utilizador. Na Fig. 5 está apresentado o ecrã principal da aplicação *V2G System Smart*.

No momento da criação de perfil, o utilizador deve introduzir os seguintes dados do veículo: marca, modelo, número de chassis e matrícula, como ilustrado na Fig. 6. Neste momento o utilizador pode também já definir um perfil de carregamento para o VE que está a registar, como apresentado na Fig. 7. Suponhamos que o utilizador pretende definir um perfil para o seu carro de serviço, ou seja, o carro que utiliza para se deslocar para o seu trabalho todos os dias (Semana Total). Por exemplo, o utilizador indica ao sistema que pretende vender energia quando o seu preço for igual ou superior a 0.90 € e pretende comprar quando o preço estiver abaixo dos 0.85 €. Indica ainda que pretende sair de casa as 8h:30m e regressar às 18h:30m fazendo um total de 85 Km. Estas informações permitem ao sistema gerir o tempo e o nível de carga de bateria do veículo em função das necessidades do utilizador.

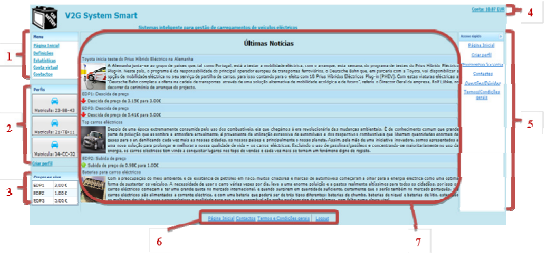


Fig 5: Ecrã principal da aplicação onde: (1) Neste menu a ideia é oferecer ao utilizador um menu fácil e simples para que possa aceder ao itens fundamentais e mais regularmente acedidos. Neste menu é possível aceder à página inicial, definições, estatísticas, conta virtual, contactos e rede eléctrica, que serão apresentadas e explicadas de forma mais detalhada posteriormente; (2) Estado da bateria: Saber qual é o estado na bateria de um certo VE num dado momento; (3) O utilizador pode consultar todos os perfis que definiu e fazer a criação de novos. Cada perfil corresponde a um botão que para além de ter a informação da matrícula do veículo, o utilizador caso passe com o rato por cima do respectivo botão poderá ver a marca e modelo do veículo, tal como podemos observar no segundo perfil, trata-se de um *Kia Venga*; (4) Preços de energia do mercado, nesta tabela são apresentados ao utilizador os preços actuais ("*live*") de cada um dos fornecedores de energia eléctrica. Para a construção desta tabela, e tal como referido anteriormente, as informações são obtidas através dos RSS fornecidos por uma entidade que contém essa funcionalidade; (5) Saldo da conta virtual. Este é um *link* que redirecciona para a mesma página que o *link* do menu principal chamado "Conta virtual", ao qual podemos aceder aos movimentos e efectuar operações de depósito/levantamento; (6) Um menu de *links* muito simples, que redirecciona para as seguintes páginas com as seguintes funções: página principal; a criação de um novo perfil; a visualização dos movimentos da conta virtual do utilizador; os contactos do *site*; tirar dúvidas, dar sugestões; observar os termos e condições gerais do *site*; (7) Menu de *links* directos para a Página Inicial, Contactos, Temos e Condições gerais, e a opção de fazer *i* da sessão; e (8) Zona onde é dado a conhecer ao utilizador, as últimas notícias relacionadas com a energia eléctrica, que poderá noticiar o surgimento de novos veículos, novos desenvolvimentos tecnológicos, novas experiências, variação de preços no mercado de energia.

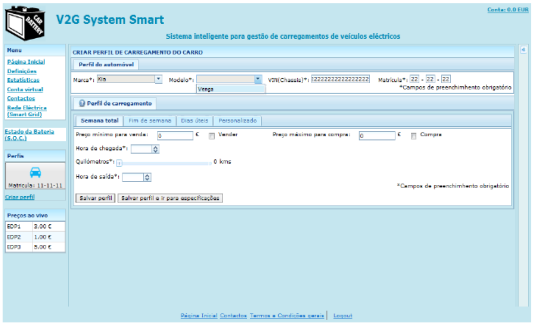


Fig. 6: Menu de criação do perfil da aplicação V2G Smart System.

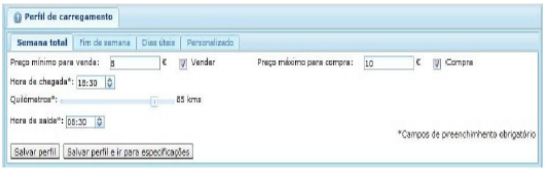


Fig. 7: Criação do perfil de carregamento para o VE.

Outra das possibilidade que o utilizador tem para definir o perfil de carregamento para além da “Semana Total”, é o “Fim de Semana”, “Dias úteis” e “Personalizado”. Os três primeiros tipos de perfil são todos idênticos, mudando só os dias da semana. Já no perfil “Personalizado” poderá ser definido um perfil diferente para cada dia. Em qualquer altura o utilizador pode também consultar os gastos/lucros que efectuou com os últimos carregamentos - Fig. 8. A página de Conta Virtual pode ser acedida através do menu principal ou clicando no saldo que aparece no canto superior direito do ecrã.

Fig. 8: Movimentos da conta virtual (AccountMovements.zul)

Através desta página pode ser ainda fornecido ao sistema um número de cartão de crédito e o montante que o utilizador pretende disponibilizar para carregamentos. Da mesma forma pode especificar um número de cartão no qual devem ser carregados os seus lucros. Na Fig 9, é apresentada a consulta dos consumos energéticos feitos pelos diversos condutores dos VEs, a qual é de interesse para os fornecedores de energia onde estes poderão consultar as médias de consumo, filtradas pela área geográfica: distrito e concelho. Através da análise da tabela central será mais fácil perceber quais as horas do dia em que os utilizadores mais carregam os seus veículos, sendo possível ao fornecedor inferir sobre a quantidade de energia que deverá conseguir disponibilizar em determinados períodos em detrimento de outros. O condutor de igual forma pode observar estes resultados e assim redefinir os seus perfis de carregamento de maneira a que fiquem mais rentáveis em todos os aspectos.

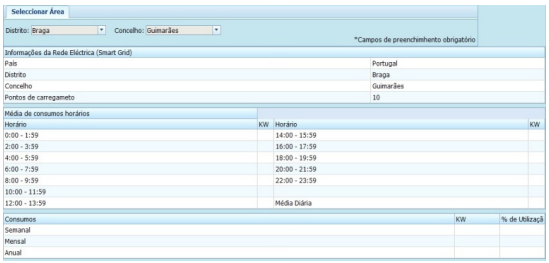


Fig. 9: Consulta dos consumos energéticos médios pela rede eléctrica.

VII. Conclusões

A adopção massiva de VEs estará restringida a limitações da rede de energia eléctrica se não forem adoptadas medidas adicionais. Uma estrutura de controlo hierárquica poderá lidar com este problema, permitindo a integração de uma maior número de VEs e evitando investimentos monetários no reforço da rede de energia eléctrica. Assim, neste trabalho foi proposto num sistema *web* para centralizar a informação e a gestão dos carregamentos dos VEs, gerando diversos tipos de relatórios. A análise de dados de consumo permite melhor os comportamentos dos condutores dos VEs e assim adaptar os sistemas.

O presente trabalho ilustra de igual forma a colaboração existente entre o GEPE – Grupo de Electrónica de Potência e Energia (GEPE) da Universidade do Minho, com experiencia no desenvolvimento de sistemas de carregamento de VEs [13], com o grupo do ISEL, GIAA – Grupo de Investigação em Ambientes Autónomos e a sua experiencia no desenvolvimento de sistemas de informação inteligentes.

Agradecimentos

Os autores agradecem à FCT (Fundação para a Ciência e a Tecnologia) e ao Programa MIT-Portugal, pelo financiamento do Projecto MIT-PT/EDAM-SMS/0030/2008.

References

[1] L.Zhao, S.Prousch, M.Hubner, A.Moser, "Simulation Methods for Assessing Electric Vehicle Impact on Distribution Grids," IEEE PES Transmission and Distribution Conference and Exposition, pp. 1, 19-22 April 2010.

[2] T.Markel, M.Kuss, M.Simpson, "Value of plug-in vehicle grid support operation," IEEE Conference on Innovative Technologies for an Efficient and Reliable Electricity Supply (CITRES), pp.325, 27-29 Sept. 2010.

[3] P.sang-Hyun, k.Tae-Sung, P.Jin-Sik Park, M.Gun-Woo, Y.Myung-Joong, "A New Buck-boost Type Battery Equalizer," Twenty-Fourth Annual IEEE Applied Power Electronics Conference and Exposition, pp.1246-1250, 2009.

[4] N.Ziling, C.Nie, "Fast battery equalization with isolated bidirectional DC-DC converter for PHEV applications," IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference, pp.78-81, 2009.

[5] G.Fournier, S.Haugrund, M.Terporten, "Vehicle to Grid," Federal Energy Regulatory Commission. Form 714, California Independent System Operator, Washington, DC: Federal Energy Regulatory Commission, 2004.

[6] C.Crowley, FL.Joutz, "Hourly electricity loads: temperature elasticities and climate change," 23rd U.S. Association of Energy Economics North American Conference, Mexico City, 19-21 October, 2003.

[7] G.Franco, A.Sanstad, “Climate change and electricity demand in California,” A Report From: California Climate Change Center, February 2006.

[8] J.Sousa, P.Santos, “MyTracking: Sistema de Tracking de Movimentos de Condutores de Veículos em modo ‘off-line’,” ISEL - Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, PFC - Projecto Final de Curso, 2010.

[9] Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos, (2011, 16 January). ERSE [Online]. Disponível: http://www.erse.pt

[10] R.Ramada, “V2G - Modelo de simulação,” ISEL - Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, PFC - Projecto Final de Curso, 2010.

[11] M.Stäuble, J.Schumacher, "ZK Developer’s Guide," Published by Packt Publishing, Birmingham, March 2008.

[12] C.Russo, N.Bento, "V2G Smart System," ISEL - Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, PFC - Projecto Final de Curso, 2010.

[13] V.Monteiro, J.C.Ferreira, G.Pinto, D.Pedrosa, J.L.Afonso, “iV2G Charging Platform,” 13th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems, Madeira, Portugal, pp.337, 19-22 September 2010.

Identifying relevant data along selected medical care situation

Gustavo M Bacelar-Silva
CINTESIS
Faculty of Medicine - University of Porto
Porto, Portugal
mail@gustavobacelar.com

Pedro M Vieira-Marques
CI
Faculty of Medicine - University of Porto
Porto, Portugal
pmarques@med.up.pt

Ricardo J Cruz-Correia
CIDES
Faculty of Medicine - University of Porto
Porto, Portugal
rcorreia@med.up.pt

Abstract–Plenty of medical information is spread throughout multiple health institutions. There is considerably little time and constrained information and communication resources to search, identify and gather all the information in a manner that would facilitate the medical care process.

The purpose of this paper is to identify and illustrate what kind of information is important, where to search and the time constraints that apply while gathering information according to a particular situation of medical care. Thus, it was selected the most frequent attending reason in a central Hospital. Storyboard and use case were created for the medical condition. The list of relevant clinical and diagnostic data was initially based on established guidelines, and then adjusted according to interviews with specialists aiming to refine and validate the process flow and determine the relevancy and collection time frames of the information along the process of medical attending.

To illustrate the storyboard, a process chart was developed including the various stages of care provision that the patient undertakes. Integrated with health care events there is a representation of collection tasks and identification of types of data to be collected according to their priority. Another important element developed was the table describing what is considered important information and where it can be found. The patient clinical data can be largely spread along the different types of institutions (e.g. hospitals, primary clinics, labs).

This paper illustrates the importance of accessing which data is considered relevant in different stages of care provision. It also shows by example where to search and what to search in a selected situation so to make a more efficient use of time and resources.

Keywords–Data flow; health information system; Electronic Health Record

I. INTRODUCTION

The change has already begun and the electronic health record (EHR) is gradually replacing the paper-based records in the health care practice [1][2]. In fact, with such digital transition arises the possibility of using the patient data in ways never seen before helping the health care professionals to analyze over key information, no matter if it originates from inside or outside his health institution [2][3].

On the other hand, it also raises new problems to be addressed. Everyday, lots of health data are generated in many distinct places. It goes from a private clinic to a complex hospital, including lab and image studies. With so many data generated in all the stages of the health care practice, it becomes an ungrateful task to find out the relevant data concerning the different kinds of health care attending [4].

For instance, in a critical care situation, it would be important to have particular information (e.g. allergies, cardiovascular diseases) available to improve the attending [5]. But considering the number of health care data kept in so many places, it soon becomes easy to perceive that it would consume precious time and ICT resources to search through so many locations, identifying the relevant data and arranging in a proper manner to facilitate the medical care process.

Although relevant, there are not many research evidence related to this issue. Actually, the most comprehensive study was done by the Royal College of General Practitioners within a Report of the Shared Record Professional Guidance project [6].

The purpose of this paper is to perceive and illustrate what kind of information is important, where to search for and the constraints of time for sharing according to some selected situations of medical care.

II. METHODS

Initially, in order to choose a relevant medical condition to be studied, it was identified the most frequent admission reasons of a large University Hospital (Hospital São João – Porto, Portugal). The list generated by the DRGs statistical analysis software name ARCHI [6], pointed out pregnancy and labor as the top reasons, corresponding to 10,7% of the total admission reasons in 2009. Due to the relevancy of the numbers (the second main reason was pneumonia, with 1,82%), it was decided to focus on the pregnancy and labor.

Based on the defined theme, it was made a storyboard to serve as a keystone:

A 29 years old female patient, from Vila Nova de Gaia, 38 weeks pregnant, was admitted in the Hospital São João Emergency Department (ED) due to abdominal pain and forgot her pregnancy book at home. Prenatal care was done in a health center, a private practice and lab analysis in two different institutions.

A list of relevant clinical and diagnostic information to be potentially used during an attending episode at the hospital was done initially based on established guidelines [7][8].

At last, a set of interviews was conducted with a specialist of each use case area to define and validate the patient process flow, considering the various stages and their optimistic mean durations (according to the specialist experience). It was also asked the specialist to analyze the list of relevant clinical and diagnostic information, allowing him/her to suggest inclusions or exclusions, and to determine the priority relevancy of the information according to its potential use period along the use-case patient attending flow. So it would be possible to determine the priority order of the patient's information to be electronically collected at other health care facilities (e.g. hospitals, labs, health centers), the necessary time to accomplish the task and in manner to do it without consuming the ICT resources.

III. Results

The conducted interviews included Portuguese and Brazilian medical doctors (2:1), all of then gynecology and obstetrics specialists. It allowed developing and to consolidate a process flow detailing the various events, as well as an optimistic estimated mean time (described in minutes inside each bar) of the patient along a medical attending at a Hospital ED based on the use-case, as illustrated at the top bar of Fig. 1. The estimated mean time was an optimistic one because should better represent a constrained limit to search and collect the health care data.

An important point to clarify the understanding of the patient bar is the workup. It is the known by the health care professionals as the period when many necessary actions related to diagnosis and treatment are performed. During the workup is when necessary medications are administrated and blood collected to analysis, for example. At this time, there is also the participation of other important health professionals (e.g. nurses, technicians).

The chart bellow the patient flow bar illustrates an example of automated data collection divided into 2 groups according to the priorities. The Priority I data is the most required information for the early stage of health care attending. The Priority II data is also considered important, but it includes information that can wait to be used by the health care professional at a later stage. The color indicates the avaibility of the data, red bars indicate unavailable data and green bars mean available data.

The set of interviews also made possible to identify the relevant patient health information considering the selected use-case situation and to create a list of possible sources in which to search for.

The Table I describes the groups of Priority Data and the main source of information. In order to better illustrate the probability of each source, three symbols were used to sign it.

So, (-) was used when it was not probable to find the information, (+) signs a probable chance, and (□) as a source with great probability to hold the information.

IV. Discussion

The presented results can be very useful when considering an automated search of health care information of a patient. As this paper considered a situation related to an ED attending, there was considerably little time to make the information available to professional use due to the nature of the situation.

The first important step was to determine an estimated mean time until the first medical care attending. The previous events are most of them composed by waiting time, so it is crucial to adequate an automated search according to the mean time of the hospital to collect the required information. The importance of the optimistic estimated mean time can be better understood at this stage, once it is acceptable to have the information grouped before the medical care, but it is not acceptable if we consider the opposite order of the events.

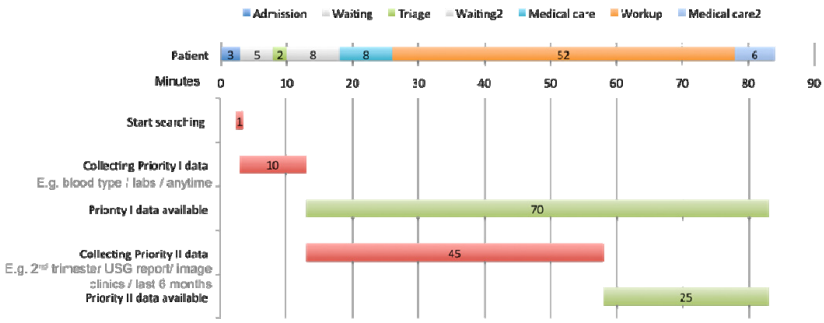


Figure 1. Patient and Information Flow: On the top is the patient flow bar, which describes the various events along a typical attending. Inside each bar is the duration (minutes) of the referred event. The other bars describe the process of collecting and making data available before a possible use (minutes are inside each bar).

TABLE I. PRIORITY I AND II DATA AND SOURCES

Priority I Data	Patient	Hospitals	Health centers	Private clinics	Labs	Image clinics
Allergies	+	+	+	+	-	-
Blood analysis*	+	✪	+	+	✪	-
Blood pressure	+	✪	✪	✪	-	-
Blood type	+	✪	✪	✪	✪	-
Corrected estimated due date	+	✪	+	✪	-	+
Estimated due date	✪	✪	+	✪	-	+
First trimester USG report	+	✪	+	+	-	✪
Group B streptococci test at ± 36 weeks	+	+	+	✪	✪	-
Last menstrual period	✪	+	+	✪	-	+
Obstetric history	✪	✪	✪	✪	-	-
Second and third trimester USGs reports	+	+	+	✪	-	✪

* Done on the last 1-2 months

Priority II Data	Patient	Hospitals	Health centers	Private clinics	Labs	Image clinics
Chosen anesthesia	-	+	-	-	-	-
Clinical records	-	✪	+	+	-	-
Contraception	✪	+	+	+	-	-
Depression (-)	+	+	-	+	-	-
Domestic violence (-)	+	-	-	-	-	-
Environment and lifestyle	✪	+	+	+	-	-
Fetal doppler	-	✪	-	+	-	✪
Menstrual history	✪	+	+	+	-	-
Prenatal lab studies	+	+	+	+	✪	-
Previous pathologies	✪	✪	+	✪	-	-
Weight records	+	+	+	✪	-	-

Also, it was important to determine the Priority I Data to be collected within this interval. As the Priority II Data has a more extended interval, which includes the first medical care and the workup (counting with more waiting time), it allows to collect more information and also files that would allocate a broader band of the internet connection (e.g. image files).

An interesting finding was to evidence the sources with most probability to hold information. Although the patients are considered to be the primary source of information, the Obstetrics and Gynecology specialists ranked them as the third source. The specialists considered the hospitals and the private clinics as the sources with greater probability to hold, counting 10 □ items. The patients were the following source with great probability at 7 □ items. However, this numbers changed when the answers of the Brazilian specialist were included. In the first moment the Portuguese specialists answers pointed the primary care center as the main source (12 □ items) with the hospitals and private clinics even at the second place (10 □ items).

Combining the estimated time of the events along the use-case patient attending flow, the information considered relevant by the specialists with a list of the most probable sources that hold the information, it is possible to design an adapted collecting method. In the context of the ongoing work, regarding the development of an agent-based system for clinical information integration in a highly distributed scenario, this decreases the efforts to obtain relevant data.

This characterization can also help to identify the most relevant data to different professionals involved at each step of health care attending specially when time constraints exist. By identifying critical periods for data availability and providing input regarding the most important types of data at a given moment in the care process, basic functions such as agent activation, search and transport of clinical information may be highly improved.

In this system, agent's goals will be directed at addressing group or individual agendas (heterogeneous health professionals and patients) regarding health information needs. Nevertheless, to achieve an efficient use of the resources the information to be searched, their relevance, their sources and the available time to accomplish the tasks must be personalized according to each medical situation.

The most similar study related to the health information sharing was done by three health professionals [6]. Each one used a scenario based in a real case, but the focus was different. They wanted to define the different types of shared record, what to record, semantic framework and security and privacy issues to fulfill another part of the project (an enquiry into models of record sharing that are currently in use in clinical systems). Also, the scenarios were discussed internally, only by the three members, on phone conferences and by email.

V. CONCLUSION

The HIT is already a reality and it is a powerful resource to improve the health care quality. But it is of utmost importance to know how to use it.

This paper used a clinical example to illustrate that it is important do determine which data is considered relevant for each situation. Thus, in order to make a more efficient use of the available time and optimize the use of ICT resources, knowing where to search and what to search seems to be the key.

Although only one storyboard was considered to illustrate, this will contribute to the development of future works to support a higher adaptability degree of the agent model to a dynamic environment.

ACKNOWLEDGEMENTS

This work is funded by FEDER funds (Programa Operacional Factores de Competitividade – COMPETE) and by National funds (FCT – Fundação para a Ciência e a Tecnologia) through project SAHIB - Enhancing multi-

institutional health data availability through multi-agent systems [PTDC/EIA-EIA/105352/2008].

REFERENCES

[1] "Business: A very big HIT | The Economist". [Online]. Available: http://www.economist.com/node/17493417?story_id=17493417. [Accessed: 16-fev-2011].

[2] P. C. Tang, J. S. Ash, D. W. Bates, J. M. Overhage, e D. Z. Sands, "Personal Health Records: Definitions, Benefits, and Strategies for Overcoming Barriers to Adoption", *Journal of the American Medical Informatics Association*, vol. 13, n. 2, pp. 121 -126, mar. 2006.

[3] A. Geissbuhler, "Access to health information: a key for better health in the knowledge society.", *Yearb Med Inform*, 2008. [Online]. Available: http://www.biomedsearch.com/nih/Access-to-health-information-key/18660869.html.

[4] C.J. McDonald, J.M. Overhage, P.R. Dexter, L. Blevins, J. Meeks-Johnson, J.G. Suico, M.C. Tucker, e G. Schadow, "Canopy Computing," *JAMA: The Journal of the American Medical Association*, vol. 280, Out. 1998, pp. 1325 -1329.

[5] M.M. Benham-Hutchins e J.A. Effken, "Multi-professional patterns and methods of communication during patient handoffs," *International Journal of Medical Informatics*, vol. 79, Abr. 2010, pp. 252-267.

[6] The RCGP Health Informatics Group, "Final (reference) report of the Shared Record Professional Guidance project". jun-2009.

[7] ICSI, "Prenatal Care, Routine (Guideline)," Jul. 2010. Retrieved february 16, 2011, from http://www.icsi.org/guidelines_and_more/gl_os_prot/womens_health/prenatal_care_4/prenatal_care__routine__3.html

[8] ICSI, "Labor, Management of (Guideline)," Jun. 2009. Retrieved february 16, 2011, from http://www.icsi.org/guidelines_and_more/gl_os_prot/womens_health/labor/labor__management_of__2.html

Control of Milling Machine Cutting Force Using Artificial Neural Networks

Lobinho Gomes
PRODEI, FEUP
FCNET, Universiade Lusofona do Porto
Porto, Portugal
lobinho.gomes@ulp.pt

Armando Sousa
DEEC, FEUP
Robis, INESC-Porto
Porto, Portugal
asousa@fe.up.pt

***Abstract*—The constant search of industry for productivity raises and market shares, pushes forward the development of new products capable of giving an answer to these concerns. Specifically the tool-machines makers have tried to solve these problems incrementing the capability of the machines they produce, essentially in speed and precision. The recent study of some problems associated to the machining process, has revealed the possibility of incrementing the productivity of some of vertical milling machine, only through the force control, keeping it constant and equal to the optimum value defined for the tool. The cutting force control, due to the system characteristics, can only be implemented by making use of adaptive control. In order to implement adaptive controllers we have at our disposal two technologies that have been showing good results. These technologies are Neural Networks and Fuzzy Logic. We thought that it would be of interest to research the use of Artificial Neural Networks in implementation of a controller. This has been the objective for the development of the work described in this paper. The results obtained have been encouraging, showing the possibility of implementing those controllers in real systems.**

Keywords: Artificial Neural Networks, Cutting force, Feed-Forward, Recurrent, Backpropagation, Time Delay Neural Network, Dynamic Recurrent Neural Networks.

I. INTRODUCTION

The industrial milling process is currently limited by two challenges: the feed rate and the spindle speed are always programmed in offline and in a conservative way by programmers. A control strategy for the adjustment of the real cutting forces during the milling process will certainly allow a significant improvement of the cutting process. For a given material and cutting tool, there is a specific cutting force [1], also called cutting pressure, by some authors [2] that should, ideally, be kept constant. The cutting force parameter depends on the geometry of the cutting process, on the feed rate (the speed of the advance of the cutting tool over the material) and rotational spindle speed of the cutting tool.

A specific cutting force for each material is defined as the force required to cut 1 mm^2 cross-section of the material [1]. In reality, the cutting process of a vertical milling machine has several different characteristics, depending on the material, tool and tool wear, and mainly to piece geometry being machined. The geometry of the work piece to be machined is the main responsible for control difficulties, because when a milling machine is manufactured it must be able to work a very high range of pieces, with geometries completely unpredictable. Changes of cutting force, suffered during the machining process, deviates the tool from the optimal functioning point, implying increased costs of production. The increased costs of production are mainly due to rapid wear of the cutting tool, to bad finishing surfaces, by poor use of the tool due to being working below their potential, and high machining time.

From the theory of control point of view, the cutting process can be considered complex, with a reduced knowledge about cutting process and the possibilities of its control. Up until now, it had not yet been found an acceptable solution to deal with such processes [10]. Our problem is to develop an Adaptive controller capable of controlling the cutting force of a machining operation.

An Adaptive controller is one who can modify their behavior in response to the process dynamics changes and the nature of the disturbance [6]. We can describe the difficulties by dividing them into three important classes, cutting technology used in the machining process, the control problem, and the technology used to implement the controller.

The first challenge was to clearly identify the control problem, what kind of controls should be used and associated strategies (the controller of the plant, the machining process itself, is largely unknown). Another problem related to control, is the technology that should be used to implement the chosen control. Artificial Neural networks and Fuzzy Logic are currently the most promising opportunities [8], to implement an adaptive control of cutting force. Scientific works [5] demonstrate how these techniques can be applied to control very successfully. We decided that we would investigate the use of Artificial Neural Networks in the implementation of a cutting force controller. In particular the Recurrent Neural Networks [12], a network topology where "feed-back" [17] exists.

Noted that whatever the type of control, to be implemented is, it would be an adaptive control for nonlinear systems. The division between linear and nonlinear systems, suggests a classification for nonlinear systems that does not exist because the differential equations for a nonlinear system are virtually devoid of a general method of resolution, and an exact solution

can only exist for a particular group that share some properties [4]. The main objectives of this work is to demonstrate the importance of control on cutting force, show some ideas that can be used in the future in the development of controllers to control the cutting force. So, we will aim to define the overall structure of the controller and its substructure specifications, creating models and simulating their own functioning in programs such as MATLAB. Through simulation by using actual data whenever possible, define the structure and training of different Artificial Neural Networks that implement the control system.

This paper initially describes adaptive control operation and its application to cutting force control. In the following section the results are presented and discussed, ending with a conclusion.

II. ADAPTIVE CONTROLLER

The adaptive control means that the controller, during its operation, will be modified to adapt to new control situations. Fig. 1. represents an adaptive control system with ability of self learning. A reference signal is applied to the controller, which excites the plant, applying its entry a control signal. The plant reacts to input signal, producing an output, which is applied to process model (plant model) we want control. The process model generates an error that identifies how the controller output moves away from the desired value. This error signal is used to modify the controller's parameters to adapt to the new situation. So the process model must be able to, for a certain value of the plant's output, generate its input value, i.e. the model of the process must identify, for the plant, the value present at entry. The process model, also called Identifier, can be analytically implemented if we know the transfer function of the plant. If we can designate f as transfer function of the plant, and if f is known and is possible to invert, then the function f^{-1} describes the Identifier. For complex processes, the f function is not known, nor possible to invert, so it is necessary to use other techniques, such as Artificial Neural Networks, to implement the Identifier.

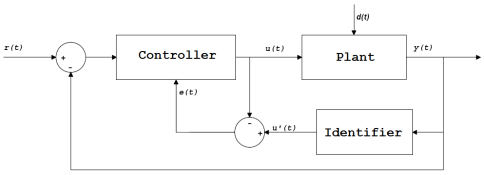


Fig. 1. Generic Adaptive Controller

A. Control of cutting force

To define this kind of control we use the process models, the control models and their adaptation by learning. The problem of controlling the cutting force is put at two distinct hierarchical levels Fig. 2. At a higher level, which will designate of *Decider*, we have the problem of defining what the cutting force is, which best optimizes the cutting process. At a lower level, which we call *Actuator*, we need a controller, which keeps the cutting force constant.

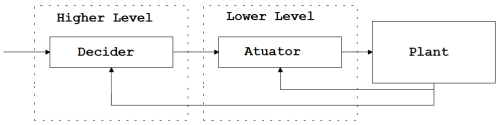


Fig. 2. Controller Model of cutting force

1) Decider

This block was designated *Decider*, because its main function is to decide what the optimum cutting force is, the cutting force that minimizes machining costs. However, there are features of controller, to the extent that if there is change on some variables that it depends on, it can adjust the cutting force according to this variation.

The cost function defines the hipper-surface that has at least one minimal point, however there are no guaranties that there is a single minimal point. The main concern of the system is finding at least one local minimum that optimizes the operation.

The operation time, the tool wear, the final product quality depends of the cutting force made by the tool. Very high cutting forces imply low operation times but high tool wear and low cutting forces imply a better performance to the tool but have very high operation time. The quality of the final product implies a certain cutting force that if very high can produce vibrations and bend the tool, and if very low can produce a superheat of the material reducing the final quality. In the developing of this block there were made some restrictions at beginning and there were left some generalizations for the future. For the same reasons we only use a material type and a tool in this development stage. The *Decider* is relatively static because its actuation is made essentially at the beginning to select the cutting force and at the end to verify the error and learn with it. There are however exceptions, if some variable of the process, like temperature, vibrations etc. are measured in real time, in this case the *Decider* acts as a high level controller.

We can observe in Fig. 3. The *Decider* structure build-in with a controller and a Identifier as the adaptive control has.

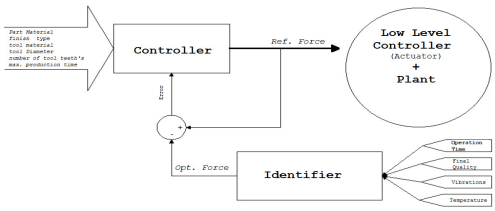


Fig. 3. Diagram of the *Decider* structure

a) Decider - Controller.

The controller used by the *Decider* was based on a multi layer Artificial Neural Network of feed-forward type. This network estimates the reference cutting force to use in the operation. The controller implemented by this block presents some difficulties due to the type of information it uses, this

information is of two types – quantitative and qualitative. As we can understand the qualitative information is harder to define as usable in a computational system, although, in one of the main characteristics of the Artificial Neural Networks is using this kind of information. However the adaptation capacity of the Neural Networks allows us to start the development of an network with partial information.

b) Decider – Identifier

The Identifier Block from the *Decider* has the function to observe the final quality, operating time, temperature, vibration etc., and to predict the cutting force that gave rise to them. The cutting force calculated by the identification system, compared with the cutting force indicated by the controller gives rise to an error, this error can be propagated from output to input (backward propagation of error) on the network controller, in order to adjust the weights associated with this network. The error propagation in this direction is achieved by using an already known algorithm, called back-propagation. This operation will serve to adapt the Artificial Neural Network from Controller, so that it can cover most of this information. The identifier, such as the Controller also uses qualitative information, which leads to some difficulties in its implementation.

Actually it was not possible to obtain sufficient data from the experiments conducted, that permit to define the structure of an Artificial Neural Network to implement the Identifier. The final quality, operating time, vibration and temperature, is data that is only subject to be collected from the system in operation which means that the Artificial Neural Network that implements the identifier must be trained with values resulting from the operation of the system. The fact that this Identifier belongs to the *Decider* block, allows us to put the system into operation, replacing the identifier´s response for the machine-operator´s response.

However this *Decider* block will be left for future study.

2) Actuator

The *Actuator* is constituted by the controller; the identifier and a mid-block between the controller and the plant that we call *Adapter*, and its function is to transform the signal received from the controller, on two other signals, used by the machine.

The machine uses two parameters that together define the machining conditions, i.e. forward speed (F) and spindle speed (S) of the tool. In reality the controller generates the signal F/S, and the *Adapter* should unfold this signal in signals F and S respectively. The *Actuator* structure can be observed in Fig. 4. The *Adapter* is required because for the same reason F/S, F and S signals may be different, depending on the material and the tool used. When the reason F/S switches, even without modification of the material, the increase or decrease of F and S, may not be linear. The value F/S is also called *mrr*-material removes rate, and defines the cutting force. For the *Adapter* to be able to generate signals F and S, it also needs information about the tool and the material to be machined.

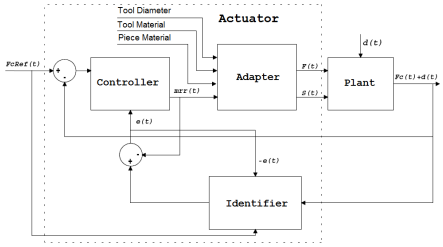


Fig. 4. Structure of low-level controller (*Actuator*)

The operating principle of the *Actuator* can be described as follows: the reference signal (Fc_{Ref}) is applied to the controller, the controller computes a signal *mrr*(*t*) so the cutting force exerted by the machine, is equal to the force of reference. The *Adapter* receives the signal *mrr*(*t*), and from the knowledge of the process, determines the signals F and S, to be used by the machine, the signal applied to the machine causes a particular cutting force, which may equal, or not, the reference cutting force. The cutting force is measured by a sensor and the measured signal is used by the Identifier, who determines the signal which, according to the transfer function of the plant, at that time, would have given rise to measured cutting force, this sign represents in terms of controller's output, the error that is made, between the reference cutting force and reference force that the controller originated when defining the control signal.

The obtained error is used to adjust the weights of the Controller by using a training based algorithm that uses the delta rule. The identifier that tries modulating the reverse transfer function of the plant, it is also in the presence of a set of information that enables it to determine the error and continue to adapt the network weights.

a) Actuator – Adapter

Due to difficulties of convergence of a single network, which implements the *Adapter*, it was necessary to split the neuronal network into two, so that the intermediate layer of each could have a different number of neurons. Networks are of feed-forward multilayer type, trained with the back-propagation algorithm. In Fig. 5. we can see how the *Adapter* was finally formed. The entry is common to both Artificial Neural Networks, and each of these estimates the value for which was trained.

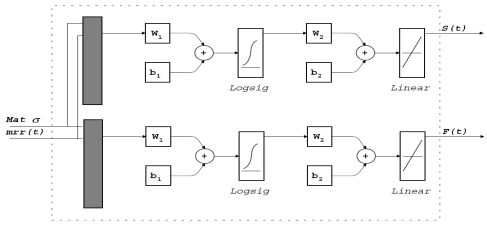


Fig. 5. Neuronal Network structure that implements the *Adapter*

b) Actuator – Identifier

The first step in the development of cutting force Controller was the implementation of the plant Identifier, because it is this

which will in the future, adapt (train) the Controller to different processes.

$$Fc(t) = f(Fc(t-1), Fc(t-2), \dots, Fc(t-n), mrr(t), mrr(t-1), \dots, mrr(t-m), d(t), d(t-1), \dots, d(t-k)) \quad (1)$$

The functioning of our system´s plant, with non-linear characteristics, must be represented by a discrete equation type

That can be resolved in order to *mrr*(*t*)

$$mrr(t) = f^{-1}(Fc(t), Fc(t-1), \dots, Fc(t-n), mrr(t-1), mrr(t-2), \dots, mrr(t-m), d(t), d(t-1, \dots, d(t-k)) \quad (2)$$

The developed identifier attempts to replicate the plant's function f^{1}. The *Adapter*, from the Identifier point of view, is encompassed in the plant, and the Identifier must be able to adapt to errors which may be generated by the *Adapter*. The Identifier had to be developed on the basis of an Artificial Neuronal Network type TDNN – Time Delay Neural Network, since the plant to control is a nonlinear dynamic and complex system. In this case the network structure and the number of regressors were defined experimentally by using the test of several different structures. This does not mean that we have defined the best structure, but we have set surely one of the best. It was also proven, with data collected from the machine that the problem's description was in fact in agreement with what actually happens on the machine. The results obtained from the machine only differ from theoretical results because they have some noise and some disturbances that were not identified. In Fig. 6. is represented the Artificial Neuronal Network structure, in which is based the Identifier block.

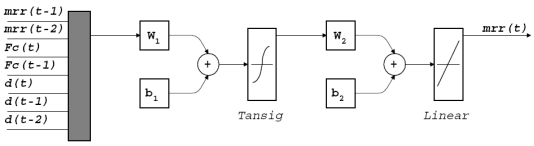


Fig. 6. . Network structure that implements the Identifier

c) *Actuator – Controller*

Contrary to what seems at first glance, the main problem in maintaining constant the cutting force, it is not due to the properties of the transfer function of the plant, but what we call the disturbance. Disturbances are the changes which the cutting force suffers due to modifications of the machining process conditions (tool wear, part geometry changes, temperature changes, etc.). Generally, our Controller will have to maintain constant the cutting force and equal to the value of the reference force, from the feedback of a sensor that is able to detect the system cutting force.

Fig. 7. represents the Artificial Neuronal Network on which the control block is based. This neuronal network is of type recurrent (Elman Network) and was used the training algorithm type back-propagation.

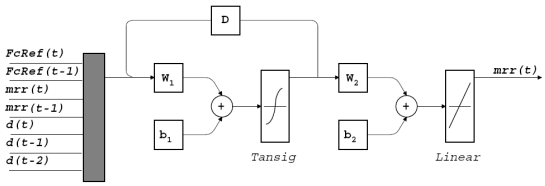


Fig. 7. Neuronal Network structure that implements the controller

III. Training and Testing of Neural Networks

The training of all networks carried out in this section, have only intended to define the structure for the network that:

- It is possible to be implemented,
- Converge, i.e. a train that can later on lead to desired results to network,
- Have initial knowledge that permits to be connected to the system.

The stop condition was, in general case, the satisfaction of these conditions. The training may have other special conditions to stop and in this case it will be described, locally, if they occur.

A. *Adapter*

Fig. 8. a) allows us to analyze what happened during training. In the small graph, inserted inside, you can check how the error curve has evolved along the 5000 iterations. The larger graph compares the values estimated by Artificial Neuronal Network (dashed line) with actual values used in the training (continues line). Fig. 8. a) represents training of neuronal network that estimates the forward speed, and Fig. 8. b) represents training of neuronal network that estimates the spindle speed. In Fig. 9. we can see the error concerning two networks combined, in to the form of F/S

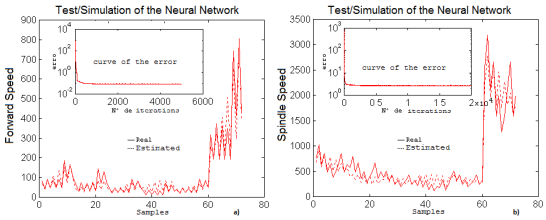


Fig. 8. Result of the training of neural networks that implement the *Adapter*

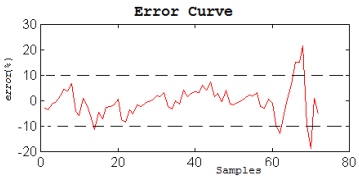


Fig. 9. Error curve relative to the value of entry mrr (t) and the output value of the *Adapter* in the form F/S

B. *Identifier*

We trained several sets of neuronal network, networks with more or less neurons, and with more or less entries (regressors), however we can conclude, that the structure of the network that had better results was described above. After we trained the Identifier's artificial Neuronal network we obtain multiple results, which can be analyzed in the graphs that follow.

In Fig. 10. a) we have represented the learning rate of Artificial Neuronal Network. As we can analyze the error defined as (SSE), the sum of squared error, decreased along the iterations, reaching a value of 0.4 after 15000 iterations.

In Fig. 10. b), we can verify that the result of the identifier (*mrr* (*t*) estimated) approximates the signal used for training (*mrr* (t) real).

Fig. 11. a) represents the possible fluctuations in the output value of the plant (more exactly the value of the reference), due to the changes of reference force, which will be applied to the Identifier. To this set is also added a set of possible disturbances to system Fig. 11. b).

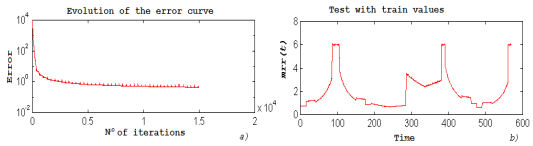


Fig. 10. Result of the neuronal network training a) evolution of square error b) the comparison between the value of *mrr*(*t*) estimated by network and the true value of *mrr*(*t*)

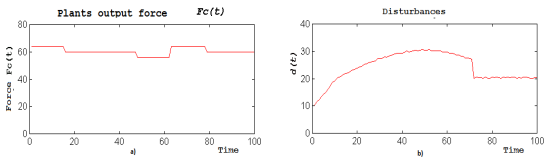


Fig. 11. a) Cutting force (Fc) measured at the output of the plant and b) Disturbances presented to the system

The value estimated by Artificial Neuronal Network that implements the controller (*mrr*(*t*)) and its actual value, can be seen in Fig. 12. in which the solid line represents estimated values, and another line (+) represents the actual value.

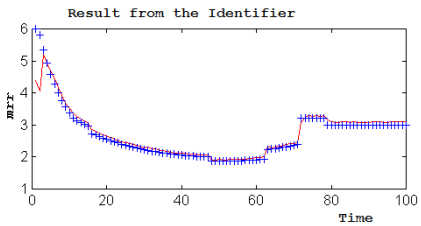


Fig. 12. Comparison between the true signal (represented by crosses) and the signal estimated by identifier (represented the solid)

In reality, we are only transmitting the initial knowledge to the Identifier that may continue to evolve throughout its life increasing its precision. As we described here it becomes clear it is not very important that training of the identifier must present error values too low, or that will be important the number of iterations performed.

C. *Controller*

The Controller, such as the Identifier, will have to act over time which means that its current status depends on variables involved and the immediately preceding State. The controller is also a network of type TDDN.

The examples used in controller's training were the same that we use to train the identifier, obviously adapted.

In Fig. 13. a), we can observe the error curve, which reached a value of 0.55 at the end of 15000 iterations. In Fig. 13. b), we have the curve representing the output values, used in training, almost completely overlapped to network response curve (estimated value) for the same input.

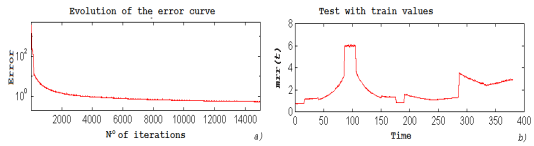


Fig. 13. . a) - Learning curve of the controller. b) - Simulation using training values

Once again, the estimated value result and the actual value are very close, being impossible to distinguish them in the chart.

Note that the Controller should generate the same results as the Identifier should. Somehow the Identifier oversees the results of the Controller. In Fig. 14. values represented by the symbol (+), are the target values of the network, and the others represented by the solid line are the values estimated by the network. As we can see, these values are approaching.

The Controller we have defined could be a basis for a real implementation. The defined structure will probably have to be amended and adapted to reality. However, we will have a base that enables us to believe that it is possible to implement the controller in a real system.

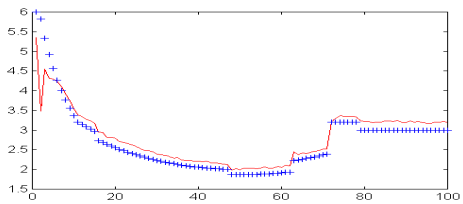


Fig. 14. Neuronal network Test, using different values from that used in training

D. System Tests

After we have implemented and tested individually each of the components of the *Actuator*, the next steps were training and testing the set. Fig. 15. b), represents the values to the output of the *Adapter* when it receives the input value *mrr*(*t*) generated by the Controller and the information that the material to be machined has a tensile strength equal to 20.

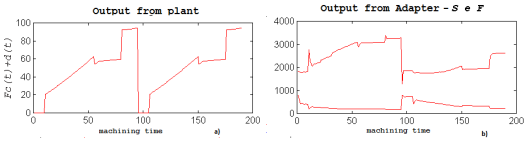


Fig. 15. a) Force measure at the plant output, b) Values for F and S at the *Adapter*'s output

During the simulation the values generated by the *Adapter* were used as information for the Identifier, which in turn, set the value of *mrr*(*t*). This value was then used to adapt (train) the Controller.

In Fig. 16. a), we can see the error at the end of the 1st iteration. With the increase of the number of times the Controller repeats the same operation the error decreases, being the end of the 20th piece represented in Fig. 16. b).

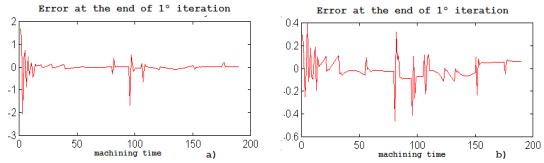


Fig. 16. Evolution of the error of the first iteration for the twenty

IV. Conclusions

The most important conclusion at this time, as shown in the results, is that is possible to implement this type of control based on neural networks. Although we had some difficulties and the problem is not totally solved, all data suggest that such implementation is possible.

Objectively, the work demonstrated that it is possible to implement the control of the cutting process based on Artificial Neural Networks. When we implement the system, all the considerations made about cutting force, linearity, disturbances, etc. have little importance if we are able to create the mechanisms that enable the system to evolve through learning.

We note that the basic idea is to create a system capable of collecting information of process, so that it is able to identify the error and adapt. In this system the main components are the Controllers and the Identifiers, which interacting to generate information that will enable both to evolve.

The structures of Artificial Neural Networks defined for the different types of blocks should be sufficient to address the problems inherent in each of the tasks. However, if justified we can change the structures so that it can contemplate the new information.

We think it will be important, as a continuation of the work done so far, to implement and test models of Artificial Neural Networks in real systems (machines). This would validate the structure of the Artificial Neural Networks used to implement the different blocks and train them with real values.

References

[1] Acácio Teixeira da Rocha; Tecnologia Mecânica - Volume III; Coimbra Editora; 1977.

[2] J. Paulo Davim; Princípios da Maquinagem; ALMEDINA; 1995.

[3] Vitor Polónia; A Escolha da máquina - Ferramenta; FEUP - DEP. MAT. PROC. TEC.; 1983.

[4] Jesus A. D. Rivera; Input/Output Linearization of Control Affine Sistems Using Neural Networks; A dissertation submitted to the cybernetics department in partial fulfilment of the rewuirements for the degree of doctor of philosophy; July1996.

[5] Ole Ravn, Paul H S2rensen, Magnus N2rgaard; What is Adaptative Control; Neural Network Project; IAU; 1996.

[6] Astrom & Wittenmark; Adaptative Control; Addison-Wesley; 1995.

[7] W.S. Mclullch & W; Pitts A logical caqlculars of the ideas immanent in neurons activity; bulletin of mathematical biophisics 5 (115 -133); 1943

[8] Jacek M. Zurada; Introduction to artificial neural systems; West Publishing Company; 1992

[9] Eric Davalo and Patrick Naïm; Neural Networks; Macmillan; 1991

[10] CCP & IAI; MATIMAC- Machine Tool: Intelligent Monitoring and Control; 1996

[11] J.A. Feldman & D.H. Ballard; Connectionist Models and their properties; Cognitive Science, 6; 1982

[12] Elman, J. L.; Findingstructure in time; Cognitive Scince, 14; 1990.

[13] Steve Lawrence, C. Lee Giles, Ah Chung Tsoi; What Size Neural Networks Gives Optimal Generalization? Convergence Properties of Backpropagation; Technical Report, NEC Research Institute; 1996.

[14] Ben J. A. Kröse & P. Patrick Van Der Smagt; An introdution to neural network;University of Amesterdam Faculty of Mathematics & Computer Science; 1993

[15] D. O.Hebb; The Organization of Behaviour; Wiley; 1949

[16] M. Minsky & S. Papert; Percetrons: An Itroduction to Computational Geometry; MIT Press; 1969

[17] J. J. Hopfield; Neural Network and Physical Systems with Emergent Collective Computational abilities; Proceedings of ationalAcademy of Sciences 79; 1982

[18] Liu, Y.; Wang, C.; Neural network based adaptivecontrol and optimisation in the milling process; International Journal of Advanced Manufacturing Technology, Vol. 15, 1999; pp 791-795.

[19] Q. Xu, K. Krishnamurthy, B. McMillint and W. Lut; Identification of cutting force in end milling operations using recurrent nerualnetworks; IEEE 0-7803-1901-X/94; 1994

[20] José Carlos Lobinho Gomes; Controlo da Força de Corte na Maquinação, Usando Redes Nuronais; Masters Thesis; FEUP; 1997.

SIDE - Sistema de informação de apoio ao ensino

Luís Filipe Barbosa
Departamento de Engenharias
U.T.A.D.
Vila Real, Portugal
lfb@utad.pt

Paulo Alves
Escola Superior de Tecnologia e Gestão
Instituto Politécnico de Bragança
Bragança, Portugal
palves@ipb.pt

João Barroso
GECAD/U.T.A.D.
Vila Real, Portugal
jbarroso@utad.pt

Resumo—**Este trabalho apresenta o portal SIDE que é um sistema de informação de apoio ao ensino, centrado na gestão académica e no apoio ao processo de ensino e aprendizagem, indo de encontro às necessidades de integração dos fluxos de informação dos diversos sistemas universitários. O Portal SIDE representa um papel fundamental na instituição, possibilitando a aprendizagem, avaliação e comunicação sem limitações ao nível do espaço e tempo, permitindo dar resposta aos desafios das instituições de ensino superior – aumentar a capacidade de formação e simultaneamente tornar mais eficientes os processos de gestão académica.**

Palavras-chave: Ensino Superior, gestão académica, portal, sistema de informação

I. Introdução

Em Portugal, a Unidade de Missão Inovação e Conhecimento (UMIC) promoveu, com início em 2003, o projecto denominado e-U - Campus Virtuais que teve como objectivo o desenvolvimento de um serviço global de informação da instituição e o desenvolvimento de uma infra-estrutura de comunicação sem fios que permitiu que as Instituições de Ensino Superior portuguesas integrassem o projecto Eduroam [1]. O e-U foi também responsável pelo desenvolvimento de Serviços, Conteúdos, Aplicações e Redes de Comunicações Móveis (dentro e fora da instituição) para estudantes e professores do Ensino Superior, incentivando e facilitando a produção, acesso e partilha de Conhecimento [2].

Esta iniciativa permitiu a expansão e o aparecimento de novos projectos associados a sistemas informáticos ligados ao ensino, alguns de cariz comercial e outros de cariz *open source*, com projecção mundial ou apenas local à instituição que o desenvolveu.

Algumas instituições de Ensino Superior optaram pelo desenvolvimento das suas próprias soluções informáticas, por vezes com iniciativas integradas nos projectos com alunos ou através de projectos com financiamento específico para o desenvolvimento deste tipo de sistemas. Desta forma, estas instituições conseguiram desenvolver sistemas informáticos de mais baixo custo e melhor adaptados às necessidades específicas existentes na sua organização.

Na Universidade de Trás-os-Montes e Alto Souro (UTAD) surgiu um projecto de desenvolvimento de um sistema informático para apoiar os docentes na divulgação de informação para os alunos como complemento à actividade lectiva presencial (aulas) e que permite igualmente a gestão administrativa dos cursos leccionados: Sistema Informático de Apoio ao Ensino (SIDE). Neste artigo, vai ser apresentado o SIDE nas suas características mais importantes e inovadoras relativamente aos demais sistemas existentes.

II. Sistemas de Gestão da Aprendizagem

O surgimento de novos sistemas informáticos ligados ao ensino, tanto de cariz comercial como de cariz *open source*, veio alargar muito a oferta existente neste tipo de sistemas, resultando daí uma maior evolução dos sistemas existentes de forma a incluir novas funcionalidades tornando os sistemas informáticos ainda mais completos [3]. Apresentam-se de seguida três dos sistemas com maior projecção a nível mundial: Blackboard, Sakai e Moodle.

A. Blackboard

O Blackboard é um Learning Management System (LMS) para a criação de cursos e gestão de formação cuja plataforma é baseada na Web. O Blackboard tem como base uma arquitectura aberta tornando, portanto, mais fácil a interoperabilidade, o que permite a integração com sistemas de gestão académica. No entanto, o Blackboard exige a aquisição de licenças de utilização por parte da instituição, apresentando custos de licenciamento bastante elevado [4].

O Blackboard dispõe de um conjunto de funcionalidades orientadas ao professor e ao aluno enquadradas no ensino à distância. O sistema dispõe de ferramentas de desenvolvimento de conteúdos (editor de texto com uma interface simples e completa, incluindo WYSIWYG e correcção ortográfica), permite ao professor a apresentação adaptável dos conteúdos com a possibilidade de personalizar a aprendizagem do aluno e dispõe de um conjunto de ferramentas de apoio a actividades de ensino e aprendizagem.

B. Sakai

O projecto Sakai consiste numa comunidade de desenvolvimento de software *open source*, iniciada em Janeiro de 2004, que visa a construção de um sistema de gestão da aprendizagem e de apoio à investigação. Originalmente fundado pela Mellon Foundation, o objectivo deste projecto é a construção e desenvolvimento de uma plataforma de distribuição livre que permita a gestão de cursos/unidades curriculares.

O Sakai é usado por um grande número de instituições do ensino superior com maior destaque nos Estados unidos da América, país onde surgiu a plataforma, tendo também alguma projecção na Europa e uma pequena representação em países dos restantes continentes [5].

A plataforma Sakai inclui a maioria das funcionalidades existentes num Sistema de Gestão de Aprendizagem, nomeadamente gestão e distribuição de conteúdos, gestão de pautas, fóruns de discussão, salas de conversação, entrega de trabalhos e testes online. Para além destas funcionalidades, a plataforma Sakai, dá ainda suporte à investigação e gestão de projectos, através de um conjunto de ferramentas baseadas em perfis de utilizador.

As ferramentas de administração fornecidas pelo Sakai incluem operações de gestão de utilizadores, monitorização de várias características dos servidores afectos aos locais usados pelo Sakai, etc. Para os utilizadores (em geral) são fornecidos um conjunto de funcionalidades que passam pela personalização do perfil de utilizador, pela agenda do utilizador, lista de anúncios, recursos, preferências de configuração dos *sites* do Sakai, etc. As funcionalidades directamente ligadas ao ensino passam essencialmente por ferramentas de comunicação como os fóruns, serviço de chat, centro de mensagens, wiki, anúncios avisos, calendário, repositório de recursos e páginas Web [6].

C. *Moodle*

O Moodle (Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment) é um sistema de gestão da aprendizagem *open source* executado num ambiente virtual. Baseia-se numa filosofia de trabalho colaborativo, onde todos os elementos pertencentes à comunidade se entre ajudam. O conceito de Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment foi criado em 2001 pelo investigador Martin Dougiamas e permite, de maneira simples, a um estudante ou a um professor estudar ou ensinar, num curso online à sua escolha [7].

O Moodle é uma plataforma que dispõe de uma comunidade que suporta o seu desenvolvimento, com contribuições que vêm de diversas áreas do ensino. O Moodle é agora usado não só em universidades, mas também em escolas secundárias, empresas, entre outras. O Moodle apresenta uma arquitectura muito versátil que se consegue adaptar a diversas exigências de implementação. Nesse sentido destacam-se a facilidade de personalização da apresentação (cores, fontes, aparência, etc.) da aplicação, a possibilidade de escolha do idioma (ao nível do utilizador), o suporte de vários mecanismos de autenticação (permite fácil integração com sistemas já existentes) e o uso de uma base de dados externa.

A plataforma dispõe de funcionalidades de administração dos cursos, que são direccionadas aos professores, e que lhe possibilitam um controlo total sobre todos os parâmetros de um curso em termos de formato (semanal, social ou por modular), actividades que o compõem (fóruns, jornais, questionários, recursos, pesquisas de opinião, pesquisas, tarefas, chats, etc.) e definição de restrições de acesso a outros utilizadores (professores e/ou alunos). As actividades, disponibilizadas aos professores, são implementadas por módulos opcionais que enriquecem as potencialidades de troca de informação e comunicação entre professores e alunos ou apenas entre alunos [8].

III. SIDE - Sistema de Informação de apoio ao Ensino

As plataformas analisadas foram desenhadas a pensar no e-learning, sendo elas muito semelhantes nas suas características e serviços fornecidos [9]. Apesar disso, nenhuma delas se mostra ágil na integração com outras plataformas de gestão da vida académica existentes na instituição UTAD. Qualquer processo de integração envolve um grande esforço por parte dos intervenientes para a partilha de informação vital às actividades de ensino e de gestão académica. Nesse sentido, foi desenvolvida a plataforma SIDE que pretende ultrapassar precisamente essas dificuldades, fornecendo um conjunto de serviços capazes de utilizar a informação proveniente de outros sistemas de informação e providenciar ferramentas de apoio às actividades ligadas ao ensino, quer a nível da docência quer a nível da gestão dos cursos.

O SIDE é um Sistema de Informação, com suporte WEB, que tem como objectivo básico disponibilizar o acesso à informação decorrente da vida académica dos vários cursos ministrados na UTAD.

No sistema são colocados vários níveis de acesso, alguns com autenticação, permitindo a comunicação entre os elementos que constituem a comunidade académica (docentes, alunos, funcionários e utilizadores livres), utilizando a Internet como plataforma.

Todos os cursos ficam providos de serviços de gestão, divulgação e manutenção de informação pertencente a cada um deles, utilizando novas tecnologias associadas ao ensino, como sejam: avisos e notícias, documentação de apoio, informações sobre o SIDE, calendários, horários, datas de exames, páginas das unidades curriculares com todas as informações relativas a estas.

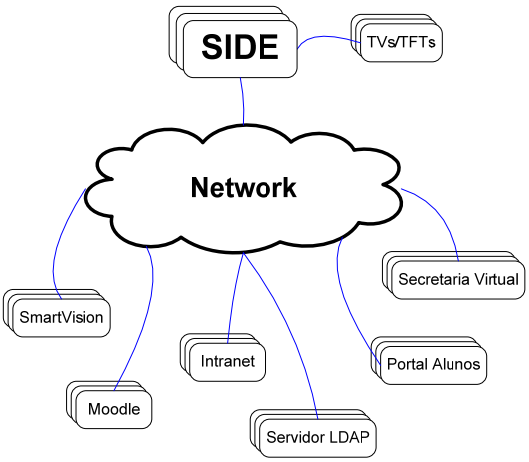


Figura 1- Modelo Conceptual do SIDE

O SIDE permite também gerir e armazenar dados decorrentes do funcionamento dos cursos como: consulta e

envio de mensagens, consulta e alteração dos dados pessoais, delegar permissões a outros utilizadores, inscrever em formações, visualizar a ocupação das salas, inscrição em avaliações, inscrição nas turmas, consultar horários de inscrições, verificar resultados das avaliações, verificar assiduidade, submeter trabalhos, efectuar *download* dos documentos de uma disciplina e participar nos fóruns.

O Sistema informático que suporta o SIDE contempla um portal Web, onde estão reunidos os serviços de todos os utilizadores, e um Sistema de TVs/Monitores destinado à divulgação de informação, em locais públicos, destinada a utilizadores transeuntes (Figura 1). O SIDE faz parte de um conjunto de sistemas informáticos independentes da UTAD, também com suporte para a Web, que são a Secretaria Virtual , a Intranet de serviços para funcionários, o Portal dos Alunos e o Moodle (Figura 1). Cada um destes sistemas dá suporte a várias entidades designadas na estrutura estatutária da instituição. Sendo sistemas independentes, estes funcionam de forma autónoma mas implementam a troca de informação.

O sistema SIDE, sendo um sistema que "regula" no terreno o ensino das unidades curriculares, necessita de informação que se encontra, de forma válida, noutros sistemas informáticos. Essa informação provém da Secretaria Virtual (cursos, unidades curriculares, alunos, matrículas) e da Intranet (professores e distribuição de serviço docente). Por outro lado, sendo o SIDE um sistema gerador de informação, também a fornece aos restantes sistemas: ao Portal dos Alunos avisos e notícias, à Secretaria Virtual classificações finais e ao Moodle alunos das unidades curriculares). A transferência de informação entre os vários sistemas é feita usando tecnologias baseadas em XML. Entre o sistema SIDE e o Portal dos Alunos são usados conectores RSS, entre os restantes sistemas são usados Web Services.

A. Portal Web

O sistema SIDE é constituído por um único portal que agrega todos os serviços destinados aos vários utilizadores. A aplicação, unicamente baseada na Web, destina-se, numa primeira análise, a facilitar a troca de informação entre alunos e docentes. Esta troca de informação tem mais importância no sentido professor → aluno, visto que o professor tem a necessidade de fornecer aos alunos uma grande quantidade de informação referente às unidades curriculares que lecciona.

O sistema dispõe de uma área de acesso livre e uma área de acesso reservado a utilizadores autenticados. A área de acesso livre destina-se a divulgar ao aluno informação considerada não restrita e que pode ser consultada por toda a comunidade.

Partindo de um portal comum, a aplicação está organizada de forma a mostrar ao utilizador a informação estruturada por cursos. Cada utilizador apenas consulta a informação de um curso de cada vez, apesar de no sistema a informação ser global.

A informação que os utilizadores podem consultar e que diz respeito apenas ao curso, podem-no fazer sem a necessidade de autenticação, exceptuando o *download* de documentos. Em torno desta informação, existe um conjunto de serviços de gestão que estão predestinados a grupos específicos de utilizadores. Esses grupos, identificados como Docentes, Alunos e Funcionários, são complementados com os grupos Coordenadores (de curso) e Administradores. Estes dois últimos grupos não são definidos no sistema como tipos de utilizadores mas apenas como um privilégio (permissão) que qualquer um dos utilizadores do sistema pode ter. Os serviços fornecidos a todos estes grupos são definidos como: de gestão, para docentes, para alunos e para coordenadores. Os serviços de gestão podem ser divididos em duas partes: a gestão do SIDE e a gestão do curso. Na gestão do SIDE é efectuada a gestão da informação dos recursos humanos do sistema (utilizadores), a gestão das infra-estruturas usadas (referente às salas de aula) e a gestão da estrutura orgânica dos cursos. Estes serviços são destinados ao grupo dos Administradores.

Nos serviços de gestão de curso, que são destinados aos Coordenadores/Directores dos cursos, há um conjunto de serviços destinados à gestão da informação administrativa essencial ao funcionamento das actividades lectivas ligadas ao curso:

- Calendário – definição das épocas distintas pertencentes ao calendário académico. Este serviço é importante para a gestão da ocupação de salas, planeamento das aulas, marcação dos exames, etc.
- Ano Lectivo – definição do plano curricular do curso (quais as unidades curriculares e qual a carga lectiva das várias tipologias de aulas) e definição das épocas de avaliação afectas ao calendário académico;
- Turmas – definição das turmas necessárias em cada tipologia de cada uma das unidades curriculares que definem o plano curricular;
- Serviço docente – distribuição das horas lectivas de cada unidade curricular pelos docentes;
- Horários – definição dos horários semanais de cada turma das unidades curriculares, associando com os docentes indicados através do serviço docente;
- Exames – definição das datas de avaliação contidas nas épocas de exames. Estas datas são da responsabilidade do coordenador/director de curso;
- Inscrições – gestão das inscrições dos alunos nas turmas afectas às unidades curriculares. Este serviço permite que, através da definição de capacidades para as turmas e de um período de inscrições, se crie um processo de inscrições nas turmas quase automático, onde o aluno pode efectuar a inscrição de forma remota sem ter de se deslocar a um sítio específico. Através da inscrição nas turmas o aluno fica a conhecer também o horário das suas aulas;
- Avisos – permite a fixação de avisos/notícias no portal do curso;
- Justificação de faltas – permite inserir no sistema a informação referente à justificação de faltas dos alunos. A informação diz respeito aos períodos em que as faltas são justificadas permitindo ainda anexar documentos comprovativos da justificação. Este serviço permite que as faltas abrangidas nos períodos indicados sejam justificadas de forma automática sem interacção de qualquer utilizador, mesmo que as faltas sejam inseridas posteriormente.

Todos estes serviços, que visam preparar a informação do período lectivo, provocam uma sobrecarga de tarefas administrativas no início desse período, mas têm como resultado uma simplificação das actividades complementares do sistema. Os alunos dispõem de um conjunto de serviços que lhes permite efectuar as tarefas relacionadas com a sua informação no sistema:

- Inscrições em turmas – o aluno escolhe as turmas que pretende frequentar elaborando desta forma o seu horário de aulas para o período lectivo. Esta tarefa é realizada apenas no início do período lectivo
- Inscrições em avaliações – o aluno inscreve-se numa avaliação, quando solicitado pelo docente, com a finalidade de indicar que pretende participar na mesma.
- Assiduidade às aulas – o aluno consulta a sua assiduidade nas unidades curriculares (presenças e faltas) podendo igualmente ser consultas as justificações por si entregues e já inseridas no sistema.
- Resultados das avaliações – o aluno consulta os resultados nas várias avaliações de cada unidade curricular.
- Submissão de trabalhos – o aluno pode submeter no sistema documentos (referentes a trabalhos ou outros itens de avaliação) para estes serem "entregues" ao docente da unidade curricular. Estas submissões estão sempre relacionadas com uma avaliação e têm de ser definidas pelo docente da unidade curricular.
- Os docentes têm um conjunto de serviços que lhes permite efectuar a gestão da informação da unidade curricular ao longo do período lectivo. Esses serviços são:
- Fóruns de discussão – permite ao docente gerir fóruns de discussão orientados a temas relacionados apenas com a unidade curricular.
- Inscrições nas turmas – o docente consulta a lista dos alunos que se inscreveram nas várias turmas da unidade curricular.
- Corpo docente – o docente consulta a informação dos docentes, com os quais lecciona as aulas da unidade curricular, tendo acesso aos horários individuais de cada um deles. Tem também acesso ao horário de todas as aulas das várias turmas da unidade curricular.
- Avisos – o docente gere avisos no portal (com permissão de publicação também no portal TV do curso), sempre relacionados com uma das unidades curriculares. No assunto dos avisos é acrescentado automaticamente o nome da unidade curricular a que se refere o mesmo.
- Aulas – o docente consulta o seu planeamento das aulas que tem atribuídas em cada uma das turmas da unidade curricular, podendo inserir o sumário e posteriormente inserir o registo de presenças/faltas dos alunos nessa mesma aula.
- Avaliações – o docente pode gerir todas as avaliações que tem previstas na metodologia de avaliação da unidade curricular. Pode definir novas avaliações, abrir inscrições, abrir submissão de documentos e lançar resultados (classificações).
- Admissões/frequência – o docente insere no sistema a informação de frequência/admissão a exame final de cada aluno que frequenta a unidade curricular.
- Classificação final – o docente insere no sistema a classificação final do aluno após terminadas todas as avaliações previstas.
- Estatísticas de aproveitamento – o docente pode consultar os rácios de aproveitamento obtidos pelos alunos na avaliação da unidade curricular.
- Gerir downloads – o docente efectua a gestão completa de documentos afectos à unidade curricular. Esses documentos podem ser de carácter geral ou documentos relacionados com as avaliações (enunciados, resoluções ou outros).
- Objectivos/programa/avaliação/bibliografia – o docente insere no sistema a informação acerca da unidade curricular para consulta. Essa informação contém os objectivos a que se propõe o docente, os conteúdos programáticos previstos, a metodologia de avaliação adoptada e a bibliografia adoptada de apoio às aulas.

Todos estes serviços estão orientados aos docentes, mas para que estes de facto tenham permissões de gestão de uma qualquer unidade curricular, é necessário que lhes seja atribuído serviço docente para o ano lectivo em questão.

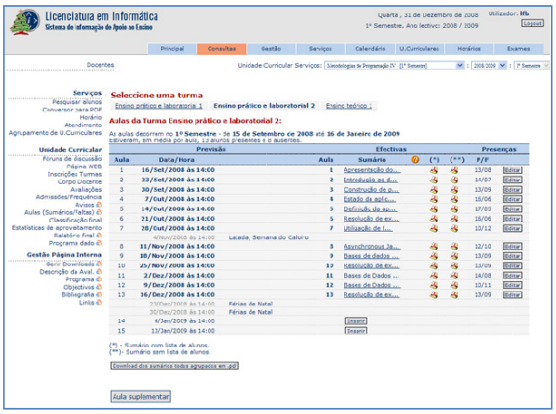


Figura 2-Portal SIDE

Quando o docente inicia a organização do período lectivo, já está inserida no sistema uma grande parte da informação necessária à gestão de cada unidade curricular. Como exemplo indica-se a tarefa de publicação dos sumários das aulas leccionadas pelo docente (Figura 2). Todo o planeamento das aulas é feito não pelo docente mas sim pelo gestor (coordenador/director de curso) aquando da elaboração dos horários das turmas. Assim o docente apenas tem a necessidade de consultar o escalonamento das suas aulas e inserir, em local próprio, o texto representativo do sumário de cada uma das aulas.

O SIDE distribui os serviços existentes pelos vários tipos de utilizadores. Essa distribuição está bem definida, contudo o sistema possui a funcionalidade de permitir a delegação de privilégios referentes a um qualquer serviço. Assim um utilizador que tenha privilégios pode sempre delegar os mesmos noutro utilizador. Um exemplo simples é o facto de um docente, que tenha privilégios numa unidade curricular num ano lectivo, poder permitir que outro qualquer utilizador, mesmo não docente, tenha o mesmo tipo de permissões.

Esta funcionalidade de delegação de privilégios é muito importante no processo de gestão administrativa do sistema, pois permite que utilizadores de uma outra categoria, que são os funcionários, lhes possa ser atribuídas tarefas de gestão. Estes utilizadores não têm nenhum serviço definido no SIDE, contudo são responsáveis (por delegação de privilégios) pela gestão de grande parte da informação referente aos cursos.

B. Sistema de TV/TFTs

No SIDE, toda a informação direccionada ao aluno é passível de ser consultada através do portal, parte dela de forma anónima e outra parte obrigando a autenticação. Para complementar este sistema, foi criado um sistema de painéis instalados em locais públicos onde os utilizadores interessados podem consultar parte da informação disponibilizada no portal Web (Figura 3). Este dispositivo foi pensado para ser um ponto de consulta rápida a utilizadores transeuntes. A informação seleccionada para este dispositivo é a relativa aos avisos do curso, às aulas que decorrem no dia actual e aos exames que podem decorrer na época de avaliação que se aproxima ou que já está a decorrer. Esta informação é acedida pelo utilizador sem qualquer interacção com o sistema.

A informação apresentada neste dispositivo é a mesma que é mostrada no portal Web. Embora ambos os sistemas obtenham informação da mesma base de dados, o sistema de TV/TFT não faz consultas periódicas à BD. O processo passa por cada um dos sistemas de TV/TFT ser notificado para se actualizar sempre que houver uma alteração de informação da BD (para um curso específico).

A importância destes sistemas prende-se com o facto de em situações pontuais de necessidade de consulta rápida, ou o simples facto de não possuir um terminal Web para consulta, o utilizador ter acesso à informação que necessita.

Cada sistema individualmente apenas contém a informação referente a um curso, e cada curso apenas dispõe de um sistema de TV/TFT, pelo que a sua colocação no espaço público (interior de um edifício) tem como critério a escolha do edifício onde estão concentradas as aulas do respectivo curso. Desta forma, os alunos desse curso poderão tirar um maior proveito do sistema.

Figura 3 - Sistema de TV/TFT

C. Arquitectura

O desenvolvimento do SIDE foi, desde o seu início, baseado em tecnologias *open source*. Estas tecnologias perfilam-se cada vez mais como a escolha ideal para se desenvolverem e gerirem sistemas informáticos. A opção pelo software livre tem a vantagem de permitir a personalização total das aplicações de modo a ajustarem-se às suas necessidades, para além dos custos inerentes serem, neste caso, bastantes inferiores. O sistema do SIDE é constituído por um portal Web suportado num servidor Servidor HTTP Apache e num sistema de gestão de bases de dados MySQL. Os servidores estão alojados numa máquina equipada com dois processadores Intel Xeon 2.0 GHz e 4 GB de Ram a correr Linux na distribuição Debian. Toda a aplicação Web foi desenvolvida na linguagem embedded PERL, escolhida pelo potencial que disponibiliza na manipulação de texto. Toda a estrutura da aplicação é suportada em módulos desenvolvidos de acordo com as necessidades específicas ao invés de se ter optado por uma Framework já disponível.

Os sistemas satélite que constituem os sistemas de TV/TFT são baseados numa aplicação gráfica X11 desenvolvida em C++. A aplicação corre em PCs de baixa gama (processador Celeron com 512 Mb de Ram) equipados com o sistema operativo Linux. Todos os PCs estão equipados com interface de TV ou de monitor TFT (**Figura 4**).

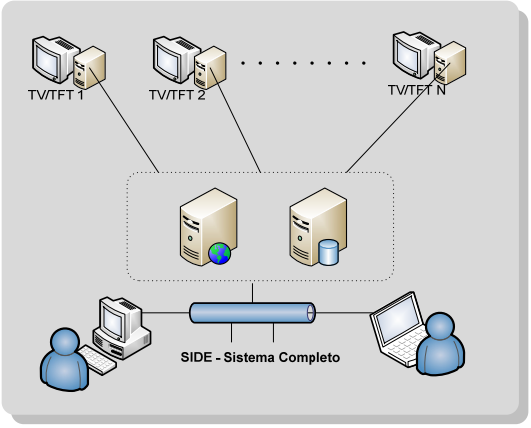


Figura 4- Modelo de blocos do SIDE

Os utilizadores do SIDE usam autenticação por servidor LDAP. Este método é comum aos restantes sistemas informáticos da instituição. No entanto, o SIDE permite que os utilizadores possam usar autenticação local, armazenada na base de dados do próprio sistema. Este tipo de autenticação, que usará outras credenciais (com o mesmo login) apenas é usado em casos excepcionais.

CONCLUSÃO

O Sistema SIDE fornece um conjunto de serviços orientados à gestão administrativa inerente ao ensino de unidades curriculares. Estes serviços são usados como ferramentas de apoio às aulas presenciais. A implementação destes serviços foi feita de forma a ir ao encontro das necessidades específicas da instituição, no que diz respeito ao ensino. Os serviços que implementam o conjunto de tarefas administrativas essenciais ao decorrer do período lectivo, bem como a sua sequenciação, foram desenvolvidos tendo em conta os procedimentos anteriormente existentes, resultando num processo de simplificação da adopção por parte dos utilizadores. O SIDE não sendo uma ferramenta de e-learning, contém algumas das funcionalidades da maioria dos sistemas existentes (Blackboard, Sakai, Moodle, etc.), mas não com o intuito de os substituir, tendo, por isso, a UTAD adoptado uma ferramenta de e-learning que complementa o SIDE, fornecendo aos docentes um conjunto de ferramentas orientadas ao ensino à distância.

O portal SIDE encontra-se em funcionamento na UTAD desde 2002. A utilização do SIDE foi evoluindo ao longo dos anos em que tem estado ao serviço da comunidade. A sua publicação online foi efectuada de formal gradual, num processo que consistia em colocar em teste os serviços implementados até então, com a informação restrita ao departamento onde cresceu o sistema.

Neste momento estão disponíveis 103 cursos, entre 1º e 2º ciclos, para o ano lectivo 2010/2011 e que envolvem 7233 alunos. O sistema teve um número médio de acessos diários de aproximadamente 4800. Ao longo dos mais de 8 anos de funcionamento, o sistema SIDE tem vindo a ganhar importância pelas actividades que resultam directamente das cerca de 1500 unidades curriculares registadas ou de actividades ligadas à gestão do curso ou simplesmente a actividades académicas. Essas actividades produzem um volume de informação elevado, comprovado pelo facto de, por exemplo, nos últimos 4 anos terem sido publicados uma média de 26 avisos por dia nos vários cursos ou ainda terem sido registados uma média diária de 150 sumários.

Estes diversos factores permitem caracterizar a forma como as várias entidades da UTAD interagem com o SIDE na geração e divulgação de informação, o que vem demonstrar a importância deste sistema na instituição.

REFERÊNCIAS

[1] EDUROAM – EDUcation ROAMing, http://www.eduroam.org/ (acedido em 15 de Março de 2009)

[2] UMIC. (2008). e-U Tecnologia ao serviço do conhecimento, 2010, from http://www.e-u.pt/PresentationLayer/eU_homepage.aspx (acedido em 17 de Dezembro de 2010)

[3] George Siemens (2006). Learning or Management System? A Review of Learning Management System Reviews. Learning Technologies Centre – University of Manitoba. October 6, 2006

[4] BlackBoard Home, http://www.blackboard.com/ (acedido em 10 de Fevereiro de 2010)

[5] SAKAI. (2006). Sakai: Collaboration and Learning Environment for Education - Free to Use, Free to Develop, Freedom for Education Retrieved 2006-10-25, 2006, from http://www.sakaiproject.org/

[6] Guo Xin , Wang Lin, Zhang Junhua, Ye Chunlei , Wang Daping, Construction of university Collaboration and Learning Environment (CLE) Based on open source software sakai?, Education Technology and Computer (ICETC), 2010 2nd International Conference on 2010 volume: 1 , pages: V1-556 , -V1-559, 2010

[7] Moodle. (2006). Moodle - A Free, Open Source Course Management System for Online Learning, from http://moodle.org

[8] Dougiamas, M. and Taylor, P.C. (2003) Moodle: Using Learning Communities to Create an Open Source Course Management System. Proceedings of the EDMEDIA 2003 Conference, Honolulu, Hawaii.

[9] LMS Focus Group Report. Instructional Technology Resource Center. Idaho State University. 2006, from http://elearning.fe.up.pt/docs/lms-focus-group-report.pdf

Editando la Wikipedia: su papel en el aprendizaje Científico

Pilar Mareca
Dpto. de Física Aplicada
ETSI de Telecomunicación (UPM)
28040 Madrid, España
mpmareca@fis.upm.es

Vicente Alcober Bosch
Dpto. de Física Aplicada
ETSI de Telecomunicación (UPM)
28040 Madrid, España
valcober@fis.upm.es

Abstract— **This paper describes and analyzes how the cooperation of Engineering students in a Wikipedia editing project helped to improve their learning and understanding of Physics. This project aims to incorporate to the first University Courses other forms of learning, including specifically the communication of scientific concepts to other students and general audiences. Students have been in accordance to say that with the Wikipedia project have learned to work better together and helped them gain insight into the concepts of Physics.**

Keywords: Educational innovation; Web resources in Higher Education; Editing Wikipedia to improve learning in Science Education.

I. INTRODUCCION

Hoy en día la ciencia y la tecnología son dos de los factores esenciales para el desarrollo social y están adquiriendo cada vez un carácter más determinante en la vida diaria. En pleno siglo XXI han pasado de pertenecer a un sector localizado de élites a ser un factor clave para el desarrollo social que afecta a la vida cotidiana y que necesita de un conocimiento general de sus principios básicos. La accesibilidad y uso de Internet ha dado lugar a una mayor capacidad para compartir información fácilmente y tiene la posibilidad de mejorar la comunicación de la ciencia y la tecnología al público en general. Tanto en la enseñanza media como en la superior, hoy en día debería incluirse en los programas educativos la manera de comunicar conceptos científicos por parte de los alumnos a otros alumnos como parte de una educación madura y responsable. En el ámbito universitario la responsabilidad es todavía mayor y para la formación de futuros científicos y técnicos, los estudiantes necesitan aprender también la manera de comunicar conceptos avanzados para un público en general. Esa necesidad está siendo reconocida cada vez más en el ámbito universitario, y en concreto, el papel que puede jugar en la mejora de esa comunicación la edición en la Wikipedia [1]. Pensamos que el uso de los recursos de Internet para su formación va más allá de la simple comunicación de los conceptos científicos con rigor ya que también les ayuda a madurar y profundizar en dichos conceptos. Por este motivo, hemos diseñado un proyecto de clase en el primer curso de una Escuela Superior de Ingeniería, por medio de Wikipedia.org, la enciclopedia libre online que cualquiera puede editar. La Wikipedia es una plataforma muy accesible y abierta en Internet que transmite información tanto al público general como al especializado. Sus inicios datan de marzo de 2001 en inglés, y dos meses después en nueve idiomas entre ellos el español [2]. Actualmente es el séptimo sitio más accesible en el mundo en Internet [3] y en su versión española es la segunda Wikipedia en número de usuarios, conteniendo más de un millón de artículos en Español. En [2] se incluye un mapa por regiones del uso de la Wikipedia, comprobando la gran aceptación que tiene en España. Prestigiosos escritores como Jorge Luis Borges son precursores del inicio de la enciclopedia en la web [4].

Una de las grandes ventajas de la Wikipedia es su formato que está diseñado para que cualquier persona pueda crear o editar una entrada con un mínimo de instrucciones y además, las entradas pueden interconectarse fácilmente a través de enlaces. Por otro lado, se puede realizar un seguimiento de las ediciones anteriores de cualquier entrada ya que, cuando se realiza la edición, se dispone de una historia previa de todos los cambios.

En este artículo se describe y analiza un proyecto de clase que permite a los estudiantes explorar conceptos universitarios en la física y aprender cómo comunicar la ciencia a una audiencia muy variada. El proyecto consiste en una colaboración de los estudiantes para la edición de una entrada en Wikipedia.org. El proyecto ha sido implementado con un grupo escogido de alumnos del primer curso (primer semestre de 2010) de la Universidad Politécnica de Madrid. Se ha iniciado una vez finalizadas las sesiones del Laboratorio de Física I (LFIS I) y de las clases teóricas correspondientes de Mecánica y Electro-magnetismo, que sirvieron como base para el comienzo del proyecto. Debido a la buena acogida por parte de los alumnos, se pretende realizar un nuevo proyecto en el segundo semestre del año.

Con el propósito de justificar la eficacia de introducir la edición de Wikipedia en un 1er ciclo de estudios de ingeniería, presentamos en la sección II el contenido de un proyecto realizado con alumnos del 1er curso de la ETSI de Telecomunicación de la UPM. En la sección III se describen los resultados obtenidos mediante un estudio estadístico aplicando un test-t de dos colas, incluyendo también las mo-

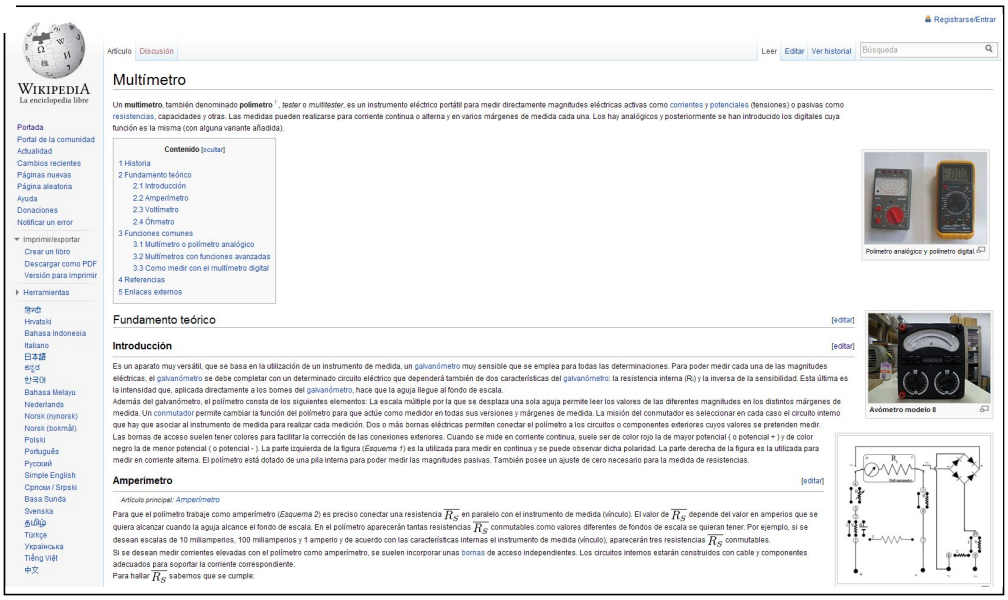


Figure 1. Entrada en la Wikipedia creada por los estudiantes del Laboratorio de Física I en el Invierno de 2010 sobre el polímetro. Se puede acceder a la versión completa en [8]

tivaciones y el interés demostrado por los propios alumnos. Finalmente, en la sección IV se discuten y presentan las conclusiones del trabajo. Además mostramos referencias sobre otros proyectos y trabajos de universidades interesadas en la incorporación de Wikipedia a los estudios universitarios.

II. EL PROYECTO

Organización y Estructura

El proyecto se realizó durante la segunda mitad del primer semestre y se dividió en cinco etapas cada una de una quincena de duración (15 días). El cronograma del proyecto tiene el siguiente calendario:

- *1ª Etapa*: Se hizo una convocatoria en la clase y en la plataforma Moodle de la asignatura, a los estudiantes del Laboratorio de Física I con un buen aprovechamiento del laboratorio que estuvieran interesados en participar. En esta etapa los profesores P. M. y V. A. iniciaron una búsqueda en la Wikipedia para seleccionar temas propios del laboratorio dando prioridad a los que tuvieran lagunas o fueran muy descriptivos. Otro argumento prioritario para la selección del tema fue que lo hubiesen trabajado los estudiantes en el laboratorio. El tema elegido fue sin duda el Polímetro ya que influía también un tercer argumento: su utilidad en un ámbito más genérico que el de la universidad. Como el proyecto estaba dirigido a un primer curso de ingeniería, la selección del tema estuvo a cargo de los profesores.
- *2ª Etapa*: Con una selección de 15 estudiantes, se hicieron dos grandes grupos: uno de ellos dedicado especialmente a la elaboración científica del proyecto con 7 estudiantes, el grupo A y el segundo dedicado a preparar y resolver las posibles dudas en la edición de la Wikipedia, el grupo B, con 8 estudiantes. La división no fue estricta ya que en la presentación de resultados parciales y finales colaboraron todos, opinando los dos grupos. Dentro de cada grupo los estudiantes se dividieron en equipos de dos o tres personas. Los equipos que comenzaron la edición, iniciaron la sesión en la Wikipedia con un nombre y contraseña de usuario para que cada edición pudiera ser fácilmente reconocida y compilada en adelante. Los profesores presentaron una explicación básica sobre como editar la Wikipedia junto con unas directrices de estilo [5,6] , y se alojó en la plataforma Moodle de la asignatura para su libre acceso y disponibilidad.
- *3ª Etapa*: El grupo A presentó los resultados de la elaboración científica del proyecto. Se les pidió a los estudiantes de los dos grupos razonar e identificar los aciertos y los posibles fallos tanto del propio documento científico como de su edición en la Wikipedia. En la discusión participaron también los profesores proponiéndose cambios y mejoras en el documento científico y en su edición.

  Se hizo énfasis en los dibujos y esquemas eléctricos para que aclarasen los puntos importantes del tema científico. A su vez se destacó la laguna que había

TABLE I. PROMEDIOS DE LA CONTRIBUCIóN DE LOS RECURSOS AL APRENDIZAJE CIENTÍFICO[1]

Recursos de Aprendizaje	Objetivos de Aprendizaje: Promedios de puntuación (con sus valores p)							
	1 Profundizar en los conceptos		*2 Construir argumentos bien razonados y contrastados*		*3 Comunicar un tema científico a un público general*		*4 Trabajar en colaboración*	
Libros de Texto	**7,65**	(0,000)	**7,79**	(0,000)	5,83	(0,289)	4,33	(0,421)
Literatura Científica	4,61	(0,681)	4,78	(0,286)	6,00	(0,296)	4,00	(0,110)
Plataforma Moodle	6,59	(0,180)	3,55	(0,154)	3,17	(0,079)	4,83	(0,867)
Cuaderno de Problemas	6,16	(0,372)	4,30	(0,522)	3,50	(0,191)	5,00	(1,000)
Realizar un Informe	6,90	(0,020)	**7,74**	(0,002)	4,83	(0,842)	**7,83**	(0,000)
Wikipedia	**7,91**	(0,004)	5,73	(0,350)	**9,00**	(0,000)	**7,33**	(0,004)
Vídeos Científicos	3,62	(0,153)	3,27	(0,064)	*7,50*	(0,009)	4,33	(0,465)
Trabajar Sólo	**7,13**	(0,001)	**6,76**	(0,004)	3,50	(0,091)	**1,33**	(0,000)
Trabajar en Equipos	6,59	(0,180)	**8,19**	(0,000)	*6,83*	(0,006)	**8,83**	(0,000)

1. La nota máxima de 9, indica que el Recurso con esa nota, contribuye en grado máximo para lograr el Objetivo específico. La nota mínima de 1 significa que el Recurso no contribuye en absoluto a lograr el Objetivo, pasando por el 5 o neutro (no contribuye ni mucho ni poco). La significación estadística viene dada por el valor p, entre paréntesis, para cada puntuación y está calculada respecto de la puntuación neutra. En negrita están los promedios que son relevantes por su significación estadística ($p \leq 0.005$) y en cursiva aquellos promedios que tienen una significación marginal ($0.005<p<0.01$).

en la Wikipedia de estos esquemas y dibujos en el tema elegido. Quedó claro que un instrumento eléctrico que no lleve incorporado su esquema eléctrico así como las leyes a que obedece y su estructura interna, se queda con un valor puramente descriptivo que impide su buen uso así como las posibles mejoras de su funcionamiento.

4ª Etapa: Estudiantes del grupo B, después de la información proporcionada en la etapa 2 y de consultar las ayudas que ofrece la Wikipedia de manera muy accesible y abierta, propusieron y realizaron una ayuda específica para la edición, que se adaptaba especialmente a las necesidades del proyecto. Por otro lado, hicieron una demostración en clase de cómo editar la Wikipedia con el texto científico preparado en la etapa 3, haciendo uso de la 'zona de pruebas' [5,6] que posee la Wikipedia . Se planteó el problema de los derechos de autor para la edición definitiva del documento científico y se propuso utilizar la licencia Creative Commons (3.0) [7].

El grupo A presentó las propuestas para la revisión del documento científico con una discusión y una valoración por parte de todos los estudiantes de los cambios realizados en comparación con la antigua versión.

- *5ª Etapa*: Finalmente los dos grupos presentaron su entrada definitiva a toda la clase. Para su edición e implementación definitiva en la Wikipedia, se eligió una cuenta de usuario de grupo, LFISETSITUPM2010, que se canceló al finalizar el proyecto. Se valoró y discutió la importancia de la contribución del proyecto a la mejora de la Wikipedia en el tema elegido, comparando la entrada del tema antes y después de los cambios que se hicieron. Se mostró la relevancia y la necesidad de los cambios, y se sugirieron futuras incorporaciones. Una parte de la entrada realizada en el proyecto aparece en la Fig. 1. La entrada completa se puede ver en [8] . Esta consta de la definición y fotografías iniciales, un breve resumen histórico incluyendo antiguos modelos de AVO, así como la implementación de todo el fundamento teórico (en su función como Amperímetro, Voltímetro y Óhmetro) del que carecía por completo.

III. EVALUACIÓN Y RESULTADOS DEL PROYECTO

Los estudiantes estuvieron en general muy motivados y satisfechos de hacer el proyecto y se vieron recompensados en sus esfuerzos de manera 'muy visible' al figurar su trabajo en Wikipedia.org. El trabajo de los estudiantes se puede ahora apreciar de manera fácil y muy accesible en [8] Al finalizar el proyecto los alumnos hicieron comentarios por escrito sobre su opinión del trabajo realizado. Declararon que habían adquirido una mayor comprensión del tema científico y que habían aprendido a comunicar conceptos avanzados de la ciencia a un público en general. Manifestaron también los beneficios aportados por el trabajo para su aprendizaje. A la pregunta de qué es lo que más les había interesado y qué podían destacar de esta experiencia, hubo muchas y motivadoras respuestas, de las que hemos seleccionado algunas:

- Nos ha permitido profundizar en los conceptos del Laboratorio de Física y tenerlos más claros.
- Creemos que hemos mejorado la forma de exponer nuestros conocimientos, de manera que puedan ser comprendidos por un receptor.
- Hemos profundizado en la comprensión del polímetro y hemos visto de cerca el funcionamiento de Wikipedia, lo cual nos ha ayudado, además, a valorar realmente el trabajo que hay detrás de algo que para nosotros es tan sencillo como hacer click.
- También es importante la responsabilidad que supone hacer algo que llega a tanta gente.

- Compartir conocimientos entre todos los compañeros y aprender a trabajar mejor en equipo.

Con la finalidad de evaluar en qué medida el proyecto de la Wikipedia contribuyó a los objetivos de aprendizaje del curso, al finalizarlo, se realizó una encuesta retrospectiva en grupos de dos o tres estudiantes para formar 6 equipos. Teníamos especial interés en conocer de una manera cuantitativa, en qué aspectos del aprendizaje científico puede ayudar la Wikipedia de manera importante. Los objetivos de aprendizaje que hemos considerado son:

1) *Profundizar en los conceptos de la Física.*
2) *Comprender cómo se construye un argumento bien razonado y contrastado.*
3) *Comunicar ciencia y tecnología a un público diverso. Desde los propios alumnos a audiencias fuera del ámbito científico.*
4) *Trabajar en colaboración con éxito.*

Para elaborar la encuesta se eligieron *nueve recursos de aprendizaje* que utilizan en el curso los estudiantes: 'el libro de texto', 'los vídeos científicos', los recursos de internet como 'la plataforma Moodle', 'el cuaderno de problemas', 'la realización de un informe de laboratorio' (o de un tema específico), 'la literatura científica', 'edición de la Wikipedia', 'trabajar sólo' y 'trabajar en grupo'. En la Tabla 1 se indican los cuatro objetivos elegidos junto con los recursos utilizados para conseguirlos.

Con el fin comparar el proyecto de la Wikipedia con los otros tres objetivos de aprendizaje, en la encuesta se preguntaba a los estudiantes acerca de cómo influyen los nueve recursos en los cuatro objetivos de aprendizaje de la física, en particular para el curso de LFISI . En concreto, considerando un objetivo, la pregunta fue la siguiente: *¿hasta qué punto cree usted que cada uno de los nueve recursos ha contribuido a este objetivo*? Esta pregunta se realizó para cada uno de los cuatro objetivos. La puntuación para la valoración de la pregunta iba desde 1 (no contribuye nada) hasta 9 (contribuye al máximo). El valor intermedio de 5 representa la respuesta neutra que no aportaría información alguna a la valoración del objetivo. Hemos utilizado un test-t de dos colas para analizar la significación estadística relativa de cada recurso en relación a los cuatro objetivos. Presentamos los resultados del análisis en la Tabla 1, donde se pueden apreciar los promedios de los seis equipos a los que se les hizo la encuesta, junto con su valor p entre paréntesis. Los promedios se presentan para cada uno de los objetivos de aprendizaje y para los nueve recursos utilizados por los estudiantes para alcanzar esos objetivos. En la Tabla aparecen en conjunto y numerados del 1 al 4, los cuatro objetivos de aprendizaje considerados en el proyecto. Para valorar la significación estadística de nuestros resultados y poder analizar qué recursos contribuyen más y cuáles contribuyen menos a cada uno de los objetivos de aprendizaje, consideramos aquellos promedios con un valor $p \leq 0.005$, como de una significación alta. Así mismo, aparecen en cursiva aquellos promedios que tienen una significación marginal ($0.005<p<0.01$). Los promedios con un valor $p > 0.01$, los consideramos como no significativos para el estudio. Pensamos que es acertado nuestro criterio de valoración, cuando observamos las respuestas de los estudiantes al objetivo de *trabajar en colaboración*. En efecto, se puede observar en dicha tabla que los promedios con significación relevante para este objetivo han sido: 1º) **8,83** para el recurso 'Trabajar en Equipos'; 2º) **7,83** para el de 'Realizar un Informe' y 3º) **7,33** para el de la 'Wikipedia'. Respecto al 2º recurso, los alumnos de LFISI ya han realizado informes de prácticas por equipos, previos al proyecto, sirviéndoles como una buena referencia a la hora de valorar el objetivo de *trabajar en colaboración*. Por otro lado, al preguntarles a los estudiantes por escrito que hicieran una reflexión sobre el recurso de la Wikipedia, son a menudo coincidentes en las respuestas y consideran que con el proyecto de la Wikipedia han aprendido a trabajar mejor en equipo.

Siendo de por sí interesante observar en conjunto los resultados obtenidos en la Tabla 1, queremos resaltar que el proyecto de la Wikipedia ha conseguido las mejores calificaciones en tres de los cuatro objetivos de aprendizaje del curso siendo los siguientes recursos más valorados 'Trabajar en Equipos' y 'Realizar un Informe'. Para profundizar en los conceptos en la física, los alumnos dan las mejores calificaciones al proyecto de la Wikipedia, a 'Los Libros de Texto' y a 'Trabajar Solos'. Centrándonos en nuestro interés prioritario de *cómo comunicar mejor temas científicos a una audiencia general*, observamos que el proyecto de la Wikipedia es además el único objetivo de aprendizaje que tiene una contribución relevante, llevándose por otro lado, la máxima puntuación.

IV. Discusión y Conclusiones

Hoy en día, existen en cursos superiores de grado buenos trabajos orientados a planificar proyectos sobre cómo comunicar temas avanzados de ciencia [1] o para usos de internet y de los códigos abiertos que contribuyan al proceso de aprendizaje [9]. Trabajos paralelos en los primeros niveles universitarios son todavía muy escasos. Con este trabajo queremos contribuir en la aplicación de estos recursos a los estudiantes de los primeros cursos de universidad en ciencia e ingeniería. Una conclusión del trabajo que queremos resaltar es el hecho de que los estudiantes aprenden mejor y profundizan más en los conceptos en su proceso de aprendizaje cuando han de comunicar ciencia a sus compañeros o a un público diverso. Su actitud es más responsable y crítica cuando se les presenta el reto de comunicar ciencia, contribuir a la enseñanza con la oportunidad añadida de hacerlo visible en la plataforma de la Wikipedia. Nuestros resultados están de acuerdo con los de Coleman cuando afirma que un estudiante que se plantea la necesidad de hacer una explicación, sobre algo que está aprendiendo, adquiere un mayor nivel de conocimiento [10,11]. El aprendizaje en equipo es un recurso para una enseñanza de segunda generación, que combina la colaboración y cooperación entre los estudiantes, el aprendizaje y la enseñanza recíproca donde un grupo de estudiantes sobresalientes guían el aprendizaje de otros que son principiantes [12,13]. Nosotros hemos comprobado que con el proyecto de la Wikipedia los

estudiantes aprenden con eficacia a trabajar en equipo. En los grupos de trabajo, un estudiante reflexiona y propone a otro cómo explicar un concepto determinado de física y planifica cómo comunicarlo a los demás. Con este aprendizaje en equipo, comprenden mejor que el verdadero conocimiento proviene de discutir sobre un tema científico las bases de las respuestas y de sus conclusiones, en lugar de memorizarlas.

Para continuar con esta experiencia en futuros trabajos, contamos además con la experiencia de expertos wikipedistas que mantienen la Wikipedia en un alto nivel [14,15,16] y con proyectos de otras universidades y centros de enseñanza media y superior que quieren incorporar la Wikipedia en sus cursos [17].

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al grupo de alumnos del 1er Curso del Laboratorio de Física I (1er Semestre 2010) que ha contribuido a la edición de la Wikipedia para este proyecto, por su trabajo, participación interés y discusiones.

REFERENCIAS

[1] Cheryl L. Moy, Jonas R. Locke, Brian P. Coppola and Anne J. McNeil, "Improving Science Education and Understanding through Editing Wikipedia", J. Chem. Educ. vol. 87, pp. 1159-1161, Noviembre 2010.

[2] http://es.wikipedia.org/wiki/Wikipedia_en_español (acceso, Febrero de 2011).

[3] http://www.alexa.com/ (acceso,Febrero de 2010).

[4] http://www.nytimes.com/2008/01/06/books/06cohenintro.html (acceso, Febrero de 2011).

[5] http://es.wikipedia.org/wiki/Ayuda:Como_se_edita_una_pagina , (acceso, Febrero de 2011).

[6] http://es.wikipedia.org/wiki/Wikipedia:Zona_de_pruebas , (acceso, Febrero de 2011).

[7] http://es.wikipedia.org/wiki/Wikipedia:Derechos_de_autor , (acceso, Febrero de 2011).

[8] http://es.wikipedia.org/wiki/Multímetro , (acceso, Marzo de 2011).

[9] http://en.wikipedia.org/wiki/Open_Source_Physics , (acceso, Febrero de 2011).

[10] Coleman, E. B.; Brown, A. L.; Rivkin, I. D., "The effect of instructional explanations on learning from science texts", Journal of the Learning Sciences , vol. 6, pp. 347–365, 1997.

[11] Coleman, E. B. "Using Explanatory Knowledge During Collaborative Problem Solving in Science", J. Learn. Sci. , vol. 7 (3&4), pp.387–427, 1998.

[12] Varma-Nelson, P.; Coppola, B. P., "Team Learning." in Pienta, N.; Cooper, M. M.; Greenbowe, T.; "Chemist's Guide to Effective Teaching" , Saddle River, NJ: Pearson, 2005; pp. 155-169.

[13] Brown, A.L., Palincsar, A.S., "Guided, Cooperative Learning and Individual Knowledge Acquisition" in "Learning, and Instruction: Essays in Honor of Robert Glaser", L,B. Resnick (Ed.), Hillsdale N. J.: Lawrence Erlbaum Associates; 1989, pp. 393-451.

[14] http://en.wikipedia.org/wiki/Wikipedia:WikiProject_Council/Directory/Science#Physics , (acceso, Febrero de 2011).

[15] http://en.wikipedia.org/wiki/Open_Source_Physics , (acceso, Febrero de 2011).

[16] http://en.wikipedia.org/wiki/Wikipedia:WikiProject_RNA , (acceso, Febrero de 2011).

[17] http://en.wikipedia.org/wiki/Schools_and_universities_project (acceso, Febrero de 2011).

SUCUPIRA: um Sistema de Extração de Informações da Plataforma Lattes para Identificação de Redes Sociais Acadêmicas

Alexandre Donizeti Alves, Horacio Hideki Yanasse
Laboratório de Computação Aplicada - LAC
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, INPE
São José dos Campos, Brasil
alexdonizeti@gmail.com, horacio@lac.inpe.br

Nei Yoshihiro Soma
Divisão de Ciência da Computação
Instituto Tecnológico de Aeronáutica, ITA
São José dos Campos, Brasil
soma@ita.br

***Resumo*—A Plataforma Lattes é hoje, sem dúvida, a principal fonte de informações sobre os pesquisadores brasileiros e tem um elevado potencial para extração de informação. Este artigo descreve "SUCUPIRA", um sistema de extração de informações da Plataforma Lattes para identificação de redes sociais acadêmicas.**

Palavras-chave: extração de informações; redes sociais acadêmicas; Plataforma Lattes

I. INTRODUÇÃO

O crescimento explosivo e a popularidade da Web têm resultado em uma grande quantidade disponível de fontes de informação na Internet. O crescimento acelerado de dados que são tornados públicos em formato digital na Web faz com que seja necessário, igualmente, desenvolver ferramentas capazes de obter automaticamente informações de interesse do usuário. Isto traz grandes desafios na elaboração de metodologias eficazes para pesquisa, acesso e integração de informação [1].

No Brasil, a Plataforma Lattes (PL) é um sistema de informação desenvolvido e implantado pelo CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) para gerenciar informações relacionadas a pesquisadores e instituições do país [2]. A PL é hoje, sem dúvida, a principal fonte de informações sobre os pesquisadores brasileiros e tem um elevado potencial para extração de informação. Este fato foi, inclusive, recentemente reconhecido em artigo publicado na revista Nature [3]. O artigo cita a PL como um exemplo de banco de dados completo e altamente qualificado.

Como exemplos de utilização da PL, poder-se-ia extrair informação para ajudar o Governo Federal a mapear informações sobre áreas do conhecimento específicas e, desta forma, possibilitar um investimento direcionado de acordo com a região em que se encontram ou mantêm vínculo funcional os principais pesquisadores daquelas áreas. Pode também ajudar a responder questões do tipo: o ambiente em que um pesquisador está pode influenciar em sua carreira profissional e acadêmica? O impacto que o trabalho conjunto com algum pesquisador que tem atuação destacada aumenta as chances de sucesso em uma carreira acadêmica?

Descobrir os relacionamentos existentes entre os pesquisadores, entretanto, não é uma tarefa trivial, uma vez que não existem instrumentos que permitam que isso seja feito de maneira simples e imediata, e sem o auxílio de desenvolvedores experientes.

Um sistema automático poderia ajudar a descobrir esses relacionamentos que, muitas vezes, não são aparentes. Além disso, questões como as apresentadas a seguir poderiam ser igualmente respondidas para grupos de pesquisadores:

- Qual a relação entre os pesquisadores?
- Em que região do país estão? Em que estado? Em qual instituição?
- Quantas publicações em revistas? Em congressos?
- Como é a regularidade e a evolução das publicações?

Esses são alguns dos objetivos do sistema SUCUPIRA, que é um protótipo para extração de informações da PL para identificação de redes sociais acadêmicas.

Este artigo está organizado da seguinte maneira: na Seção II é apresentada uma visão geral da PL, dando ênfase nas ferramentas existentes e em desenvolvimento para extração de informações, além de destacar alguns trabalhos relacionados à extração de informação da PL. Na Seção III é apresentado o sistema SUCUPIRA, destacando sua arquitetura e as principais funcionalidades. Finalmente, na Seção IV são apresentadas as conclusões e trabalhos futuros.

II. A PLATAFORMA LATTES

A PL é mantida pelo Governo Brasileiro e inclui sistemas de informação, bancos de dados e portais Web. O principal componente da plataforma é o sistema Currículo Lattes, que é um sistema de informação curricular.

O sistema Currículo Lattes armazena mais de 2.000.000 de currículos de pesquisadores, docentes, estudantes e profissionais das diversas áreas do conhecimento que atuam em ciência, tecnologia e inovação, principalmente no Brasil.

O *currículo Lattes* ou *CV Lattes* é um documento criado pelo CNPq com o objetivo de padronizar e centralizar as

informações pessoais, profissionais e acadêmicas da comunidade científica brasileira. Através do sistema Currículo Lattes é possível consultar essas informações a qualquer momento e de maneira muito simples via Web. Os dados dos currículos são preenchidos pelo próprio profissional e têm sido utilizados como fonte de informações por agências de fomento no país para avaliação de pesquisadores, projetos, programas de pós-graduação etc. Com isso, este banco de dados é atualizado sistematicamente. Além disso, a própria comunidade científica monitora a qualidade e fidelidade das informações contidas no sistema, uma vez que na disputa por recursos, os currículos de cada profissional são utilizados para comparação. Percebe-se, portanto, que esse sistema tem um elevado potencial para extração de informação.

Apesar do sistema Currículo Lattes ser público e acessível via Web (http://lattes.cnpq.br/) há uma restrição de acesso. Atualmente, para consultar um currículo é necessário informar um código alfa-numérico, cuja finalidade é evitar buscas automáticas por *scripts*. A seguir são apresentadas algumas ferramentas que permitem extrair informações desse sistema.

A. Ferramentas para Extração de Informação

Na revisão da literatura efetuada, foram encontradas duas ferramentas que permitem a extração de informações a partir de currículos Lattes: Lattes Extrator e scriptLattes.

Lattes Extrator foi desenvolvida pelo próprio CNPq e é uma das ferramentas que compõem a PL. É acessível via Web (http://lattesextrator.cnpq.br/lattesextrator/), sendo que seu acesso é restrito. Atualmente, somente instituições licenciadas podem extrair informações diretamente do banco de dados de currículos Lattes do CNPq e somente informações de seus próprios pesquisadores, docentes, estudantes e colaboradores. As informações extraídas são disponibilizadas em arquivos no formato XML e as instituições podem desenvolver rotinas para a importação dessas informações para as suas próprias bases. As extrações são feitas em lote e podem ser configuradas de acordo com o interesse e as permissões de cada usuário.

scriptLattes é um *script* desenvolvido em Perl para a extração e compilação de produções bibliográficas, produções técnicas, produções artísticas, orientações, participação em bancas examinadoras, participação em comissões julgadoras, eventos, grafos de colaborações e mapa de pesquisa de um conjunto de pesquisadores cadastrados na PL [4].

Na literatura consultada não foi encontrada nenhuma biblioteca que extrai informações de currículos Lattes e/ou identifica relacionamentos entre eles. Por isso, atualmente está em desenvolvimento, pelos autores do presente artigo, uma biblioteca denominada LattesMiner. É uma biblioteca orientada a objetos para extração de informações de currículos Lattes e identificação de redes sociais acadêmicas. A biblioteca é composta por um conjunto de classes escritas em Java que permite que outros desenvolvedores implementem as suas próprias aplicações [5].

A biblioteca LattesMiner é composta por seis componentes: Aquisição de Dados, Descoberta de Dados, Extração de Dados, Estruturação de Dados, Visualização e Análise de Dados. Uma visão geral da arquitetura de componentes da biblioteca LattesMiner é ilustrada na Figura 1. A seguir é apresentada uma breve descrição da biblioteca LattesMiner, destacando seus principais componentes.

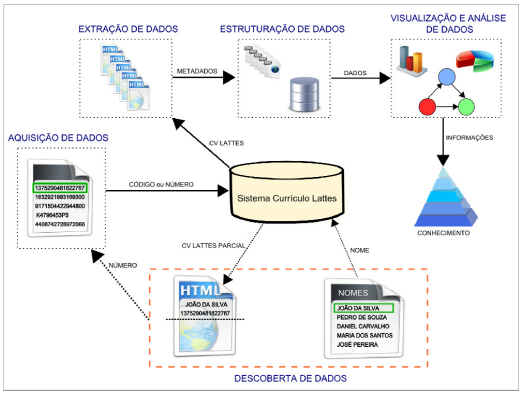


Figura 1. Arquitetura de componentes da biblioteca LattesMiner

O componente "Descoberta de Dados" é usado para descobrir o número (ID) dos pesquisadores. Cada CV Lattes tem uma URL que permite acessá-lo diretamente. Usualmente, apenas o nome do pesquisador está disponível e o sistema Currículo Lattes não permite realizar a busca automática por nome. A URL é composta por um número de 16 dígitos (*e.g.* http://lattes.cnpq.br/6187221670775160). Com esse número (ID), é possível acessar um determinado currículo automaticamente quantas vezes forem necessárias sem restrição e, portanto, pode ser acessada por mecanismos de busca automáticos. A biblioteca LattesMiner permite acessar um CV Lattes sem o problema de restrição de acesso.

Para o componente "Descoberta de Dados" é retornada apenas a parte inicial do CV Lattes para verificar se o nome contido no currículo é igual ao nome procurado. O resultado desse componente pode ser usado como entrada para o componente "Aquisição de Dados". Este componente é responsável por baixar os currículos Lattes dos pesquisadores a partir do sítio do CNPq e gravá-los como arquivos HTML.

O componente "Extração de Dados" é o principal componente da biblioteca LattesMiner. Este componente é responsável por extrair os dados dos arquivos HTML. Para a extração de dados em um CV Lattes a partir do arquivo HTML foi usada a técnica de extração de informação baseada em expressões regulares. Foi observado que trechos de código no arquivo HTML do CV Lattes têm uma estrutura de repetição, ou seja, têm a mesma formatação HTML [6][7]. Os dados extraídos podem ser armazenados em XML ou em um banco de dados qualquer usando o componente "Estruturação de Dados".

O componente "Visualização de Dados" é responsável pela identificação e visualização de redes sociais acadêmicas. A identificação dessas redes sociais é feita verificando os relacionamentos entre os pesquisadores. E o componente "Análise de Dados" é responsável pela análise dos dados extraídos e também pela análise dos relacionamentos identificados.

A seguir compara-se a nova ferramenta com as anteriores da literatura.

B. *Comparação entre as Ferramentas*

Lattes Extrator tem a vantagem de extrair os currículos diretamente do banco de dados da PL e são extraídos como arquivos XML. As ferramentas scriptLattes e LattesMiner extraem os currículos a partir do sistema Currículo Lattes disponível na Web. Nessas ferramentas, os currículos são extraídos como páginas HTML, o que dificulta a extração de informações.

Um dos problemas da scriptLattes é que as páginas são geradas em HTML/JSP, o que obriga o usuário ter um servidor Web instalado e devidamente configurado para executar páginas dinâmicas em Java. Além disso, a ferramenta é restrita ao sistema operacional Linux. A biblioteca LattesMiner é implementada em Java, podendo ser usada em qualquer plataforma e sistema operacional.

A principal vantagem da biblioteca LattesMiner é o fato de ser uma biblioteca que permite aos desenvolvedores programarem suas próprias aplicações, ao contrário das ferramentas Lattes Extrator e scriptLattes. Essas ferramentas realizam busca pelo número (ID) do pesquisador, enquanto a biblioteca LattesMiner também permite a busca pelo nome do pesquisador. Dessa forma, é possível buscar por qualquer nome citado em um CV Lattes, aumentando assim o número de relacionamentos identificáveis.

C. *Trabalhos Relacionados*

Nos últimos anos, muitos trabalhos foram realizados usando os dados disponíveis na base da PL e por pesquisadores das mais diversas áreas do conhecimento [8][9][10][11]. Alguns desses trabalhos analisaram o perfil dos bolsistas de produtividade em pesquisa em áreas como Saúde Coletiva [12] e Odontologia [13][14]. Essas análises foram feitas usando informações contidas nos currículos Lattes dos pesquisadores dessas áreas específicas.

Em muitos destes trabalhos tanto os dados relativos aos currículos Lattes quanto às informações neles contidas foram obtidas de maneira manual. Além disto, quando os currículos são extraídos no formato XML, usando a ferramenta Lattes Extrator, há restrições, pois somente instituições licenciadas têm acesso e, conforme mencionado anteriormente, somente para os currículos da própria instituição. Análises que envolvam múltiplas instituições e/ou pesquisadores de outras instituições tornam o processo extremamente moroso por não ser feito automaticamente. Mesmo a repetição da análise para o mesmo conjunto de pesquisadores, apenas com variação temporal é também morosa.

Portanto, um sistema que automatize todo esse processo, permitindo refazer o processo quantas vezes forem necessárias é bastante bem vindo.

Na próxima Seção é apresentado o sistema SUCUPIRA, destacando a sua arquitetura e as principais funcionalidades.

III. O SISTEMA SUCUPIRA

A biblioteca LattesMiner faz parte de um projeto maior denominado "Sistema Unificado de Currículos e Programas: Identificação de Redes Acadêmicas - SUCUPIRA", financiado pela CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior).

O projeto SUCUPIRA, cujo acrônimo traz a lembrança do sobrenome do falecido Professor Emérito da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Newton Lins Buarque Sucupira e relator do importante Parecer 977/65 sobre a Pós-Graduação, visa ser uma ferramenta computacional automatizada e de domínio público que pode eventualmente auxiliar a obtenção de indicadores de desempenho de docentes, pesquisadores e programas de pós-graduação. A principal ferramenta desse projeto é o sistema SUCUPIRA, que será apresentado a seguir.

O SUCUPIRA é um sistema de extração de informações da PL para identificação de redes sociais acadêmicas. O protótipo do sistema será em breve acessível via Web e de acesso público. No momento, um vídeo está disponível em http://www.lac.inpe.br/~projetosucupira/cisti2011/demo.html, demonstrando as principais funcionalidades do protótipo. A Figura 2 ilustra a página inicial do sistema SUCUPIRA que exibe a localização geográfica atual do usuário.

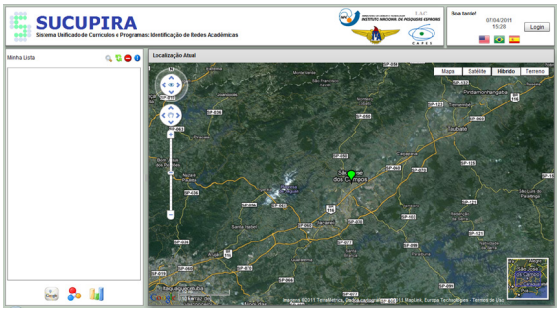


Figura 2. Página inicial do sistema SUCUPIRA

A. *Arquitetura*

O sistema SUCUPIRA está sendo implementado usando a tecnologia Adobe Flex, que suporta o desenvolvimento de aplicações ricas para Internet e compatíveis com várias plataformas. Para acessar o SUCUPIRA é necessário que o usuário tenha no seu navegador Web o Adobe Flash Player instalado, aplicativo pelo qual são visualizados as aplicações Flex.

No lado servidor está sendo usada a linguagem Java. Para que o Flex consiga se integrar perfeitamente com Java, é necessário ter um *gateway* que possa converter os tipos de dados nativos do Flex (especificamente, do ActionScript) para os tipos de dados nativos do Java e vice-versa. Para isso é usado o AMF (*Action Message Format*), que é um protocolo de especificação aberta, compacto e que trafega os dados em formato binário. Há várias implementações que suportam o AMF. No sistema SUCUPIRA foi utilizado o *gateway* BlazeDS [15] que foi desenvolvido em Java e é de código aberto.

A seguir é apresentada uma descrição da arquitetura do sistema SUCUPIRA, ilustrada pela Figura 3, destacando os principais componentes.

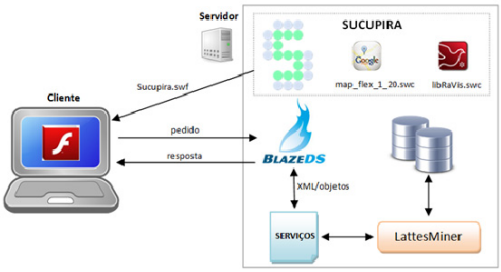


Figura 3. Arquitetura do Sistema SUCUPIRA

Quando um usuário acessa a página do SUCUPIRA, basicamente é retornado o arquivo Flash do sistema (Sucupira.swf). O sistema faz uso da biblioteca do *Google Maps* para Flash [16] para exibir a localização atual do usuário e para exibir a distribuição geográfica dos pesquisadores que fazem parte da lista desse usuário. Também faz uso do componente *RaVis* (*Relational Analysis Visualization*) [17] da biblioteca *BirdEye* [18] para exibir os grafos de relacionamentos entre os pesquisadores.

Em seguida, o sistema fica aguardando as solicitações do usuário. Toda solicitação é atendida pelo *gateway* BlazeDS que, por sua vez, encaminha a solicitação para uma classe escrita em Java que implementa os serviços oferecidos. Cada serviço oferecido é implementado por um método dessa classe, que faz acesso à biblioteca LattesMiner, responsável por extrair as informações do CV Lattes dos pesquisadores. As informações extraídas são armazenadas em um banco de dados qualquer que pode ser definido no momento da implantação do sistema. Isso é possível porque a biblioteca LattesMiner possui um arquivo texto de propriedades que permite configurar qual gerenciador de banco de dados será usado, podendo ser alterado facilmente a qualquer instante.

A comunicação entre o *gateway* BlazeDS e a classe de serviços é feita através de objetos Java ou através de documentos XML. Por fim, o resultado é enviado ao cliente e as informações apresentadas ao usuário na forma de mapas, grafos de relacionamentos, gráficos ou tabelas. Essas funcionalidades são apresentadas a seguir.

B. Principais Funcionalidades

Uma das principais funcionalidades do sistema SUCUPIRA é gerenciar uma lista de pesquisadores definida por cada usuário do sistema. A idéia é que o usuário adicione na sua lista, chamada no sistema de "Minha Lista", os pesquisadores que ele deseja comparar e analisar.

Inicialmente, o usuário deve fazer o login no sistema. Caso seja o seu primeiro acesso, é necessário se cadastrar. Para isso, basta informar o login, o nome, a senha e se o usuário tiver uma webcam na sua máquina é possível capturar sua foto.

Após o login, é permitido realizar a busca por pesquisadores, bastando clicar no ícone do componente "Minha Lista" do sistema. Feito isso, é exibida a janela de "Busca por Pesquisadores", ilustrada parcialmente pela Figura 4.

Figura 4. Janela para Busca de Pesquisadores

Na janela de "Busca por Pesquisadores", o usuário deve informar o nome do pesquisador e clicar no ícone para realizar a busca. Se o pesquisador for encontrado, são exibidas diversas informações que permitem ao usuário confirmar se é realmente o pesquisador procurado. Caso o seja, o usuário pode clicar no ícone para inseri-lo na sua lista. Feito isso, todos os dados desse pesquisador são extraídos e armazenados no banco de dados; o componente "Minha Lista" do usuário é automaticamente atualizado e um novo pesquisador pode ser procurado.

Para demonstrar as principais funcionalidades do sistema SUCUPIRA foram escolhidos, de forma aleatória, seis pesquisadores, todos Bolsistas de Produtividade em Pesquisa do CNPq de nível 1A. Esses pesquisadores foram adicionados ao componente "Minha Lista", conforme ilustra a Figura 5. Os três primeiros pesquisadores na lista são da área de Medicina e os outros três são da área de Ciência da Computação.

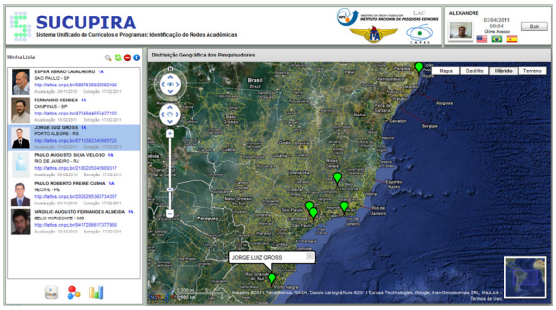


Figura 5. Distribuição Geográfica dos Pesquisadores

A Figura 5 também ilustra a distribuição geográfica dos pesquisadores que fazem parte do componente "Minha Lista" do usuário. Essa funcionalidade pode ser acionada clicando no ícone . Com isso, é possível visualizar no mapa onde estão trabalhando esses pesquisadores, uma vez que a localização é baseada no endereço profissional informado no CV Lattes de cada pesquisador.

Também é possível visualizar o gráfico de publicações desses pesquisadores, conforme ilustra a Figura 6. Essa funcionalidade é acionada clicando no ícone , sendo possível aumentar a área de visualização do gráfico, ocultando o componente "Minha Lista".

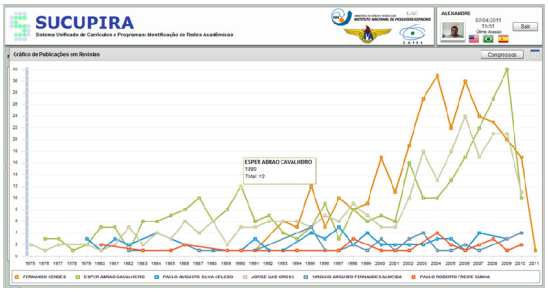


Figura 6. Gráfico de Publicações em Revistas

O gráfico apresentado é referente às publicações dos pesquisadores em revistas. Para visualizar o gráfico de publicações em congressos basta clicar no botão "Congressos". Para visualizar qualquer um dos gráficos na forma de tabela, basta clicar no ícone e a tabela correspondente é exibida. A Figura 7 ilustra a tabela de publicações em revistas e a Figura 8 ilustra a tabela de publicações em congressos.

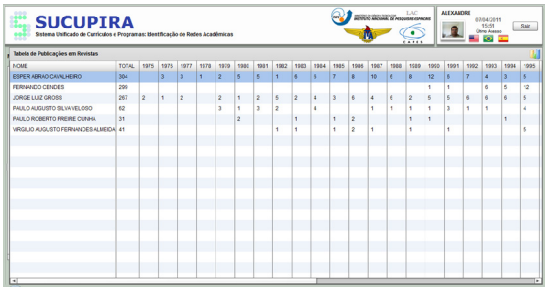


Figura 7. Tabela de Publicações em Revistas

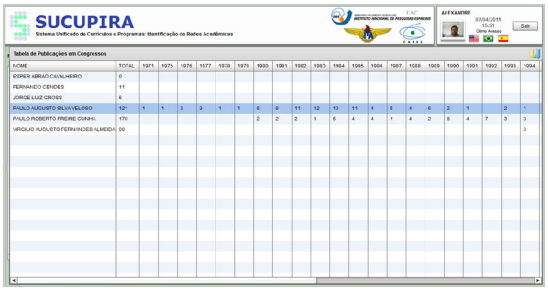


Figura 8. Tabela de Publicações em Congressos

Analisando essas tabelas, é possível perceber que os três primeiros pesquisadores, todos da área de Medicina, praticamente não publicam em congressos. Por outro lado, o número de publicações em revistas é significativo. Já os pesquisadores da Ciência da Computação, apesar de também publicarem em revistas, publicam mais em congressos.

A principal funcionalidade do SUCUPIRA é a visualização das redes sociais acadêmicas identificadas entre os pesquisadores. Esta funcionalidade pode ser acionada clicando no ícone . As redes sociais são representadas no sistema na forma de grafos. Atualmente, apenas um tipo de grafo está disponível. Esse grafo é definido verificando os contatos (links para outros currículos Lattes) contidos no CV Lattes de cada pesquisador. Todo contato contém o número (ID) do pesquisador, o que permite identificar os relacionamentos entre os pesquisadores.

A Figura 9 ilustra o grafo de contatos entre os seis pesquisadores, destacados em vermelho. Esse grafo foi exibido definindo o grau de separação entre os vértices igual a 2. A Figura 10 exibe o mesmo grafo considerando o grau de separação igual a 1. Também é possível trocar o tipo de layout, além de outros controles que são fornecidos pelo componente *RaVis* e são usados no sistema.

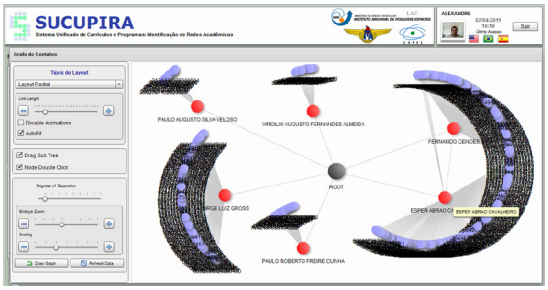


Figura 9. Grafo de Contatos de grau 2 de separação

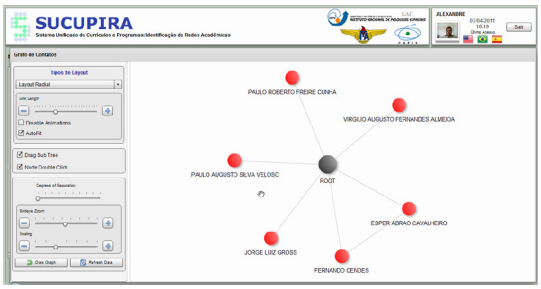


Figura 10. Grafo de Contatos de grau 1 de separação

No grafo da Figura 10 observa-se um relacionamento entre dois pesquisadores, ambos da área de Medicina, sendo que um trabalha na Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP) e o outro na Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP).

C. *Trabalhos Relacionados*

Atualmente, agências públicas de fomento como o CNPq e a CAPES se empenham cada vez mais em oferecer ferramentas que forneçam informações sobre as pesquisas no Brasil, desde investimentos financeiros até informações sobre pesquisadores em geral.

Recentemente, o CNPq disponibilizou mais uma ferramenta, denominada Painel Lattes [19], que também compõe a PL. A ferramenta oferece dados estatísticos sobre as pesquisas no Brasil e sua evolução nos últimos anos. As informações são extraídas da base de currículos da PL e apresentadas em forma de painéis, organizados por geografia, sexo e faixa etária, entre outros.

A CAPES também oferece uma ferramenta, denominada GEOCAPES [20], que é uma base de dados estatísticos que consiste em referenciar informações de acordo com sua localização geográfica. As informações são apresentadas na forma de mapas, gráficos e tabelas. Dentre as informações disponibilizadas estão: a concessão de bolsas de pós-graduação; distribuição de discentes, docentes e bolsistas de pós-graduação, entre outras.

Um problema comum nas duas ferramentas é o fato das informações apresentadas serem baseadas em dados coletados em uma determinada data e que podem ter sido modificados. Uma vantagem do SUCUPIRA é que os dados são obtidos diretamente da base de dados da PL durante o uso da ferramenta, permitindo que as análises sejam feitas com dados atualizados.

Existem diversas outras ferramentas que fornecem informações sobre pesquisadores em nível mundial. Algumas delas são: Google Scholar [21], Microsoft Academic Search [22], SciVerse Scopus [23] e Scirus [24]. O sistema SUCUPIRA é limitado no momento a pesquisadores cadastrados na PL e possibilita extrair informações específicas sobre grupos de pesquisadores que, de nosso conhecimento, seriam muito trabalhosas de serem obtidas com as ferramentas existentes.

IV. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Este artigo apresentou o sistema SUCUPIRA que permite extrair informações de currículos Lattes para identificação de redes sociais acadêmicas e para análise simples dessas informações. O sistema está em desenvolvimento e o principal objetivo é identificar relacionamentos acadêmicos entre os pesquisadores. Atualmente, apenas um tipo de relacionamento é identificado. Entretanto, com as informações que já são extraídas do CV Lattes dos pesquisadores é possível identificar outros tipos de relacionamentos como, por exemplo, relações de orientado/orientador, participação em bancas etc. Além disso, pode-se adicionar informação à própria representação da rede social, por exemplo, incluindo peso nas arestas representando o número de vezes que um determinado relacionamento acontece. Com isso, é possível visualmente observar o quão intenso tais relacionamentos ocorrem.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio financeiro da CAPES e CNPq.

REFERÊNCIAS

[1] S. Vadrevu, F. Gelgi, and H. Davulcu, “Information Extraction from Web Pages using Presentation Regularities and Domain Knowledge”, World Wide Web, vol. 10, n. 2, pp. 157-179, 2007.

[2] Plataforma Lattes, disponível em: http://lattes.cnpq.br/, acessado em 08 de fevereiro de 2011.

[3] J. Lane, “Let´s Make Science Metrics more Scientific”, Nature, vol. 464, n. 7288, pp. 488-489, 2010.

[4] J. P. Mena-Chalco and R. M. Cesar-Jr., “scriptLattes: an Open-Source Knowledge Extraction System for the Lattes Platform”, Journal of the Brazilian Computer Society”, vol. 15, n. 4, pp. 31-39, 2009.

[5] A. D. Alves, H. H. Yanasse and N. Y. Soma, “Extração de Informação na Plataforma Lattes para Identificação de Redes Sociais Acadêmicas”, In IX Workshop dos Cursos de Computação Aplicada do INPE, São José dos Campos, 2009.

[6] T. Nanno, S. Saito, and M. Okumura, “Structuring Web Pages on Repetition of Elements”, In Second International Workshop on Web Document Analysis. Japão: 2003.

[7] S. Flesca, G. Manco, E. Masciari, L. Pontieri, and A. Pugliese, “A Exploiting Structural Similarity for Effective Web Information Extraction”, Data & Knowledge Engineering, Elsevier Science Publishers, vol. 60, n. 1, pp. 222-234, 2007.

[8] R. Balanciere, A. B. Bovo, V. M. Kern, and R. C. dos S. Pacheco, “Análise de Redes de Colaboração Científica sob as novas Tecnologias de Informação e Comunicação: um Estudo na Plataforma Lattes”, Ciência da Informação, vol. 34, n. 1, pp. 64-77, 2005.

[9] A. B. O. Silva, R. F. Matheus, R. F. Parreiras, and T. A. S. Parreiras, “Esuto da Rede de Co-Autoria e da Interdisciplinaridade na Produção Científica através de Métodos de Análise de Redes Sociais: Avaliação do Caso do PPGCI/UFMG”, In Encontros Bibli: Revista Eletrônica de Biliotecomonia e Ciência da Informação. Florianópolis, n. 1, pp. 179-194, 2006.

[10] S. M. R. Vasconcelos, M. M. Sorenson, and J. Leta, “A new input indicator for the assessment of science & technology research?”, Scientometrics, vol. 80, n. 1, pp. 217-230, 2009.

[11] D. Arruda, F. Bezerra, V. A. Neris, P. R. de Toro, and J. Wainer, “Brazilian Computer Science Research: Gender and Regional Distributions”, Scientometrics, vol. 79, n. 3, pp. 651-665, 2009.

[12] R. B. Barata and M. Goldbaum, “Perfil dos Pesquisadores com Bolsa de Produtividade em Pesquisa do CNPq da Área de Saúde Coletiva”, Cadernos de Saúde Pública, vol. 19, n. 6, pp. 1863-1976, 2003.

[13] R. A. Calvacante, D. R. Barbosa, P. R. F. Bonan, M. B. O. Pires, and H. Martelli-Júnior “Perfil dos Pesquisadores da Área de Odontologia do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq)”, Revista Brasileira de Epidemiologia, vol. 11, n. 1, pp. 106-113, 2008.

[14] A. C. Scarpelli, F. Sardenberg, D. Goursand, S. M. Paiva, and I. A. Pordeus, “Academic Trajectories of Dental Researchers Receiving CNPq´s Productivity Grants”, Brazilian Dental Journal, vol. 19, n. 3, pp. 252-256, 2008.

[15] BlazeDS – BlazeDS – Adobe Open Source, disponível em: http://opensource.adobe.com/wiki/display/blazeds/BlazeDS, acessado em16 de fevereiro de 2011.

[16] Google Maps API for Flash – Google Code, disponível em: http://code.google.com/intl/pt-BR/apis/maps/documentation/flash/, acessado em 15 de fevereiro de 2011.

[17] J. Bellone and D. Lang, “Visualizing Relational Data Using Graph Theory”, Flash & Flex Developer´s Magazine, vol. 1, n. 2, pp. 24-27, 2008.

[18] BirdEye – Information Visualization and Visual Analytics Library, disponível em: http://code.google.com/p/birdeye/, acessado em 15 de fevereiro de 2011.

[19] Painel Lattes (CNPq), disponível em: http://lattes.cnpq.br/painelLattes/, acessado em 07 de abril de 2011.

[20] GEOCAPES Dados Estatísticos (CAPES), disponível em: http://geocapes.capes.gov.br/geocapesds/#, acessado em 07 de abril de 2011.

[21] Google Scholar, disponível em: http://scholar.google.com, acessado em 08 de abril de 2011.

[22] Microsoft Academic Search, disponível em: http://academic.research.microsoft.com/, acessado em 08 de abril de 2011.

[23] SciVerse Scopus, disponível em: http://www.info.sciverse.com/scopus/, acessado em 08 de abril de 2011.

[24] Scirus - for scientific information, disponível em: http://www.scirus.com/, acessado em 08 de abril de 2011.

Uma proposta para fornecer infraestrutura de tecnologia da informação integrada com o catálogo de serviços automatizado

Osmar Ribeiro Torres
Departamento de Engenharia Elétrica - ENE
Universidade de Brasília - UnB
Brasília, Distrito Federal, Brasil,
osmar@oi.net.br.

Flavio Elias Gomes de Deus
Departamento de Engenharia Elétrica - ENE
Universidade de Brasília - UnB
Brasília, Distrito Federal, Brasil,
flavio@nmi.unb.br

Robson de Oliveira Albuquerque
Departamento de Engenharia Elétrica - ENE
Universidade de Brasília - UnB
Brasília, Distrito Federal, Brasil,
robson@redes.unb.br

Abstract — **The main objective of this article is to create a service catalog aiming the possibility to automate the availability in an IT (Information Technology) infrastructure, aligning the serves' virtualization concepts and infrastructure management tools. This work emerged from the analysis on the problems regarding the services availability in the IT infrastructure.**

This article demonstrates that the use of virtualized environment, with a standard services catalog and specific infrastructure management tools, provides a time saving, reducing the request interval to a new Server from several days to a few hours.

Keywords: Virtualization, IT Services, Automated Infrastructure

I. INTRODUÇÃO

ORGANIZAÇÕES consideradas líderes em suas indústrias estão deixando de ser organizações puramente focadas em custos para se tornarem empresas focadas em valor. O panorama atual as força a desejarem ao mesmo tempo, ganho de produtividade e eficiência por um lado, e aumento da capacidade da área de Tecnologia da Informação (TI) em atender as novas demandas da estratégia de negócio, por outro lado [1].

A obtenção de recursos tecnológicos de forma ágil, confiável e precisa poderá atender às duas pontas do desafio colocado. É evidente que a infraestrutura de servidores (hardware, software e serviços de TI) utilizados necessitam evoluir para que possam sustentar as inovações tecnológicas, aproveitando ao máximo os recursos de TI (por recursos de TI deve-se entender a infraestrutura de servidores, envolvendo hardware e software).

A necessidade de integração entre os vários conceitos e tecnologias envolvidos para suportar um serviço de TI é levada em consideração. Para este trabalho a definição de "serviço de TI" a ser utilizada será a apresentada por MAGALHÃES[2007]: "um ou mais sistemas de TI que habilitam um processo de negócio, devendo-se levar em conta que um sistema de TI é uma combinação de hardware, software, facilidades, processos e pessoas". Este artigo propõe o desenvolvimento de um catálogo de serviços automatizado, integrando-o com uma ferramenta de gerenciamento da infraestrutura e plataformas de virtualização de servidores.

A integração de ferramentas de virtualização de servidores, com uma ferramenta de gerenciamento da infraestrutura e com o catálogo de serviços visa:

a) padronizar as solicitações de novos recursos operacionais, como servidores, softwares básicos e aplicativos;
b) automatizar a disponibilização dos recursos solicitados, logo depois de serem aprovados;
c) reduzir o tempo de disponibilização de um novo servidor;
d) minimizar custos operacionais com mão de obra especializada.

Atualmente o tempo necessário para disponibilizar um serviço de TI depende diretamente das fases de solicitação, aprovação, aquisição e instalação de hardware/software exclusivos para atender apenas um conjunto de aplicações ou sistemas.

Ferramentas de gerenciamento de infraestrutura e um controle adequado do conjunto da infraestrutura de TI podem auxiliar na redução de custos. As empresas perdem dinheiro sem um catálogo de serviços, devido aos seus usuários não saberem quais os serviços de TI são suportados pelo departamento de TI em termos de virtualização. Além disso, sem uma gestão de configuração ocorre também uma subutilização dos recursos de TI.

Muitas empresas utilizam serviços na área de TI que não podem ser interrompidos. Dessa forma, são necessários servidores que permaneçam ligados em tempo integral e que sejam responsáveis por suportar um determinado serviço, como por exemplo, um servidor de transações financeiras.

Com isto, em uma mesma empresa podem existir vários computadores com recursos subutilizados. Uma solução

alternativa para este problema é utilizar a virtualização [2], para agrupar diversos serviços e demais aplicações que precisam estar disponíveis em paralelo.

Com a virtualização é possível consolidar e isolar em máquinas virtuais diferentes, vários sistemas operacionais unindo assim vários servidores lógicos em um único equipamento físico [3], como é ilustrado na Fig. 1.

Como contribuição majoritária deste artigo foi desenvolvido o Sistema de Cadastramento de Requisições de Infraestrutura de TI (SCRITI), a fim de integrar os conceitos de ferramentas de virtualização de servidores, com uma ferramenta de gerenciamento da infraestrutura e o catálogo de serviços. Como contribuição adicional, pode-se destacar a apresentação de alguns resultados em testes de simulação, comprovando os ganhos da proposta deste trabalho.

No intuito de apresentar o Sistema de Cadastramento de Requisições de Infraestrutura de TI(SCRITI), sua contribuição, suas funcionalidades e conceitos envolvidos o artigo foi organizado da seguinte forma: na seção II são relacionados os conceitos envolvidos na proposta do trabalho. Na seção III a proposta de um catálogo de serviços para servidores virtuais é apresentada e o ambiente é descrito. Na seção IV são apresentados os testes e os resultados. E por fim, são apresentadas as conclusões na seção V.

II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Propostas de virtualização de servidores [4], com uma ferramenta de gerenciamento da infraestrutura [5] e o catálogo de serviços [1], até o presente momento são tratadas como conceitos independentes e não atendem o propósito de integração e redução de custos buscados neste trabalho.

O Sistema de Cadastramento de Requisições de Infraestrutura de TI (SCRITI) propõe a integração entre os conceitos anteriores para atender seus propósitos.

Uma descrição detalhada desses conceitos pode ser encontrada nas próximas seções.

A. MÁQUINAS VIRTUAIS

Uma máquina virtual (em inglês, Virtual Machine – VM) pode ser definida como “uma duplicata eficiente e isolada de uma máquina real”. A IBM define uma máquina virtual como uma cópia isolada de um sistema físico e essa cópia está totalmente protegida. O termo máquina virtual foi descrito na década de 1960 a partir de um termo de sistema operacional: uma abstração de software que enxerga um sistema físico (máquina real) [2].

O coração do sistema, conhecido como monitor de máquina virtual (MMV) é executado diretamente sobre o hardware. E implementa a multiprogramação, provendo assim não uma, mas várias máquinas virtuais para a próxima camada situada acima, conforme é apresentado na Fig. 1. Na verdade, são cópias exatas do hardware [7].

Ao executar múltiplas instâncias de máquinas virtuais em um mesmo hardware, também se está proporcionando um uso eficiente de seu poder de processamento. Nos centros de dados, a diminuição de máquinas físicas implica na redução de custos de infraestrutura física como espaço, energia elétrica, cabeamento, refrigeração, suporte e manutenção a vários sistemas [4].

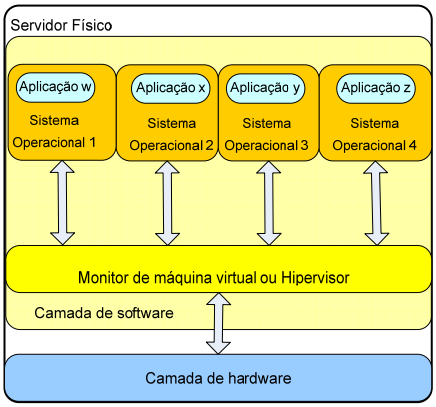


Figura 1: Uma máquina física com 4 máquinas virtuais

Segundo Mathews [8], existem quatro principais arquiteturas para virtualização na computação moderna que permitem a ilusão de sistemas isolados:

a) emuladores, onde a máquina virtual simula todo o conjunto de hardware necessário para executar hospedes sem que nenhuma modificação seja necessária, para diferentes arquiteturas de hardware.
b) virtualização completa, (também chamada de virtualização nativa) é semelhante aos emuladores. Como neles, sistemas operacionais sem modificação executam dentro de uma máquina virtual. A diferença em relação aos emuladores é que sistemas operacionais e aplicativos são projetados para executar na mesma arquitetura de hardware presente na máquina física subjacente. Isso permite que um sistema em virtualização completa execute muitas instruções diretamente no hardware físico.
c) paravirtualização, o Monitor de Maquina Virtual exporta uma versão modificada do hardware físico subjacente. A máquina virtual exportada é da mesma arquitetura, o que não ocorre no caso dos emuladores. Em vez disso, modificações específicas são introduzidas para facilitar e acelerar o suporte a múltiplos sistemas operacionais hóspedes.
d) virtualização em nível de sistema operacional, também chamada de paenevirtualização para refletir o fato de que ela é "quase virtualização. Nessa técnica não existe monitor de máquina virtual. Em vez disso, tudo é feito inteiramente com uma única imagem tradicional de sistema operacional. Os Sistemas Operacionais (SO’s) que suportam essa técnica são de propósito gerais e compartilhamento de tempo com a capacidade de garantir fortemente espaços de nome e isolamento de recursos. Os "hóspedes" criados em tais

condições ainda são percebidos como se fossem máquinas separadas com seus próprios sistemas de arquivos, endereços IP e configurações de software.

Para este artigo foi escolhida a virtualização completa por ter suporte para implementação por quase todos os fornecedores de softwares para virtualização pesquisados e citados.

A.1. FERRAMENTAS PARA VIRTUALIZAÇÃO

Qualquer pessoa que atualmente use um computador sabe que existe algo denominado sistema operacional que, de alguma forma, controla os diversos dispositivos que o compõe. A definição clássica para sistema operacional é a de uma camada de software inserida entre o hardware e as aplicações que executam tarefas para os usuários, cujo objetivo é tornar a utilização do computador, ao mesmo tempo, mais eficiente e conveniente [6].

Existem soluções comerciais, gratuitas, em software livre, integradas a sistemas operacionais, etc. Seria inviável, e fora do escopo deste artigo, comentar sobre todas elas, por isso optou-se por apresentar aquelas que atualmente são líderes de mercado: VMware [9], Xen [8], QEMU [10] e o Virtual Box [11]. Além delas, há a resposta da Microsoft ao movimento mundial da virtualização [12]. Atenta ao movimento da virtualização, a Microsoft oferece uma gama de produtos para esse tipo de tecnologia. Esses produtos exploram o conceito da virtualização, na sua forma mais ampla, para oferecer soluções que sejam integradas e apropriadas à infraestrutura de TI .

B. FERRAMENTAS PARA GERENCIAMENTO DO AMBIENTE DO CENTRO DE DADOS

Se uma empresa deseja aproveitar ao máximo o processo de informatização, são necessárias inovações organizacionais para sustentar as inovações tecnológicas [13].

Estão em desenvolvimento ferramentas que além de gerenciar o ambiente virtualizado (monitores de máquinas virtuais), possibilitam gerenciar o ambiente do centro de dados como um todo sejam máquinas físicas ou virtuais, dentre essas iniciativas foram pesquisadas algumas ferramentas: Cobber [14], Puppet [15] e BladeLogic. [5].

A ferramenta BladeLogic foi integrada ao catálogo de serviços para possibilitar a automação das tarefas de disponibilização de um novo servidor. Essa ferramenta foi escolhida por possuir uma quantidade diferenciada de recursos em relação às outras duas concorrentes pesquisadas.

C. CATÁLOGO DE SERVIÇOS

O catálogo de serviços de TI é o cardápio oferecido pelo departamento de tecnologia da informação aos usuários de sua corporação [16]. Ele possui todos os serviços oferecidos, softwares e sistemas corporativos que podem ser instalados e suportados, de forma a evitar que os usuários solicitem algo que não é suportado pelo departamento de TI.

Com o crescente aumento da dependência das organizações em relação à Tecnologia da Informação (TI), a importância do Gerenciamento de Serviços de TI torna-se maior a cada dia. É uma excelente oportunidade para a TI demonstrar seu valor e competência no sentido de alavancar e levar inovação aos processos de negócio. Mas não é uma tarefa simples. Implica clareza de foco e muita atenção da área de TI [1].

III. PROPOSTA DO SISTEMA DE CADASTRAMENTO DE REQUISIÇÕES DE INFRAESTRUTURA DE TI

Para coletar as informações dos usuários de uma forma padronizada, foi desenvolvido o Sistema de Cadastramento de Requisições de Infraestrutura de TI (SCRITI). O sistema oferece aos usuários as configurações de hardware e software suportados pelo departamento de TI. Todo o sistema foi desenvolvido usando páginas HTML e PHP. O projeto foi concebido segmentando as funções de administração, cadastro de solicitações e aprovação das solicitações cadastradas. De acordo com as credenciais do usuário ele é direcionado para as telas de funcionalidades, conforme o perfil previamente cadastrado.

Uma vez a solicitação cadastrada no sistema é necessário que ocorra uma aprovação do que foi solicitado, antes que possa ser provisionado. A consulta a uma solicitação e a posterior aprovação é acessada pelos usuários que possuam perfil de aprovador (APR) ou administrador (ADM).

No momento da aprovação de uma solicitação de novo servidor, são criados os arquivos em disco que farão interface com a ferramenta de virtualização para criar o novo servidor. Também são criados os arquivos de interface com a ferramenta de gerência de infraestrutura, para instalar o sistema operacional e os aplicativos previamente cadastrados. Neste momento é escolhida a máquina física onde será criada a máquina virtual. A Fig. 2 demonstra o fluxo de uma nova solicitação. Além disso, também é possível provisionar uma máquina física, sem nenhum recurso de virtualização com o sistema desenvolvido.

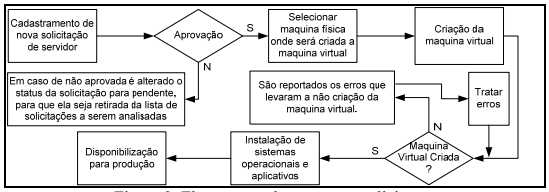


Figura 2: Fluxograma de uma nova solicitação

Todos os arquivos criados possuem o número da solicitação a que estão associados, para que seja possível executar mais de um provisionamento ao mesmo tempo.

A Fig. 3 apresenta uma das telas do sistema SCRITI, nela há o cadastramento de uma nova solicitação de um servidor. Nesta tela estão disponíveis os seguintes itens: processador, capacidade de disco, quantidade de memória, velocidade da placa de rede, sistema operacional, software de monitoração, software de backup, software de automação, software de transferência de arquivos e software de banco de dados.

A automação de infraestrutura de TI é recomendada para grandes empresas, com um parque computacional heterogêneo e complexo. Não existem relatos quanto aos números mínimos

de servidores, ou de banco de dados, ou ainda de sistemas operacionais que sugerem a partir de qual quantidade mínima dos itens relacionados acima devem ser automatizados.

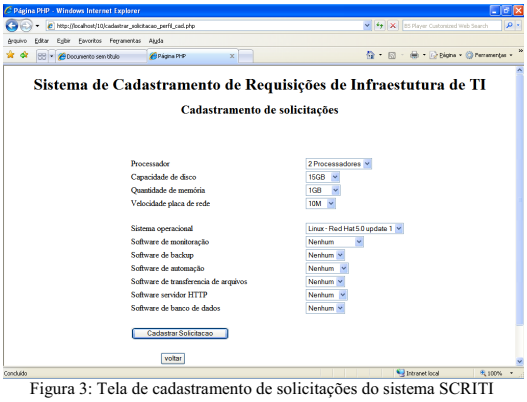


Figura 3: Tela de cadastramento de solicitações do sistema SCRITI

IV. TESTES E RESULTADOS

O ambiente de testes foi montado buscando esclarecer as seguintes questões:

a) Existe a possibilidade de automatizar a disponibilização de um novo servidor a partir de uma solicitação de serviço?
b) É possível desenvolver e integrar um catálogo de serviços com hipervisores e ferramentas de gerenciamento de infraestrutura de TI, possibilitando uma redução do tempo da disponibilização de um novo servidor e reduzindo também o tempo de instalação do sistema operacional?
c) Em quanto o custo operacional pode ser reduzido, utilizando a integração dos conceitos e ferramentas apresentados?

O Sistema de Cadastramento de Requisições de Infraestrutura de TI (SCRITI) é testado como resposta aos questionamentos apresentados.

A. AMBIENTE DE TESTES

Para este artigo foi utilizado o VMware ESX Server 4 que é o software base para a criação de centro de dados virtuais. O ESX Server é um monitor de máquina virtual, que virtualiza os recursos de hardware do tipo processador, memória, armazenamento e rede. Dessa forma, o ESX Server permite que um servidor físico seja particionado em várias máquinas virtuais isoladas e seguras e que cada uma seja vista como uma máquina física em uma infraestrutura de rede convencional.

Foram executados testes de criação de máquinas virtuais e em seguida a instalação dos sistemas operacionais Redhat Enterprise Linux 5.0 update 1 e Windows Server 2003 , com várias configurações de Unidade Central de Processamento (CPU´s) e variação de memória RAM (do inglês Random Access Memory).

Todos os testes realizados foram executados inicializando apenas 1 VM de cada vez para evitar que houvesse alguma interferência nos testes devido a quantidade de memória alocada em alguma outra máquina virtual.

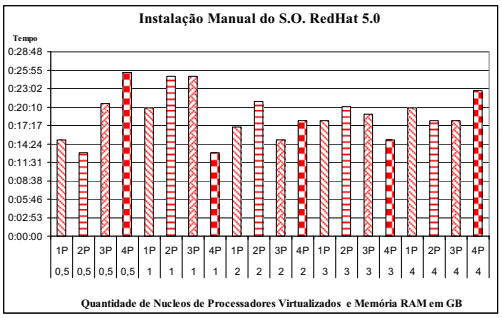


Figura 4: Instalação Manual Redhat Enterprise Linux 5.0 update 1

Os gráficos deste trabalho estão organizados da seguinte forma: do lado esquerdo o tempo gasto para instalação, no formato hora:minuto:segundo (hh:mm:ss). Na parte inferior de cada gráfico é apresentada a quantidade de processadores (núcleos: de 1P a 4P) da máquina virtual criada e a quantidade de memória RAM em GB (de 0,5 a 4) alocada para cada máquina, respectivamente.

Na Fig. 4 são ilustrados os resultados obtidos nos testes de instalação do sistema operacional Redhat Enterprise Linux 5.0 update 1, de forma manual.

Na Fig. 5 são apresentados os resultados obtidos nos testes de instalação do sistema operacional Redhat Enterprise Linux 5.0 update 1 de forma automatizada, utilizando o sistema proposto SCRITI.

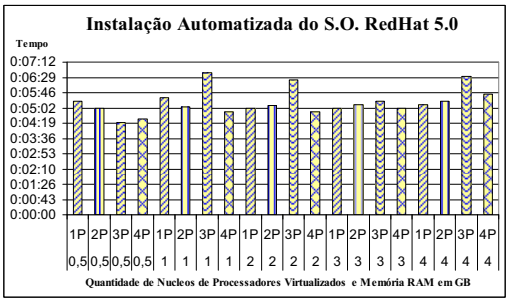


Figura 5: Instalação Automatizada Redhat Enterprise Linux 5.0 update 1

Na Fig. 6 são apontados os resultados obtidos nos testes de instalação do sistema operacional Windows Server 2003 de forma manual.

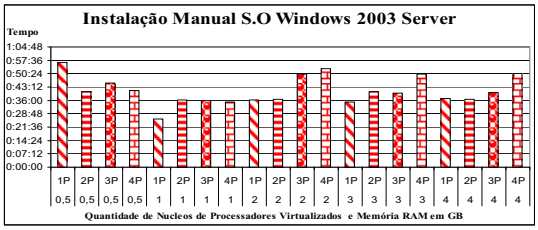


Figura 6: Instalação Manual do S.O. Windows Server 2003

Na Fig. 7 são exibidos os resultados obtidos nos testes de instalação do sistema operacional Windows Server 2003 de forma automatizada.

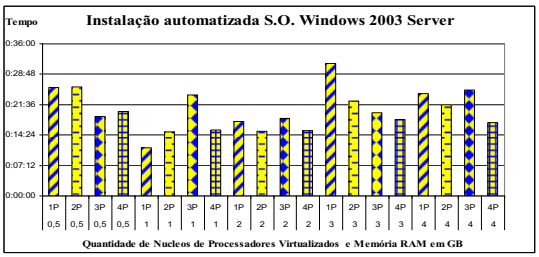


Figura 7: Instalação Automatizada do S.O. Windows Server 2003

B. COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS

A tecnologia pode ser utilizada para automatizar operações. O objetivo é substituir o esforço e proporcionar a qualificação humana por tecnologias que permitam que os mesmos processos sejam executados a um custo menor, com controle e continuidade.

Automatizar um processo que é executado de forma manual visa inicialmente reduzir a possibilidade de erro humano, e em segundo plano, aumentar a produtividade ao disponibilizar um bem ou serviço.

Para os gráficos comparativos de resultados, as figuras 8 e 9, são apresentadas, além das seguintes informações: tempo gasto para instalação; quantidade de processadores (núcleos) da máquina virtual criada; quantidade de memória RAM em GB e o método utilizado para a instalação, a saber (M) manual (M) e automatizado (A).

Com o sistema, SCRITI, proposto neste trabalho esses conceitos são comprovados. O ganho de produtividade variou entre 57,56% para o cenário de 2 processadores e 2 GB de memória RAM no pior caso, a 82,30% para instalação do sistema operacional Redhat Enterprise Linux no cenário de 3 processadores e 0,5 GB de memória RAM no melhor caso, conforme pode ser observado na Fig. 8.

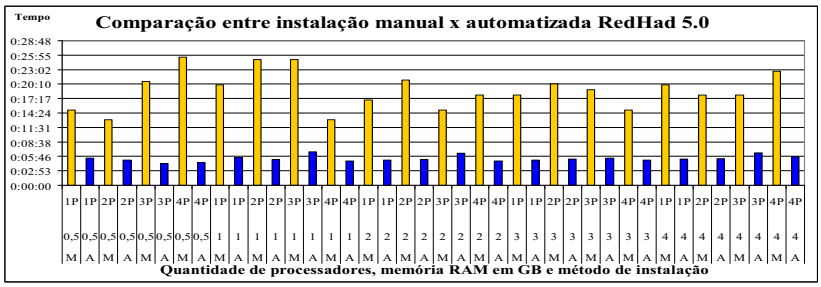


Figura 8: Comparação entre instalação manual x automatizada S.O. Redhat Enterprise Linux 5.0 update 1

Para o sistema operacional Windows Server 2003, o ganho de produtividade variou entre 10,38%, para o cenário de 1 processador e 3 GB de memória RAM representando o pior caso, a 70,91% no cenário de 4 processadores e 2 GB de memória RAM que se observou o melhor caso, conforme é ilustrado na Fig. 9.

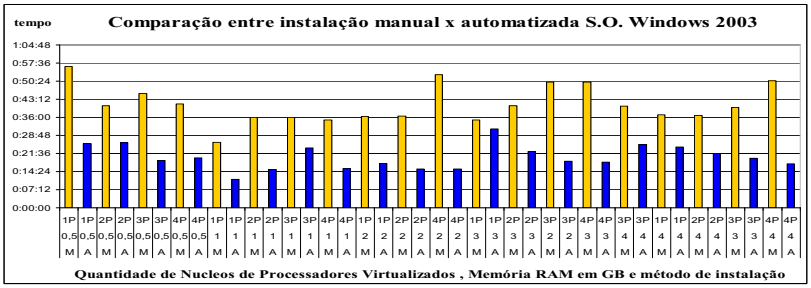


Figura 9: Comparação entre instalação manual x automatizada S.O. Windows Server 2003

B. ANÁLISE COMPARATIVA DE ESTIMATIVA DE CUSTOS

Considerando o processo analisado de uma grande empresa de telecomunicação, conforme apresentado na Fig. 10, são necessários 46 dias para disponibilizar um novo servidor. Desde sua solicitação até a respectiva disponibilização, assumindo 8 horas de trabalho diárias, são necessárias 368 horas de trabalho para disponibilizar um novo servidor. Esses são valores de referência que foram obtidos a partir da análise do processo estudado e estão relacionados na tabela I.

Figura10: Processo de uma grande empresa de Telecom para disponibilizar um servidor

TABELA I
TEMPO NECESSÁRIO PARA DISPONIBILIZAÇÃO DE UM NOVO SERVIDOR SEM VIRTUALIZAÇÂO

Valor de referência	Descrição
46	Dias de trabalho para disponibilizar um novo servidor
8	Horas de trabalho diário
368	Total de horas para disponibilizar um novo servidor

Na tabela II temos o valor do salário médio de um analista de suporte obtido através da pesquisa salarial [17], que é dividido pelo total de dias de trabalho no mês e em seguida este valor é dividido pelo total de horas diárias de trabalho. Esses cálculos são necessários para chegar ao valor da hora de trabalho de um analista.

TABELA II
CUSTO DA HORA DE TRABALHO DE UM ANALISTA DE SISTEMAS

Valor de referencia	Descrição
4616,48	Salário médio de um analista de suporte Linux nível sênior.
22	Total de dias úteis em um mês comercial.
R$209,84	Valor do dia de trabalho.
R$ 26,23	Valor da hora de trabalho de um analista de suporte Linux .

Na tabela III temos o valor da hora de trabalho de um analista, multiplicado pelo total de horas necessárias para disponibilizar um novo servidor (este é o quanto custa para a empresa disponibilizar um servidor apenas com mão de obra especializada).

TABELA III
CÁLCULO DO CUSTO PARA A EMPRESA COM MÃO DE OBRA PARA DISPONIBILIZAR UM NOVO SERVIDOR SEM VIRTUALIZAÇÂO

Valor de referência	Descrição
368	Total de horas para disponibilizar um novo servidor
R$26,23	Valor da hora de trabalho de um analista
RS 9.652,64	Custo de um analista trabalhando durante 46 dias

Na tabela IV é mostrada uma análise financeira utilizando infraestrutura de virtualização sem automação.

Na tabela V é feita uma análise financeira utilizando virtualização e o processo automatizado integrado com o catálogo de serviços. É mostrado o tempo necessário para disponibilizar um novo servidor através do sistema SCRITI, desenvolvido e apresentado neste artigo.

TABELA IV
ANÁLISE FINANCEIRA DE CUSTO UTILIZANDO VIRTUALIZAÇÂO

Valor de referência	Descrição
48	Horas de trabalho necessárias para disponibilizar um novo servidor com virtualização
RS 26,23	Valor da hora de trabalho de um analista
RS 1259,04	Custo para disponibilizar um novo servidor

A aprovação da solicitação pode ser a responsável pelo aumento do tempo de disponibilização de um novo servidor e por isto foi considerado o pior caso, com um tempo de 2 dias úteis ou 16 horas para a disponibilização do novo servidor.

TABELA V
ANÁLISE FINANCEIRA DE CUSTO COM O PROCESSO AUTOMATIZADO INTEGRADO COM CATÁLOGO DE SERVIÇOS

Valor de referência	Descrição
16	Horas para disponibilizar um novo servidor
RS 26,23	Valor da hora de trabalho de um analista
RS 419,68	Custo para disponibilizar um novo servidor

Para esta solução é necessário que exista um conjunto de servidores físicos com recursos disponíveis para possibilitar a criação de máquinas virtuais.

V. CONCLUSÕES

Automatizar um processo para poucas execuções pode sair mais caro financeiramente e oneroso em quantidade de tempo do que executar o procedimento de forma manual. Entretanto, depois de um número de repetições definidos em cada ambiente específico, o tempo investido e, consequentemente, o capital alocado passam a compensar o tempo gasto em automatizar a tarefa.

O processo automatizado proporcionou a redução do tempo de disponibilização de um novo servidor em função da padronização das solicitações.

Com a padronização das solicitações foi possível automatizar a disponibilização dos recursos solicitados, logo depois de serem aprovados e minimizar custos operacionais com mão de obra especializada.

TABELA VI
ANÁLISE COMPARATIVA DE TEMPO E CUSTO

Cenário	Tempo (em horas úteis)	Custo em Reais (R$)	Percentual de ganho (*)
Através do sistema SCRITI	16	419,68	--
Sem Virtualização	368	9.652,64	95,65
Com Virtualização	48	1.259,04	66,67

(*) Percentual de ganho considerando a coluna tempo em relação ao sistema SCRITI.

A tabela VI apresenta os dados relativos a redução do tempo e do custo operacional conseguidos com a utilização do

Sistema de Cadastramento de Requisições de Infraestrutura de TI (SCRITI). Comparando o tempo para disponibilizar um novo servidor com virtualização e através do SCRITI, temos uma redução de tempo em 66,67% com a utilização do sistema.

Com a integração dos conceitos apresentados por este trabalho (virtualização, gerência de infraestrutura e catálogo de serviços) através do SCRITI foi possível observar os ganhos propostos e sua verdadeira contribuição na padronização e automatização dos serviços de TI. A redução de tempo e custos também agrega indispensável valor ao Sistema de Cadastramento de Requisições de Infraestrutura de TI.

REFERÊNCIAS

1. MAGALHÃES, I. L.; PINHEIRO, W. B. **Gerenciamento de Serviços de TI na Prática - Uma abordagem com base na ITIL**. 1a. ed. São Paulo: Novatec, 2007.
2. LAUREANO, M. **Maquinas Virtuais e emuladores:** Conceitos,Técnicas e Aplicações. 1a. ed. São Paulo: Novatec, 2006.
3. SOUZA, F. B. Uma arquitetura para Monitoramento e Medição de Desempenho para Ambientes Virtuais. **Universidade Federal de Minas Gerais**, 2006. Disponivel em: <http://hdl.handle.net/1843/RVMR-6QHGTR>. Acesso em: 14 fev. 2010.
4. CARISSIMI, A. Virtualização: da teoria a soluções (26º Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos), 2009. Disponivel em: <http://www.gta.ufrj.br/ensino/CPE758/artigos-basicos/cap4-v2.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2009.
5. BMC. BMC Service Automation The next step in the evolution of Business Service Management. **BMC Software**, 2009. Disponivel em: <http://documents.bmc.com/products/documents/10/45/91045/91045.pdf>. Acesso em: 05 jan. 2010.
6. SILBERCHATZ, A.; GALVIN, P. **Sistemas Operacionais**. 1a. ed. Rio de Janeiro: Campus, 2001.
7. TANENBAUM, A. S. **Sistemas Operacionais Modernos**. 3a. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009.
8. MATHEWS, J. N. et al. **Executando o Xen - Um guia Prático para a Arte da Virtualização**. Rio de janeiro: Alta Books, 2009.
9. VMWARE. VMware ESX e VMware ESXi. **VmWare**, 2010. Disponivel em: <http://www.vmware.com/files/br/pdf/products/VMW_09Q1_BRO_ESX_ESXi_BR_A4_P6_R2.pdf>. Acesso em: 20 janeiro 2010.
10. TIM, M. J. Emulação do Sistema com o QEMU. **IBM**, 2007. Disponivel em: <http://www.ibm.com/developerworks/br/library/l-qemu/>. Acesso em: 25 janeiro 2010.
11. VIRTUALBOX. VirtualBox. **VirtualBox**, 2010. Disponivel em: <http://www.virtualbox.org/wiki/VirtualBox_architecture>. Acesso em: 22 janeiro 2010.
12. MICROSOFT. Microsoft Virtual Server. **Microsoft**, 2010. Disponivel em: <http://www.microsoft.com/windowsserversystem/virtualserver/>. Acesso em: 25 janeiro 2010.
13. ZUBOFF, S. Automatizar/informatizar as duas faces da tecnologia inteligente. **Revista de Administração de Empresas**, São Paulo, p. 80-91, dezembro 1994.
14. COBBLER. cobbler. **cobbler**, 2010. Disponivel em: <https://fedorahosted.org/cobbler/>. Acesso em: 05 mar. 2010.
15. PUPPETLABS. Introducing Puppet. **puppetlabs**, 2009. Disponivel em: <http://www.puppetlabs.com/puppet/introduction/>. Acesso em: 01 set. 2010.
16. BRUNISE. Construindo catálogo de serviços. **Brunise Consultoria e Treinamento**, 2010. Disponivel em: <http://www.brunise.com.br/treinamento.asp?tre_ID=49>. Acesso em: 15 mar. 2010.
17. INFO, R. Pesquisa Salarial. **RH Info Consultoria de Recursos Humanos**, 2010. Disponivel em: <http://www.rhinfo.com.br/sal-ti.htm>. Acesso em: 05 nov. 2010.
18. ANDREASSI, T. Por que é tão difícil inovar em serviços? **Movimento Brasil Competitivo MBC**, Janeiro 2002. Disponivel em: <http://www.mbc.org.br/mbc/uploads/biblioteca/1158007678.6A.pdf>. Acesso em: 03 Março 2010.

MMCbEEES: Modelo de Madurez en el entorno de la docencia eLearning adaptada al EEES

Felipe Cocón
Departamento de Lenguajes y Sistemas Informáticos I
Universidad Rey Juan Carlos
Madrid, España
Felipe.cocon@urjc.es

Eugenio Fernández
Departamento de Ciencias de la Computación
Universidad de Alcalá
Madrid, España
Eugenio.fernandez@uah.es

Abstract—**En la actualidad, los modelos de madurez son utilizados con frecuencia para la evaluación de distintos procesos dentro de las organizaciones y, en particular, a aquellos relacionados con las Tecnologías de la Información (TI). Así, encontramos modelos de madurez aplicados al Gobierno de las TI, tales como el definido en el marco de actuación COBIT, modelo de referencia en este ámbito. Dada la gran aceptación de estos modelos, y probada su eficacia, planteamos en este trabajo la utilización de estos para medir la madurez de procesos de aprendizaje relacionados con el eLearning y, en particular, los referidos al EEES, proponiendo un modelo concreto, MMCbEEES, que se describe a lo largo del trabajo.**

Keywords: EEES, eLearning, Modelos de madurez

I. INTRODUCCION

La madurez de los procesos de las organizaciones ha sido bien conocida y documentada a mediados de los 80's con el *Capability Maturity Model* (CMM). El CMM se basa en el marco de madurez del proceso descrito en Humphrey [1]. A pesar de que el CMM viene del campo del desarrollo de software, se utiliza como un modelo general para ayudar en la mejora de los procesos de una organización en diversas áreas, por ejemplo, en ingeniería de software, ingeniería de sistemas, gestión de proyectos, mantenimiento de software, gestión de riesgos, sistema de adquisición, tecnología de la información (TI), servicios, procesos de negocio en general, y la gestión del capital humano. El CMM se ha utilizado ampliamente en todo el mundo, en el gobierno, el comercio, la industria y en las organizaciones de desarrollo de software. El CMM ha sido reemplazado por el *Capability Maturity Model Integration* (CMMI) [2], aunque el CMM sigue siendo un modelo de capacidad teórico general utilizado en el dominio público.

Hoy en día, numerosas organizaciones e instituciones están aplicando diversas estrategias para facilitar la evaluación de la eficacia y de la eficiencia de todas las operaciones en Tecnologías de Información (TI), y además, proporcionar la confianza razonable acerca del cumplimiento de sus objetivos [3]. En este sentido, una de las estrategias necesarias para medir la eficacia y la eficiencia dentro de una organización puede ser planteada mediante un modelo de madurez. Sin embargo, el primer modelo de madurez fue desarrollado a finales de los 80´s para los procesos de desarrollo e implementación de software, propuesto para el *Software Engineering Institute* (SEI) perteneciente a la *Carnegie Mellon University* (CMU) [1]. A pesar de eso, actualmente existen modelos de madurez aplicados en diferentes contextos, tal como, al gobierno-TI adaptados al sector bancario [4], a los negocios [5], a las universidades [6], entre otros. Entonces, la madurez se convierte en la relación de la TI y los procesos estratégicos de la organización, para garantizar que las estrategias de la organización se adapten armoniosamente y permitan tener una evaluación de la eficiencia y eficacia que se presentan en gobierno de las TI en la organización. Asimismo, el Instituto para el Gobierno de Tecnología de la Información (*IT Government Institute* - ITGI) ha publicado una serie de estudios orientados a dirigir y controlar la tecnología de información en las organizaciones. ITGI es la institución responsable del desarrollo y publicación de modelos, tales como, COBIT [7] y VAL IT [8]. Además, este instituto ha presentado diferentes mapeos o alineamientos con estándares, o buenas prácticas, orientadas a la gestión de TI.

En este mismo sentido, se presenta en la sección II, una propuesta de modelo de madurez basado en los planteamientos del Espacio Europeo de Educación Superior (EEES) para la evaluación de las asignaturas *online* involucradas en las titulaciones de Grado. No obstante se describe la importancia de la madurez de los procesos eLearning, la definición de los niveles de madurez, los criterios para su evaluación y el proceso para llevar a cabo la evaluación. En este sentido, el nivel de madurez posibilita la eficiencia y la eficacia que poseen las asignaturas *online* de las titulaciones de Grado con respecto al proceso de adaptación hacia la convergencia europea. Cabe destacar que el nivel de madurez implicado en este artículo, está apoyado en el popular trabajo hecho por el SEI [1] e ITGI [7], así como de los artículos presentados por Luftman [5], Garzas y otros [9], Petrinja y otros [10] y Riascos-Erazo [11], que actuaron como fuentes de inspiración para el diseño y aplicación del modelo de madurez de contenido basado en los planteamientos del EEES para las unidades asignatura *online* (MMCbEEES). Por otra parte, en la sección III, se expone un caso de estudio del modelo MMCbEEES aplicadas a seis titulaciones de Grado, ofrecidas en el curso 2009-10 mediante el campus virtual en la universidad Rey Juan Carlos, para evidenciar el nivel de madurez y las oportunidades de mejora de las titulaciones. Finalmente en la sección IV, se expresa las conclusiones derivadas de la aplicación del modelo MMCbEEES.

II. EL MODELO MMCBEEES

A. *La importancia de la Madurez de los procesos eLearning*

Desde la creación del Espacio Europeo de Educación Superior (EEES) iniciado en 1998 (*Declaración de Bolonia*) como elemento esencial para incrementar la competitividad internacional y facilitar la movilidad entre académicos y estudiantes en el sistema europeo de educación superior, ha logrado ciertas transformaciones en las universidades españolas. Estas transformaciones se basan en el compromiso de las universidades en realizar cambios metodológicos [12] tanto en la enseñanza *offline* como *online*. Estos cambios están reflejados en el proyecto *Tuning Educational Structures in Europe* [13]. Todos estos cambios necesarios, se pueden plantear siguiendo un modelo de madurez. Por tanto, un modelo de madurez permite a los órganos de gobierno de las entidades educativas visualizar las capacidades y oportunidades de mejora en los procesos de adaptación hacia el EEES, y así garantizar una formación adecuada con garantías de calidad. De esta forma, se propone un enfoque para la evaluación de madurez del contenido generado por los profesores en términos de unidades asignatura, para obtener una aproximación sobre el nivel de madurez que se presenta en la adaptación de las unidades asignatura hacia el EEES. De tal manera, que la importancia de comprender la situación actual con respecto a los contenidos de cada unidad asignatura en las diferentes titulaciones de Grado tiene dos vertientes. Por un lado, saber si se están haciendo las cosas correctas (eficacia) y por otro, saber si se están haciendo bien las cosas (eficiencia) [14] con respecto a la adaptación de las titulaciones hacia la convergencia europea. Asimismo, predecir si las estrategias utilizadas en la universidad para adecuar las asignaturas *online* de las titulaciones de Grado se adaptan armoniosamente a los planteamientos del EEES.

B. *Los Niveles de Madurez*

Los niveles para la evaluación de la madurez se muestran de manera resumida en la Fig. 1, este modelo denominado Modelo de Madurez de Contenido basado en los planteamientos del Espacio Europeo de Educación Superior (MMCbEEES) para las unidades Asignatura incluye cinco niveles de madurez:

1) *Básico*
2) *Planificado*
3) *Estandarizado*
4) *Controlado*
5) *Optimizado*

Cada uno de los cinco niveles de madurez se focaliza a su vez en dos criterios, validados en la práctica con la evaluación a un grupo de asignaturas *online* de las titulaciones de Grado. Los dos mismos criterios son usados en cada nivel de madurez.

Los dos criterios estratégicos de evaluación de madurez son descritas en el siguiente apartado. Estos criterios son:

- Madurez de Asignatura.
- Madurez de Gestión/Políticas.

El proceso para la evaluación de madurez es el siguiente:

a) Cada uno de los criterios fueron evaluados individualmente y planteados en los diferentes niveles de Madurez para después determinar el nivel correspondiente de acuerdo a las características presentadas para el nivel 1, nivel 2, nivel 3, nivel 4 y nivel 5. Como resultado, se crea un marco conceptual de cualidades y atributos para cada uno de los criterios en sus respectivos niveles de madurez.

b) En el desarrollo del marco conceptual, se derivan ciertos debates que fueron de gran utilidad para comprender tanto el estado actual de la madurez de las unidades asignatura y en la forma de cómo mejorar la madurez de dichas unidades.

c) Finalmente, se analizan los resultados en donde se aplica un nivel de madurez como un mapa de carreteras o rutas, que identifica lo que se debe hacer para pasar a los siguientes niveles posteriores. Aunque en la práctica es posible distinguir un perfil en donde refleja las condiciones relevantes a diferentes niveles de madurez que se han conseguido.

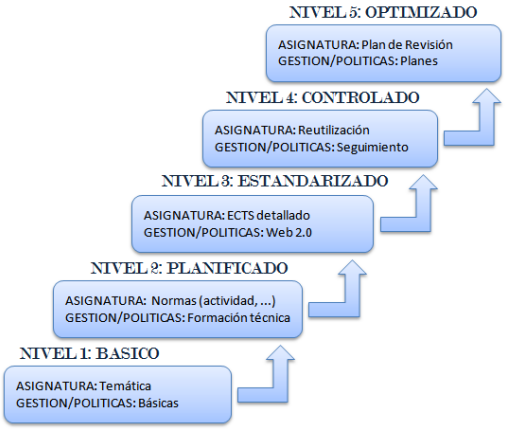


Figura 1. Resumen de los niveles de madurez del MMCbEEES.

Nivel 1- Básico

En este nivel, los resultados son consecuencia de la creatividad de los profesores y las herramientas que emplean. El éxito depende de los esfuerzos heroicos y personales de cada profesor más que de los procesos adecuadamente definidos. El profesor hace uso de su ingenio para las búsquedas de herramientas y aplicación de las mismas para el desarrollo de sus contenidos didácticos. El profesor en este nivel, cuenta con la formación y/o capacitación inicial sobre el uso y acceso al Entorno Virtual de Aprendizaje (EVA) empleado.

El nivel 1, es el más bajo, caracterizado porque representa las condiciones mínimas en el desarrollo de una asignatura *online*. Esto es, una situación poco probable para una asignatura ya que existe un despilfarro en las TIC's muy mal aprovechado, es decir, los EVA no son simplemente para subir (*upload*) el programa de contenido o guía docente, sino de contener una secuencia de esquemas y/o estructuras uniforme

de todo el contenido en la cual presente todas las condiciones necesaria para el desarrollo de la actividad docente.

Nivel 2- Planificado

En este nivel, las asignaturas que cumplan con las características de los atributos planteado en los dos criterios estratégicos de madurez para el nivel 2, como se muestra en la Fig. 2, puede ser caracterizado por el inicio de un compromiso institucional en toda la universidad; en la que desarrollar los planes y programas de estudio de las diversas titulaciones de Grado *online* no requiere del uso intensivo las TIC sino de utilizar de manera adecuada las metodologías activas de aprendizaje, tales como PBL, POL, Casos, entre otras. Sin embargo, los profesores requieren de cierta concientización de los recursos tanto metodológicos como tecnológicos utilizados para el desarrollo de sus asignaturas, módulos y temas (unidades didácticas) de ciertas titulaciones.

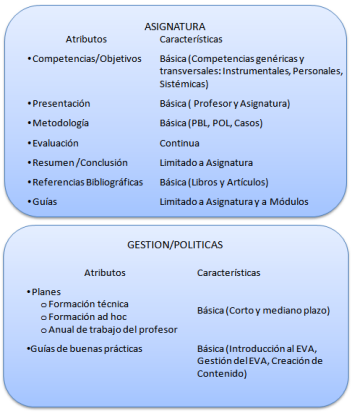


Figura 2. Consideraciones en el nivel Planificado

Nivel 3- Estandarizado

En este nivel, las asignaturas que cumplan con las características de los atributos planteado en los dos criterios estratégicos de madurez para el nivel 3, como se muestra en la Fig. 3, puede ser caracterizado por el enfoque hacia la planificación y la calidad de las unidades Asignatura. De tal manera, que este nivel de madurez se concentra especialmente en el diseño, desarrollo y creación de unidades Asignatura además de las unidades que la integran (unidades Módulo, unidades Didácticas), con objetivos educacionales medibles, planificado y detallados para realizar una formación adecuada con garantías de calidad.

Nivel 4- Controlado

En este nivel, las asignaturas que cumplan con las características de los atributos planteado en los dos criterios estratégicos de madurez para el nivel 4, como se muestra en la Fig. 4, puede ser caracterizado por tener una gestión estratégica de todos los elementos que involucran la creación de una unidad Asignatura. Las asignaturas en el nivel 4, demuestra una gestión eficaz que refuerza la calidad de los elementos utilizados en dichas unidades, es decir se implementan técnicas de revisión por pares (*peer reviews*) para la mejora de las unidades Asignatura, Módulo y unidades Didácticas, y así garantizar la calidad de las mismas.

Figura 3. Consideraciones en el nivel Estandarizado

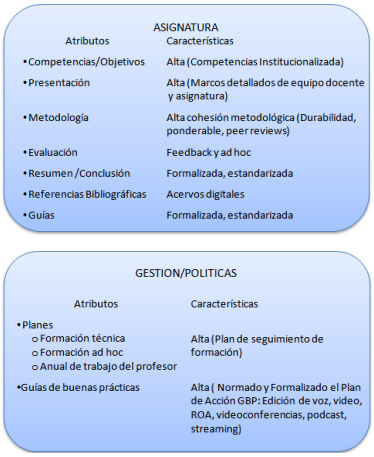


Figura 4. Consideraciones en el nivel Controlado

Nivel 5- Optimizado

En este nivel, las asignaturas que cumplan con las características de los atributos planteado en los dos criterios estratégicos de madurez para el nivel 5, como se muestra en la Fig. 5, puede ser caracterizado por su enfoque a la mejora continua de sus procesos, haciendo uso adecuado de los planes, métricas y procedimientos de calidad con vistas la certificación de todos los componentes involucrados en el aprendizaje *online*. Las asignaturas en el nivel 5, contiene una alta cohesión hacia la calidad e innovación desde su creación hasta su reutilización en otros sistemas de gestión de aprendizaje o sistemas de gestión de contenidos.

C. *Criterios para la evaluación de Madurez*

Los criterios estratégicos de madurez están definido en base a los planteamientos del EEES, es decir, cada uno de los elementos evaluados deben estar presente en programa de estudio de cada asignatura antes de iniciar el curso académico, en donde, el estudiante podrá mantenerse informado tanto de la temática de su programa de curso así como de la dedicación empleada a cada asignatura, módulo y lección o tema (unidad didáctica).

En términos concretos, se considera una asignatura como la unidad Asignatura representada como un objeto de aprendizaje y denominada en este modelo como un *conjunto de elementos ordenados de forma coherente (Competencias, objetivos educacionales, identificación, metodología, instrumentos de evaluación, conclusión y referencias) que integra uno o varios temas de una disciplina y que forma parte de un programa de estudio*. En este sentido, la evaluación de madurez de las asignaturas de un programa de estudios debe cumplir con ciertas propiedades que determinan su alineación hacia el EEES.

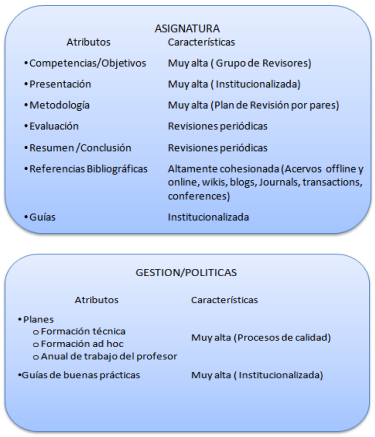


Figura 5. Consideraciones en el nivel Optimizado

En este contexto, se busca evaluar la madurez de la unidades Asignatura de forma integral, es decir, la asignatura misma y el entorno que la rodea (limitado a la gestión de la asignatura). Por tanto, se consideran dos criterios estratégicos en el proceso de la evaluación de madurez: *Madurez de Asignatura* y *Madurez de Gestión/Políticas*.

Para el criterio *Madurez de Asignatura,* la intención es valorar la estructura del contenido involucrada en el desarrollo de las unidades Asignatura considerando los alineamientos del EEES, es decir, la unidad Asignatura debe integrar los atributos claves de: *Competencias transversales* (instrumentales, personales y sistémicas) y *Competencias genéricas* (propias de la titulación), *Objetivos educacionales* (basada en la taxonomía de Bloom), *Presentación* (de la asignatura y la del equipo docente), *Metodología* (implica el uso las unidades didácticas basadas en una metodología activa como PBL, POL, Casos.), *Evaluación* (implica ponderación de diversos instrumentos), *Resumen/Conclusión* (implicado en los módulos y en las unidades didácticas que integra una asignatura), *Referencias bibliográficas* (implica la relación o catálogo de libros o escritos referentes a una materia determinada) y *Guías* (implica las guías de estudio de la asignatura, módulos y didácticas unidades). Estos atributos claves son considerados para todos los niveles del modelo MMCbEEES, que con ciertas cualidades son determinantes en cada uno de los niveles.

Para el criterio *Madurez de Gestión/Políticas*, la intención es valorar el esfuerzo que realiza la organización/coordinación para llevar a cabo la mejora continua de todos los componentes y/o elementos directos o indirectos que se involucran en el desarrollo de una unidad Asignatura, ofreciendo los alineamientos tanto metodológicos como técnicos en el desarrollo de la unidad Asignatura con garantías hacia la calidad e innovación docente. Los atributos clave que integran este criterio son los *Planes de formación* (implica a corto, mediano y largo plazo), *Seguimiento académico* (se refiere a la evolución y desarrollo del profesor-investigador) y *Guías de buenas prácticas* (implica los procedimientos técnicos adecuados para la elaboración de los recursos didácticos). Estos atributos son considerados para todos los niveles del modelo MMCbEEES, que con ciertas cualidades que son determinantes en cada uno de los niveles.

D. *Proceso de evaluación*

Una parte esencial del proceso de evaluación de madurez es reconocer y comprender los problemas y oportunidades que deben ser abordados para mejorar el desarrollo de las unidades Asignatura. La parte más importante del proceso es la creación de recomendaciones para abordar los problemas y oportunidades identificadas. El paso más difícil, por supuesto, es en realidad llevar a cabo las recomendaciones.

Cada uno de los criterios estratégicos y los niveles son descritos por un conjunto de atributos que permiten una dimensión particular, estas se evalúan mediante una escala Likert [15]. La escala Likert, es frecuentemente utilizada en la investigación educativa, se utiliza para medir las actitudes de los encuestados por pedir la medida en que están de acuerdo o en desacuerdo con una pregunta en particular o una declaración. Una escala típica como manera de ejemplo podría ser “muy de acuerdo, de acuerdo, no está seguro/indecisos, en desacuerdo, totalmente en desacuerdo”, aunque existen muchos tipos de escala dependiendo ámbito que se evalúa [16], [17].

Desde un inicio, esta escala psicométrica, ha tenido varias versiones en función del número de puntos en la escala, es decir, la escala Likert puede ser de cuatro puntos, cinco puntos, seis puntos, y así sucesivamente [18]. La escala de pares, por lo general, forzase a un entrevistado a elegir, mientras que la escala impar proporciona una opción para la indecisión o la neutralidad. Sin embargo, cualquiera que sea la escala, es importante evaluar cada uno de los dos criterios de manera objetiva para obtener una evaluación más precisa.

A continuación se presenta la escala Likert de cinco puntos (1 a 5) recomendada en este análisis, en donde:

a) No está presente (No se adapta). Significa que no posee ninguna de las cualidades descritas en cada nivel.

b) Solo se enuncia pero no está completa (Poco adaptado). Significa que por lo regular suele enunciarse al menos una o más de las cualidades.

c) Se describe brevemente (Moderadamente adaptado). Significa que suelen existir casi todas las cualidades, pero no estan detalladas.

d) Se describe y detallada (Buena adaptación). Significa que existen casi todas las cualidades, y éstas estan detalladas.

e) Completa (Excelentemente adaptado). Significa que contiene todas las cualidades, y éstas a su vez detalladas.

Con esta escala de cinco puntos permite una aproximación objetiva para demostrar el nivel de madurez que tiene las unidades Asignatura con respecto a la adaptación del EEES. En este sentido, una vez elegida la escala Likert y los criterios de evaluación del modelo MMCbEEES, se obtiene una pila de preguntas para cada nivel que son organizadas en base a las cualidades de cada atributo, obteniendo una serie de formularios para cada criterio de madurez, que permiten obtener una percepción de cómo están organizadas las asignaturas *online* en cada una de las titulaciones de Grado.

Por consiguiente, para el cálculo del nivel de madurez de las unidades Asignatura, se considera un solo criterio estratégico (Madurez de Asignatura) en la evaluación. Sin embargo, para obtener el nivel de madurez institucional, se consideran los dos criterios estratégicos de (Madurez de Asignatura y Madurez de Gestión/Políticas).

III. CASO DE ESTUDIO: CAMPUS VIRTUAL- URJC (ESPAÑA)

A. Consideraciones generales

Hoy en día, las universidades españolas están inmersas en la adaptación de sus programas educativos hacia el proceso de la convergencia europea, y la gran mayoría de las universidades exhiben en sus páginas *Web* institucionales, la transformación de sus estudios hacia las titulaciones de Grado. En ese sentido, la universidad Rey Juan Carlos (URJC-España) desde la puesta en marcha del campus virtual, ha trabajado en la transformación de sus programas académicos *online* alineado a los planteamientos del EEES. Por tanto, se lleva a cabo una evaluación de las diversas titulaciones de Grado *online* presentadas para el curso 2009-10, para evidenciar el nivel de armonización de los programas educativos, y a su vez, fortalecer los caminos que lleven a la mejora continua de la calidad de todos los procesos involucrados en el eLearning.

De tal manera, que para la evaluación de madurez se consideran seis titulaciones de Grado *online* impartida bajo la modalidad *blended learning* ofrecidas mediante el EVA – campus virtual – para el curso 2009-10 en la URJC, las cuales fueron: *(1)* Grado en publicidad y relaciones públicas; *(2)* Grado en periodismo; *(3)* Grado en ingeniería informática; *(4)* Grado en derecho; *(5)* Grado en ciencias políticas y administración pública; y *(6)* Grado en administración y dirección de empresas. Por tanto, para el análisis estadístico, se consideraron una muestra total de sesenta asignaturas *online*, de modo que se examinaron diez asignaturas diferentes para cada Grado.

B. Resultados preliminares

Durante el análisis se logra evidenciar mediante la Tabla I, el resultado global de todas las titulaciones de Grado correspondiente al criterio estratégico de Madurez de Asignatura, se puede examinar que el nivel *1*, presenta el *70%* de las frecuencias relativas, así pues el nivel *2* presenta el *30%* y los demás niveles el *0%*. Por tanto, se logra constatar que para el criterio estratégico Madurez de Asignatura le corresponde un nivel de madurez: *Básico*. No obstante, el criterio estratégico Madurez de Gestión/Políticas presenta un nivel de madurez *2*, lo que determina finalmente para el modelo MMCbEEES un nivel de madurez *1+*. De manera, que el plus (+) refiere a los valores mayores de *0.5* generado del promedio de los resultados de los criterios estratégicos de madurez, y además representa el esfuerzo realizado por los profesores, coordinadores y directores por la mejora continua de todos los procesos tanto técnica como administrativa para llevar a cabo las titulaciones de Grado *online*. Sin embargo, en ambos criterios estratégicos de madurez exhiben oportunidades de mejora en los diferentes niveles de madurez, tal como, en la homogeneidad en la estructura de los contenidos, en la presentación de las asignaturas y/o profesores, en el desarrollo de las guías de estudio tanto de las unidades Asignatura como en las unidades Módulo y unidades Didácticas, en las guías de buenas prácticas (GBP) para el uso eficiente de los foros de discusión, GBP para el uso de las herramienta de apoyo a la elaboración de mapas sensibles, GBP con fines institucionales, entre otras.

IV. CONCLUSIONES

Evidentemente, los modelos de madurez permiten evaluar la eficiencia y eficacia en el proceso de adaptación de las titulaciones de grado hacia los planteamientos del EEES. En este sentido, el modelo MMCbEEES tiene dos vertientes, por un lado, demuestra mediante el criterio estratégico de Madurez de Asignatura, el grado de adaptación de las asignaturas con respecto a los elementos que deberían de permanecer en un programa de asignatura, la cual permite evidenciar la situación actual de las asignaturas *online* y de las oportunidades de mejora mediante las cualidades de cada uno de los niveles de madurez. Por otro lado, demuestra mediante el criterio estratégico Madurez de Gestión/Políticas, el grado de adaptación de la gestión que comprende el soporte tanto técnico como metodológico del proceso de formación *online*. En otras palabras, la Madurez de Gestión/Políticas posibilita observar las oportunidades de mejora en los procesos estratégicos de gestión que se involucran en el EVA. Asimismo, demuestra que con el uso de modelos conceptuales [19] para la adaptación de modelos de objetos de aprendizaje centrados en la generación de objetos de aprendizaje de tipo unidad Asignatura, unidad Módulo y unidad Didáctica [20], tal como, el modelo LOMOLEHEA[21], aumenta para la madurez en el proceso de adaptación de las asignaturas hacia una adecuada transformación de las titulaciones al EEES.

Finalmente, el modelo MMCbEEES es un instrumento que permite a los órganos de gobierno de las entidades educativas visualizar las capacidades y necesidades de las titulaciones de Grado *online* con respecto a la adaptación de los programas de curso al EEES. Por tanto, se puede concluir que este modelo

apoya también a los responsables, coordinadores, directores, sobre la eficiencia y eficacia en el desarrollo y creación de las asignaturas *online*, y a la vez, predice mediante los niveles de madurez, si las estrategias utilizadas en la organización para adecuar las asignaturas de las titulaciones de Grado *online*, se adaptan armoniosamente al EEES. Asimismo, sugiere las oportunidades de mejora con respecto a las cualidades de cada nivel del modelo MMCbEEES.

TABLA I. RESULTADO GLOBAL DE MADUREZ DE ASIGNATURA

NIVEL	CRITERIO ASIGNATURA[a]	GRADO DE ADAPTACION				
		N	P	M	B	E
1.	*Competencias/Objetivos*	0,03	0,04	**0,79**	0,14	0,00
	Presentación	0,01	0,06	**0,64**	0,29	0,00
	Metodología	0,13	0,03	**0,84**	0,00	0,00
	Evaluación	0,26	0,03	**0,70**	0,01	0,00
	Resumen/Conclusión	0,17	0,11	**0,71**	0,00	0,00
	Referencias	0,04	0,07	**0,83**	0,06	0,00
	Guías	0,06	0,07	**0,87**	0,00	0,00
2.	*Competencias/Objetivos*	0,17	0,29	**0,51**	0,03	0,00
	Presentación	0,14	0,19	**0,60**	0,07	0,00
	Metodología	0,10	0,14	**0,76**	0,00	0,00
	Evaluación	0,29	0,20	**0,49**	0,03	0,00
	Resumen/Conclusión	0,90	0,10	**0,00**	0,00	0,00
	Referencias	0,37	0,39	**0,24**	0,00	0,00
	Guías	0,50	0,29	**0,21**	0,00	0,00
3.	*Competencias/Objetivos*	0,57	0,36	**0,07**	0,00	0,00
	Presentación	0,46	0,49	**0,06**	0,00	0,00
	Metodología	0,26	0,43	**0,31**	0,00	0,00
	Evaluación	0,47	0,20	**0,31**	0,01	0,00
	Resumen/Conclusión	1,00	0,00	**0,00**	0,00	0,00
	Referencias	0,79	0,14	**0,07**	0,00	0,00
	Guías	0,90	0,06	**0,04**	0,00	0,00
4.	*Competencias/Objetivos*	1,00	0,00	**0,00**	0,00	0,00
	Presentación	0,99	0,00	**0,01**	0,00	0,00
	Metodología	0,79	0,10	**0,11**	0,00	0,00
	Evaluación	0,79	0,06	**0,16**	0,00	0,00
	Resumen/Conclusión	0,94	0,03	**0,03**	0,00	0,00
	Referencias	0,99	0,00	**0,01**	0,00	0,00
	Guías	1,00	0,00	**0,00**	0,00	0,00
5.	*Competencias/Objetivos*	1,00	0,00	**0,00**	0,00	0,00
	Presentación	1,00	0,00	**0,00**	0,00	0,00
	Metodología	1,00	0,00	**0,00**	0,00	0,00
	Evaluación	0,99	0,00	**0,01**	0,00	0,00
	Resumen/Conclusión	0,99	0,01	**0,00**	0,00	0,00
	Referencias	0,99	0,00	**0,01**	0,00	0,00
	Guías	1,00	0,00	**0,00**	0,00	0,00

N = Nada, **P** = Poco, **M** = Moderado, **B** = Bueno, **E** = Excelente

a. Incluye todas las titulaciones de Grado.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido soportado por el proyecto TIN2008-04103/TSI del Ministerio de Ciencia e Innovación de España y por el Programa de Mejoramiento del Profesorado de la Secretaría de Educación Pública de México (PROMEP-SEP).

REFERENCIAS

[1] W. S. Humphrey, "Characterizing the Software Process: A Maturity Framework". IEEE Software, 1998 Vol.5, No. 2, pp. 73-79.

[2] M. B. Chrissis, M. Konrad, S. Shrum, "CMMI : Guidelines for Process Integration and Product Improvement". Boston:Addison-Wesley, 2003. http://www.sei.cmu.edu/library/assets/cmmi-dev-v12-spanish.pdf

[3] J. Laviña & L. Mengual, "Libro Blanco de la universidad digital 2010". Colección Fundación Telefónica, Cuaderno 11, Editorial Ariel y Fundación Telefónica, Madrid, España. Octubre 2008, pp. 19–23

[4] S. M. Lemus, F. J. Pino and P. M. Vethius, "Towards a Model for Information Technology Governance applicable to the Banking Sector", 5th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI), pp.1-6, 16-19 June 2010. URL: http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=5556638&isnumber=5556594

[5] J. Luftman, "Assessing business-IT alignment maturity". Communications of the Association for Information Systems. Vol. 4(14), December2000. URL: http://aisel.aisnet.org/cais/vol4/iss1/14/

[6] J. Laviña & J. Del-Rey, "Las tecnologías de información y de las Comunicaciones en la gestión de las universidades españolas" Fundación EOI, Madrid, 2005.

[7] ITGI, "COBIT 4.1: Marco de Trabajo, objetivos de control, directrices gerenciales y modelos de madurez", 2007, Disponible en URL: http://www.itgi.org/

[8] ITGI, "Enterprise Value: Governance of IT Investments", 2008, Disponible en URL: http://www.itgi.org/

[9] J. Garzás, C. M. Fernández, M. Piattini, "Una aplicación de ISO/IEC 15504 para la evalauación por niveles de madurez de PYMEs y pequeños equipos de desarrollo". REICIS, Revista Española de Innovación, Calidad e Ingeniería del Software, vol. 5, No. 2, 2009, pp. 88-98. URL: http://www.ati.es/IMG/pdf/GarzasVol5Num2.pdf

[10] E. Petrinja, R. Nambakam, A. Sillitti, "Introducing the OpenSource Maturity Model". FLOSS '09. ICSE Workshop on Emerging Trends in Free/Libre/Open Source Software Research and Development, 2009. pp.37-41, 18-18 May 2009 doi: 10.1109/FLOSS.2009.5071358 URL: http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=5071358&isnumber=5071338

[11] S. Riascos-Erazo, "Modelo para la evaluación de la efectividad de la tecnología informática en el entorno empresarial". Revista Ingeniería e Investigación [en línea], Agosto, 2008, Vol 28(2). pp.158-166. http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/html/643/64328220/64328220.html

[12] M. Garcia-Garcia, C. Gónzalez & R. Arguelles, "Methodological changes in technical teaching in order to the European higher education area comparation between countries: Italy and Spain". World Conference on Educational Sciencies. Procedia Social and Behavioral Sciences, Volume 1, Issue 1, 2009, Pages 2701-2706. http://dx.doi.org/10.1016/j.sbspro.2009.01.478

[13] J. Gónzalez & R. Wagenaar, "Tuning Educational Structures in Europe". Informe final. Fase Uno. Universidad de Deusto y Universidad de Groningen. 2003. http://tuning.unideusto.org/tuningeu/ & http://www.relint.deusto.es/TUNINGProject/spanish/doc_fase1/Tuning%20Educational.pdf

[14] S. Robbins & M. Coulter, "Administración". Octava Edición. Pearson education, México, 2005.

[15] R. Likert, "A Technique for the Measurement of Attitudes", Archives of Psychology 140: 1–55, 1932.

[16] D. Siegle, "Beginning Steps in Developing an Attitude Instrument", Neag School of Education - University of Connecticut, Rev. Sept. 2010. URL:http://www.gifted.uconn.edu/siegle/research/instrument%20Reliability%20and%20Validity/Likert.html

[17] W. M. Trochim, "Likert Scaling", Research Methods Knowledge Base, 2nd Edition, 2005. http://www.socialresearchmethods.net/kb/scallik.php

[18] J. Dawes, "Do Data Characteristics Change According to the number of scale points used? An experiment using 5-point, 7-point and 10-point scales". International Journal of Market Research 50 (1): 61–77, 2008.

[19] F. Cocón & E. Fernández, "Modelo conceptual en los Almacenes de Objetos de Aprendizaje", IV Conferencia Ibérica de Sistemas y Tecnologías de Información - CISTI'09, Á. Rocha, F. Restivo, L. P. Reis y S. Torrao (eds.) 2009, Portugal, págs. 55-60.

[20] F. Cocón, E. Fernández & F. Escalero. "La Adaptación de Modelos de Objetos de Aprendizaje para la Docencia on line Universitaria basadas en el EEES". XI Simposio Internacional de Informática Educativa - SIIE'09, M. C. Azavedo, A. J. Mendes y M. J. Marcelino (eds.), 2009, Portugal, 6 págs.

[21] F. Cocón & E. Fernández. "LOMOLEHEA: Learning Object Model for Online Learning based on the European Higher Education Area". 15th Annual Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education (ITiCSE 2010).Sponsored by the ACM Special Interest Group on Computer Science Education (SIGCSE) Bilkent, Ankara, Turkey, 5 pages. URL: http://portal.acm.org/citation.cfm?doid=1822090.1822114

Audio folios management system for foreign language learning

José P. Lousado
Centro de Estudos em Educação, Tecnologias e Saúde
ESTGL, Instituto Politécnico de Viseu, Campus Politécnico, 3504-510, Viseu, Portugal
jlousado@estgl.ipv.pt

Isabel P. Oliveira
Centro de Estudos em Educação, Tecnologias e Saúde
ESTGL, Instituto Politécnico de Viseu, Campus Politécnico, 3504-510, Viseu, Portugal
ioliveira@estgl.ipv.pt

Carlos M.M. Costa
DGEI- Departamento de Gestão e Engenharia Industrial
Universidade de Aveiro
Campus de Santiago, 3810-193 Aveiro, Portugal
ccosta@ua.pt

Maria Teresa G. Roberto
DLC – Departamento de Línguas e Culturas
Universidade de Aveiro
Campus de Santiago, 3810-193 Aveiro, Portugal
mariateresaroberto@ua.pt

***Abstract* — Teaching and learning using technology has, for some years, been the focus of various researchers. From vocational schools, through basic education to higher education, the use of teaching aids based on information technologies is now a common practice. Today, more than making large computing solutions to support the activities of e-learning, it is important to focus on software specific solutions whose cost of production / implementation has a quick return. In this context the need emerged to move forward with a system to support teaching and learning of foreign languages to facilitate communication between teachers and students. It is on this issue that we present a proposal to develop a computing solution that enables students to develop the skills of reading and speaking foreign languages within the classroom context or outside the classroom. In this specific case we address the English language. We also present a working prototype, which is available as freeware for the educational and the scientific community and can be used without restriction. Experimentally, tests were made with 20 volunteer students from ESTGL. They used the prototype, in order to validate the usability tests. Finally, we present some results that show the progression of learning in those students who used the system.**

Keywords-E-learning; Voice Processing; Computer Based Training; Language Learning; Simulation; Learning Management Systems; Mobile Learning; Blended Learning.

I. INTRODUCTION

Information systems that are increasingly more powerful and efficient have a strong impact on teaching and learning at different levels. Examples are the LMS (Learning Management Systems) that have been developed and currently support the various activities of content management, both in primary and secondary schools or in higher education [1-3].

The need higher education has to adapt to a new reality, based on the Bologna declaration, necessarily obliges educators and other agents in the educational effort to rethink the strategies for teaching and learning in higher education. Currently, teaching should focus on student progress through increasingly exploitative methodologies and research rather than through the assimilation of content.

In this context, teaching presupposes that teachers update methodologies and innovate, so that students achieve the expected success in the modules [4]. Success is expected to be reached not only by reading and interpreting content in formal settings, but also through tutorials; by implementing projects and doing research and by developing skills, especially those that impart know-how. The use of information technologies and systems of e-learning are key allies for self-study and to develop skills in certain areas [2].

Among the various methodologies associated with e-learning presented by Lennox [5], we would like to focus on CBT (Computer Based Training), where the computer is the main feature, associated with specialized software [6]. This methodology allows the student, by means of the software and mediated by the computer, to perform tests and simulations and record his learning progress. In this particular case, we are going to present the development of a CBT system for foreign language learning, which can be used to produce and manage audio folios.

II. AUDIO FOLIO DEVELOPMENT MODEL

This model is based on the following aspects:

- converting text written in a specific language (English, French, Portuguese, Spanish, among others) into its audio version;
- audio processing from a web page or a PDF;
- converting text to audio from external applications;
- Audio recording format for Wave;

- Voice recording of the user in Wave format;
- Managing audio sessions;
- integrating with a database management system;

This model does not restrict its application to the teaching of foreign languages. It can also be used in:

- e-learning;
- development of multilingual multimedia products;
- Audio folios;
- automated answering systems;
- password control systems;
- e-commerce;
- e-marketing;

Although this model's adaptability scope is wide, its application is directed to the teaching and learning process, on the scope of e-learning, m-learning (mobile learning) and b-learning (blended learning). Nowadays, with the potential associated with cell phone use, whose skills resemble a small laptop, the concept of e-learning has become particularly relevant, and, along with other mobile devices, the concept of m-learning has emerged. This calls for environment and time independent pedagogy in which learning happens beyond the confines of the classroom, spontaneously, informally and anywhere, anytime [7]. Using this model in mobile phones, for example, audio and video expand the potential of these devices far beyond their mere use in communication [8].

Moreover, the concept of blended learning or learning in a mixed environment of ILT (Instructor Led Training) with CBT, clearly extends the spectrum of learning and use of these systems. In this model, the proposed system can be used by teachers to moderate or supervise the learning sessions, which contrasts with his/her traditional role of content transmitter. Thus, the teacher is not external to the learning process, but his/her role is substantially modified. The contents can initially be worked in the classroom environment and then, using information technologies, consolidated and expanded outside the traditional classroom [9-10]. In both methods the tools used need some features that are beyond ordinary speech processing and subsequent hearing, and that integration with databases (Figure 1) is crucial, especially for the student to evaluate his own progress over time.

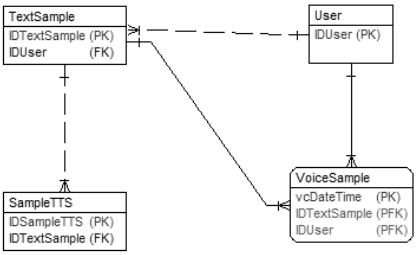


Figure 1. Basic Entity Relationship Diagram for system, only with Keys

In foreign language learning, this is an important aspect, particularly with regard to the evaluation and comparison of produced phonemes, pronunciation and intonation [11]. Should the system be configured in a client / server architecture, for example in the classroom, the teacher may record the text samples in the table `SampleTTS` and each student can make his recordings in the table `VoiceSample` related to the sample text in `TextSample`.

This approach, though simplified, has a wide potential. For example, the student can record multiple versions of his/her reading, comparing them with the generic TTS (Text to Speech) registration and in this way may assess him/herself. Another feature is teacher assessment. He/she can listen and evaluate the student recordings anytime, anywhere. The integration of this data with a Web platform, using an LMS, can allow remote submission of samples to be analyzed by the teacher.

Figure 2 represents the conceptual scheme of the proposed system, which will convert text to audio, via TTS, and the voice recording of the student for further evaluation and hearing.

It is important to mention that the use of voice processing technology, commonly referred to as TTS, in the area of teaching and learning of foreign languages has been referenced by several authors, notably for its application in the development of foreign languages aural comprehension skills [12]. The voice processor of the Windows operating system, since the Vista version, has good quality.

Companies like Loquendo [13] and AT & T Labs [14] among others, use versions of previously recorded voice processing, making the results fairly close to reality. However, these voice systems are commercial products, so the use of their voices is subject to prior licensing.

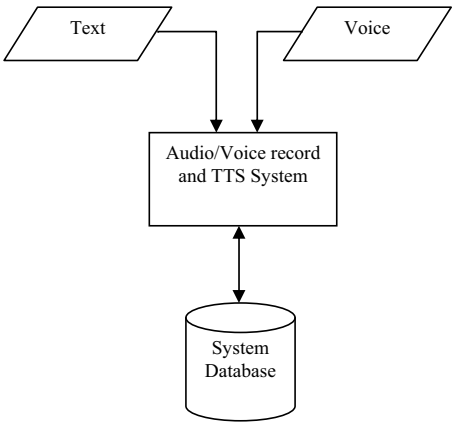


Figure 2. Conceptual scheme for the proposed system

III. Web and Text To Speech System

To validate the proposed model an application, which consists of several modules was developed. The main module incorporates text from the audio processing, Web page or other application using the TTS voice synthesizer. The workflow (Figure 3) shows the modules of the prototype.

Text input can be done via a keyboard or via external text files. Furthermore, the user can convert to audio the selected text on a Web page without needing to copy it into memory. He/she can simply use the embedded Web browser. Finally, it is possible to convert to audio any file (docx, pdf, pptx, etc.), as long as it has previously been copied to memory.

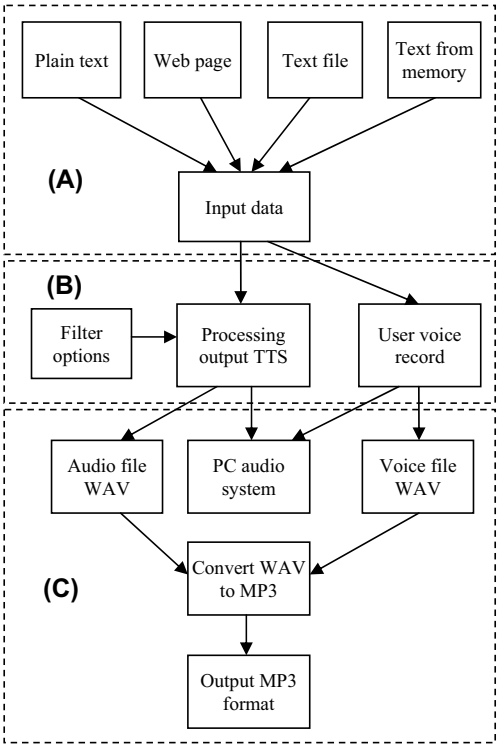


Figure 3. Workflow of Web and Text Speech System; (A) input source type; (B) processing TTS and user voice samples; (C) output files and option for conversion between WAV and MP3 using LAME encoder.

The user is given the opportunity to record her/himself reading a text, thus producing her/his own sample for further evaluation and comparison. In this module a Media Player is integrated avoiding the use of external applications. To extend the range of possibilities of using the files produced, the system includes a Wave (WAV) conversion module to MP3, using the LAME library [15].

With the development of this system we intend to provide students with an integrated set of tools which can increase their skills and competences in foreign language learning.

One can easily create audio files that can be heard directly on the PC, as well as on MP3/MP4 players, mobile phones and other mobile devices, extending their potential to m-learning.

The user can listen to the pre-recorded audio tracks as often as he/she wants, and can read the text at the same time as well. The fact that the application allows for a word by word reading the text proves to be advantageous, since certain words are pronounced differently when isolated or when in sentences. The users can also record the sounds of certain words. Later, they can test their own diction, comparing their voice with that of their teachers, their peers and with previous recordings of their own voice.

In this interface the user can select the voice she/he wants, to create the audio file. In Figure 4(A) the written text can be manually inserted from a file or simply copied from another data source. The "Hear selection" allows one to hear the text that is selected only, while the "Word by word" allows you to listen to the text word by word and thus the reading is slower, without sentence context influence. Besides these options, students can change the reading speed and audio volume.

The "Save audio file" allows you to record the audio in Wave format, from the selected speech synthesizer. Figure 4(B) allows you to listen and record audio from a Web page. We can, through the "File" menu, open PDF files. In that case, uncheck the option "Automatic copy to memory" and use the internal copy command of the PDF reader.

Any text copied from another external application can be converted to audio directly in its interface with the option unchecked.

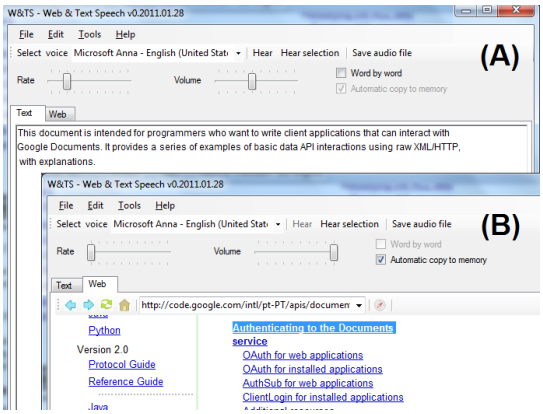


Figure 4. Interface of Web and Text Speech System; (A) input text interface; (B) processing audio from web page

In the "Tools" menu there are two complementary tools (Figure 5): The first, "Sound & record player", allows you to write the user's voice recording files in Wave format. In this tool the user can hear the recorded tracks and compare his/her progress in terms of pronunciation. You can remove files from the session whenever desired. In case there is no session file selected, the user can open external files (WAV or MP3).

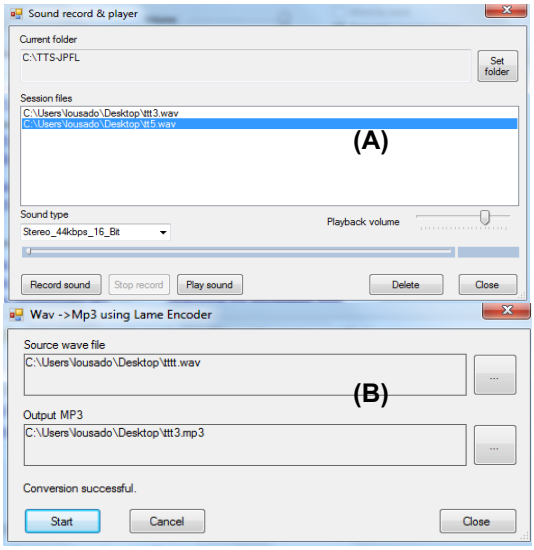


Figure 5. Aditional tools inside system; (A) Sound record and player interface with session manager; (B) Interface for conversion WAV to MP3 using LAME encoder

The integration of these tools is essential so that the user does not have to resort to other external applications, while maintaining an integrated work environment. Moreover, in the future, by integrating this with a relational System Management Database, whether in client / server architecture, whether as a standalone system, the data are linked, allowing for a much more efficient internal organization. Besides, the audio files will be much more versatile and easier to search.

IV. Case Study

The prototype presented here was introduced as a complementary tool to study the impact of TTS technology on the learning of intonation and pronunciation of the English language. The collaboration of volunteer students of the School of Technology and Management of Lamego was engaged.

The students had access to the tested software and used it individually or in groups for the elaboration of dialogues.

During the test period, tutorials were given by the English language teacher as well as by the teacher responsible for implementing the system. Tests have allowed some bugs to be fixed and new features were added. It is relevant that several students have combined the audio recording component currently available on most mobile phones to make their own recordings, then compared them with the recorded audio via TTS in the main module. This fact justified the inclusion of a further WAV conversion module to MP3 so that the audio files were smaller and compatible with most mobile devices.

At the end of the semester, several sessions of self-evaluation were carried out between students. They evaluated the progress of their pronunciation in dialogues and text narratives. The result was surprising because the students had never made audio recordings for self-evaluation before and these allowed them to perceive their progress.

When compared, the reading of texts at the beginning of the semester with that carried out at the end of the semester, progress expectations were exceeded. Besides, it has shown that the tool has significantly increased students' pronunciation awareness (TABLE I.).

TABLE I. Statistical data of how students evolved in the study.

Activity	Students Number	First Record		Last record	
		Mistakes	Freq. Mis. 1st Rec	Mistakes	Freq. Mis. Lst Rec
Text (about 500 C)	20	315	15,75	86	4,3
Dialogue (about 500 C)	20	283	14,15	62	3,1

On average, each student has evolved from a frequency of about 16 errors in a text with 500 characters to 4 errors. During dialogues, it went from 14 errors to 3 errors, which represents an increase in pronunciation quality of 73% and 78% respectively.

We can't compare these figures with results of previous years, as this is the first time we are implementing this strategy, however, these pronunciation exercises will become common practice in English learning at ESTGL and eventually in the learning of other foreign languages as well.

V. Conclusion

The use of information technology in educational settings has been commonplace for many years now; however, this is mainly applied to the teaching of basic sciences, including mathematics, physics, chemistry, biology, among others. Its application to language teaching also began some years ago, though the inclusion of artificial speech synthesizers has not yet been explored, mainly because the voices included in Windows do not have the appropriate quality. However, new Windows versions have great similarity with the human voice and can be used for this purpose.

The use of synthesized voices, such as Loquendo, as mentioned above, have an increased potential, because their quality is already recognized [11].

The development of computational systems that use this type of technology are useful for teaching and learning foreign languages, since they combine the capabilities of the computer, traditional teaching, teaching practices and they enable both the teacher and the student to assess the progress of students, with high reliability.

The system here proposed and validated through a prototype applied to a case study has shown that these capabilities are effective. The student not only clearly recognizes the progress in his/her performance, but also feels motivated to continue progressing.

It should be noted that part of these activities can already be developed using free applications. However, the innovative aspect of integrating the potential of the described system into a single platform is of great importance, since the user does not need to turn constantly to independent applications, without any kind of connection between them, breaking down the workflow. Through the inclusion in a relational database, the system improves considerably, both in terms of data organization and in searching for previously recorded information.

Finally, it should be noted that we aimed to prove that the combination of several elements in terms of e / b / m-learning is a catalyst for better quality teaching and learning, Therefore, its inclusion in teaching practices should be incremented. In this way teachers can take advantage of tools which, until recently, were viewed as a purely recreational and / or communication asset, therefore its use was forbidden in class.

The system has a simple and user friendly interface and is available in two versions: in English and Portuguese.

The prototype, as presented here, does not consider the installation in a server. That will be implemented in a later version. The prototype is available for download as freeware and may be freely used by individuals and institutions, provided they are non-profit, at:

http://www.ipv.pt/ci/adm/docs/1367.zip.

VI. Acknowledgements

Isabel P. Oliveira has funded by the Instituto Politécnico de Viseu under the PROFAD Programme.

References

[1] C. C. Aydin and G. Tirkes, "Open source learning management systems in e-learning and Moodle," 2010, pp. 593-600.

[2] S. Britain, "On the Relationship Between Pedagogical Design and Content Management in eLearning," in *Content Management for E-Learning*, N. F. Ferrer and J. M. Alfonso, Eds., ed: Springer New York, 2011, pp. 55-69.

[3] J. Arreymbi and C. Draganova, "User requirements analysis for use of mobile phones in learning and teaching," 2008.

[4] J. Kettunen and M. Kantola, "The implementation of the Bologna Process," *Tertiary Education and Management,* vol. 12, pp. 257-267, 2006.

[5] D. Lennox, "Improving The Top Line Using e-Learning," WBT2000.

[6] J. R. G. Braga*, et al.*, "Modeling of System Software for Computer Based Training," 2010, pp. 1051-1056.

[7] Y. Laouris and N. Eteokleous, "We need an educationally relevant definition of mobile learning," in *mLearn 2005: 4th World conference on mLearning*, 2005.

[8] J. Wen*, et al.*, "M-learning Incorporated into the Elementary School English Teaching," 2010.

[9] L. Zhao and X. Gao, "A Study of Blended-Learning in Vocational College under the Network Environment-A Case Study of," 2010, pp. 1-4.

[10] L. A. Rodrigues, "Uma nova proposta para o conceito de Blended Learning," *Revista Interfaces da Educação,* vol. 1, pp. 5-22, 2010.

[11] M. Evans, *Foreign-Language Learning with Digital Technology*: Continuum, 2010.

[12] G. Sha, "Using TTS voices to develop audio materials for listening comprehension: A digital approach," *British Journal of Educational Technology,* vol. 41, pp. 632-641, 2010.

[13] Loquendo. 21-11-2010). *Loquendo technologies* Available: www.loquendo.com

[14] K. Cambron*, et al.* 10-02-2011). *AT&T Labs Natural Voices*. Available: http://www.research.att.com

[15] R. Hegemann*, et al.* (2011, 10-02-2011). *The LAME Project*. Available: http://lame.sourceforge.net/index.php

Conillon: A lightweight distributed computing platform for desktop grids

Hélio Silva
DCTI, Lisbon University Institute
Lisboa, Portugal
hadsa@iscte.pt

Sancho M. Oliveira
Instituto de Telecomunições
ISCTE – Lisbon University Institute
Lisboa, Portugal
sancho.oliveria@iscte.pt

Anders Lyhne Christensen
Instituto de Telecomunições
ISCTE – Lisbon University Institute
Lisboa, Portugal
anders.christensen@iscte.pt

Abstract—**We describe a novel, lightweight platform for distributed computing called Conillon. This platform allows regular workstations to function as compute nodes in a desktop grid. Conillon runs on the Java Virtual Machine (JVM) and computational resources from any architecture for which the JVM is implemented can thus be used. Many existing distributed computing platforms are either complex or only allow for one type of job to be deployed. Conillon is lightweight and simple to use and yet allows any number of different jobs to be deployed and executed in parallel. Entirely new jobs can, in fact, be added dynamically. In this paper, we discuss the architecture and features of Conillon. We report on a series of experiments in which we test scalability, fault tolerance, and computation of different types of jobs on the same compute nodes.**

Keywords-*Distributed computing; Desktop grid; Parallel computing; High Performance Computing**; Fault tolerance;*

I. INTRODUCTION

Over the years, parallel computing has been an important tool for the scientific community and for several players in the private sector. Historically, parallel computing has mainly been conducted on specially built computers or dedicated clusters of computers. However, after the wide adoption of local area networks by public and private institutions, there has been an increasing interest in utilizing existing workstations for distributed computation when they would otherwise be idle (such as outside office hours, during breaks and so on). Depending on the organization, a workstation may be idle for a significant part of the time [1]. Numerous projects have sprung up (see Section II for examples) that allow organizations to utilize idle cycles of desktop computers for distributed computation. With the advent of the Internet in the 1990s, several projects were proposed that aim at exploiting the idle time of thousands or even millions of computers, such as SETI@home [2]. Although many of these systems are widely used today, they are relatively complicated to setup and many existing systems only allow for a single type of job to be run at any one time.

In this paper, we propose a lightweight middleware called Conillon. Conillon was designed for small and medium organizations. The middleware allows for multiple, different tasks to be run in parallel. Conillon runs on the Java virtual machine (JVM). This allows for secure and dynamic distribution of bytecode, which enables new types of jobs to be submitted on-the-fly. Given that Conillon relies on the JVM, compute node can be heterogeneous with respect to the OS and/or hardware. Furthermore, users can develop their distributed applications in several different languages such as Scala [3], Jython [4], and JRuby[1]. We present the architecture of Conillon and we report on a series of experiments in which we test scalability, fault tolerance, and computation of different types of jobs on the same compute nodes.

The rest of the paper is organized as follows: In Section II, we discuss some of the existing platforms for distributed computation. In Section III, we present the design goals of Conillon. In Section IV, we present the architecture of the four main parts that make up Conillon: the *client*, the *coordinator*, the *code server* and *workers*. In Section V, we present experimental results. Finally, in Section VI, we present conclusions and discuss future work.

II. RELATED WORK

In this section, we discuss some of the related platforms that allows for parallel and distributed computation. We will focus on distribution platforms and not programming models such as PVM [17] and MPI [18].

Shortly after Java was released in 1995, a number of middleware project for the distribution of Java programs sprung up. Javelin [5] was released in 1997 and it was one of the first implementations of a parallel computing platform for Java. In Javelin, nodes are divided into three different types: brokers, clients and hosts. Hosts perform the actual computation of the tasks. Clients submit tasks to a broker and the broker is then responsible for distributing the tasks among the hosts. Hosts are started and run as Java applets. In order to use Javelin, users must develop a Java applet and upload the applet to a host along with an HTML file that references the applet. In 2000, version 2.0 of Javelin was released [16].

SuperWeb [6] is a parallel computing infrastructure developed in Java. SuperWeb was proposed in 1997 and like Javelin, participants are also divided into three different classes: clients, hosts and brokers. However, unlike Javelin,

[1] See "http:// jruby.org/"

SuperWeb relies on HORB [19] to distribute object instances to the compute hosts. In 1999, Bayanihan [7] was proposed. Bayanihan also relies on Java and HORB.

As the internet became increasingly popular towards the end of the 1990s and as more computers got connected, Seti@HOME [2] was released. Seti@HOME allows volunteers to contribute computational resources to the analysis of cosmic radio data in the search for extraterrestrial intelligence. The Berkeley Open Infrastructure for Network Computing, BOINC [8], [9] grew out of the Seti@HOME project and allows for other computationally expensive tasks to use Seti@HOME's distribution model. In order to support up to millions of nodes, BOINC requires a relatively complex infrastructure with several servers for scheduling, data storage, redundancy and so forth.

The Condor project [10] was created at Wisconsin University. Condor is a high-throughput distributed batch computing system. Condor allows for scheduling and monitoring of existing applications without the need of modifying them. One Condor system can be linked to other Condor projects (called a *Condor Pool*). In this way, Condor can be considered one of the first grid systems. Like Condor, InteGrade [11] is a middleware that allows for scheduling and monitoring of parallel applications. InteGrade relies on CORBA architecture to distribute tasks and was developed in Java, C and Lua.

More recently, there has been research into distributed computation based on a peer-to-peer model: XtremWeb [12] is a multi-user, multi-application for global computing and grid computing research. XtremWeb aims at turning a set of volatile resources spread over a network into a runtime environment executing highly parallel applications. P^3 [13] (which stands for Parallel Peer-to-Peer) is an Internet computing platform designed for high-performance fault-tolerant parallel computing. P^3 is developed in Java. Nodes are divided into two types: manager nodes and compute nodes. The manager nodes are responsibility for the coordination of the P^3 network state. The compute nodes contribute with disk storage and processor time. P^3 has built-in support for finding and storing Java objects by reference and it is in this way is possible to create an object-space.

The middleware proposed in this paper, Conillon, shares similarities with some of the abovementioned systems, namely Javelin, SuperWeb, and Bayanihan. Conillon hosts can run as standalone application. This allows for Conillon to be installed as a screensaver and/or as a low-priority background process. Furthermore, whereas the three abovementioned systems require that a new page is loaded in a browser to switch from one type of job to another, in Conillon, one compute node can switch from one type of task to another on-the-fly. In fact, the same compute node can be compute entirely different tasks at the same time if it has more than one CPU core available.

In our ongoing work, we are extending Conillon's infrastructure to allow for larger scale computing with up to thousands of nodes. However, the goal of Conillon is remain a lightweight architecture and the aim is therefore not to compete with systems like BOINC, Condor and XtremWeb.

III. DESIGN GOAL

Conillon was designed for small and medium organizations. In the design of Conillon, we therefore prioritized the following aspects:

- *Maximize CPU usage of idle desktop computers*: Conillon should maximize the CPU utilization of the desktop computers that take part in the distributed computation. In order to achieve this goal, workers cache jobs so that they do not have to wait for a new job to be sent after they have submitted the result of a computation.
- *Fault tolerance*: Conillon should tolerate that workers dynamically become unavailable without warning. If a worker suddenly becomes unavailable, any jobs already sent to the worker should be delegated to another worker. Furthermore, if a worker is available but it found to be unreliable, (e.g., if the worker frequently disconnects from the system), Conillon should exclude the worker from any future computation.
- *Extendable*: In future versions, Conillon should allow for extensions such as allowing conditional scheduling of jobs that take advantage of the GPUs present on the workers and allow for the execution of native applications.
- *Multi-purpose:* Conillon should allow for several jobs of different type to be run at the same time. Conillon should be able to compute different tasks from different clients.
- *Dynamic addition of new types of jobs*: It should be possible to add new jobs (including both data and code) to a running system. Hence, Conillon must take care of distributing the both code and data on-the-fly.
- *Lightweight and ease of use*: Conillon should be simple to install and use. Applications developers should be able to easily take advantage of a dynamically changing pool of desktop computers.

IV. ARCHITECTURE

Conillon is a distributed computing platform, designed to run on the Java Virtual Machine, which makes it a cross-platform system. Its design is based on the *master-slave* [14] model. Two servers, the Coordinator and the Code-server, act as masters. The two servers are responsible for all the coordination and code distribution. There are two types of slaves in Conillon's architecture, Workers and Clients. Workers are computer resource donors that connect to the platform and donate resources by executing tasks. Clients are applications that require a large amount of computation. A client divides a computationally intensive job into a set of independent tasks that can be executed in parallel and submits those tasks to Conillon to be executed. An overview of Conillon's architecture is depicted in Figure 1. The

master-slave model was adopted because it presents several potential advantages over a peer-to-peer architecture like efficient scheduling, fast fault tolerance management and an easy process for adding/removing Workers and Clients to/from the platform.

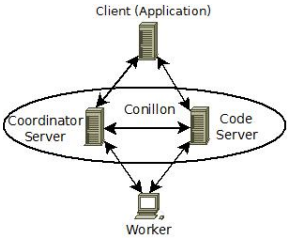


Figure 1. Simple Conillon architecture

The general flow of data and code starts by the Client sending a set of tasks to the Coordinator. These tasks are then scheduled to run on the available free Workers. The Workers execute tasks and send the results back to the Coordinator. These results are immediately forward to the Client. The Code server provides the code necessary for loading and executing the tasks. Below, we discuss the Coordinator, the Code server, Workers and Clients in more detail.

A. The Coordinator

The Coordinator plays a central role in the Conillon architecture. The Coordinator manages all the interactions between the Clients and Workers. This service is responsible for the task scheduling and distribution, fault management, maintaining worker status, and all task related operations.

The Coordinator scheduler sends new tasks to Workers as the Workers request them. Clients can submit tasks with different priority levels and tasks are scheduled according to a fair round-robin scheduling algorithm.

Once the Coordinator receives a task, the task is added to a list of pending tasks and is state is set to *Schedule*. After the task is sent to the Worker, its state is set to *Sent*. If communication is lost to the Worker, the task status changes to *Failed* and the task is reinserted into the list of pending tasks in order to be rescheduled. Finally, when the result of a task is received and forward to the client, the task is marked as *Completed* and removed from the Coordinator. Tasks state transitions are shown in Figure 2.

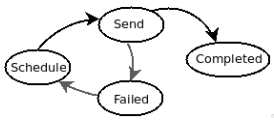


Figure 2. Tracing task status

The Coordinator keeps statistical information about the client tasks and about the performance of the Workers. This information is used to optimize future scheduling. It allows the exclusion of unstable and otherwise problematic Workers. The information collected is also used to minimize the number of times that new code has to be sent to a Worker by scheduling the same type of tasks for the same Worker as often as possible.

A fault management module is responsible for detecting and handling malfunctioning Workers. The liveness of the Worker is tested using a “ping pong” protocol. The Coordinator periodically sends a “ping” request to each Worker, and the Worker has to respond with a “pong” within a configurable amount of time. If a Worker does not reply, the Coordinator assumes that worker is not operational and removes it from the system. If the Worker did not respond due to a temporary communication problem, the Worker can rejoin the set of compute nodes again. All tasks that were being calculated by the malfunctioning Worker are rescheduled and eventually sent to other Workers. With this simple approach, Conillon can handle all types of Worker issues that result in the absence of a “pong”, such as abrupt termination of the Worker process, software bugs, hardware malfunctions, and network failures.

For an efficient transfer of results to clients, the Coordinator server has a multithreaded delivery engine that sends results to clients concurrently. With this architecture, the Coordinator can deal with several client applications at same time. The concurrent design of the task deliver system allows clients to receive the results in a timely manner.

B. Code server

Code server allows Conillon to be a flexible and dynamic platform with respect to the task run on the Workers. The Code server is responsible for distributing all the code needed for executing tasks. This server is the coordinator of the code distribution sub-system and provides a transparent mechanism to transfer objects (including bytecode) between the other parties of the platform.

The first time a new type of task is sent from the Client to the Coordinator, the Coordinator does not know the bytecode associated to the task. The code distribution sub-system handles with this situation in a complete transparent manner to both the Client, to most modules of the Coordinator, and to the Workers. Since the required bytecode is new, the Coordinator and the Workers send request to the Code server. The Code server fetches code, as needed, directly from the clients and stores the code in a local cache. In this way, the Code server becomes a resource server that hosts the necessary bytecode to run the tasks submitted by the clients. All of this is handled automatically by Conillon and the users do not need to specify what code needs to be uploaded to the Code server.

C. Workers

A Worker is a process that runs on each compute node. The Worker is divided into two parts, a core zone and a working zone. The working zone is a sandbox that provides a safe execution area. The sandbox protects the core and the compute node from eventual task problems and illegal behavior, while still providing task with the conditions

necessary for performing the required computation. The core handles all the communications with the Coordinator and the Code server, and it is responsible for requesting the tasks and the necessary data.

The Worker process starts by detecting the number of CPU cores. Knowledge about the number of CPU cores is necessary in order to fully exploit the computation resources of the Worker. The number of concurrent tasks executed on a Worker corresponds to the number of detected CPU cores.

To reduce the overhead of the communication and to maximize CPU usage, tasks are cached. This caching mechanism allows for tasks to be run back-to-back. In a 100 Mbit/s network, we have experienced up to a 10% increase in performance on a Worker with eight cores when a cache of up to four tasks was used. When there is free space on the cache, the Worker automatically requests one or more tasks from the Coordinator. An example is shown in Figure 3.

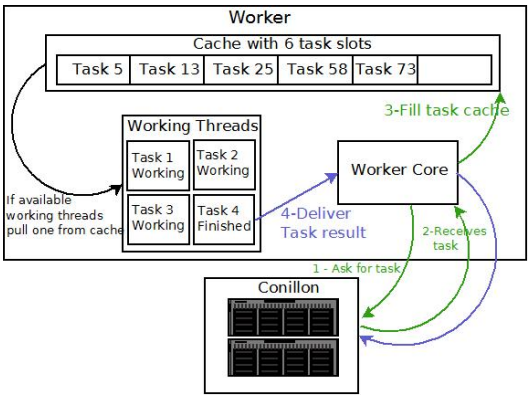


Figure 3. Worker asking for tasks and dispatching the results

D. Clients

A Client is a program written by a Conillon user who needs access to a large amount of computational resources. The user should program the client so that the computational job is divided into a set of independent tasks. The tasks are submitted to the Coordinator who distributes the tasks among the available Workers. There are two other services in the Client, the *Code Provider* and the *Results Retriever*.

The Code Provider is responsible for answering requests from the Code server. The Code Provider service and the Code server hide all the complexities of the code transfer. This approach allows users to connect new client applications to the platform transparently. All issues related with new code transfers are done automatically and this feature combined with the Code server give Conillon the capacity to execute tasks submitted by several different Clients at the same time.

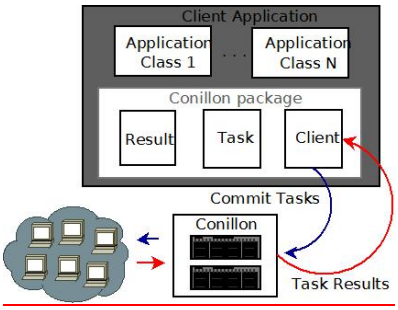


Figure 4. Client committing work and receiving results

The Result Retriever is responsible for storing the results that are sent by the Coordinator. With this service, the results are sent to the Client as soon as they are available, freeing the Coordinator from storing them for long periods of time. The automatic storage of results allows the user's Client application to process the results only when necessary. Figure 4, illustrates an example of the interaction between a Client and the rest of Conillon.

E. Programming Model

The programming model of Conillon was design to provide a simple interface between the developer's application and the middleware. All the complexities related to distributing tasks, collecting results, ensuring fault-tolerance and so on, are hidden from the programmer. The two main parts of the interaction between the client application and Conillon are: committing tasks to Conillon and retrieving the results once the tasks have been computed. Hence, the development of a new client application is simple and straightforward.

In order to develop an application to run on Conillon, the user adds the Conillon library to his or her project. This library has three main classes which are: the `Client` class, the `Task` class, and the `Result` class. The `Client` class provides methods that take care of the interaction between the client application and the rest of the Conillon platform. The main methods of the `Client` class are:

- `commit(Task t)` - sends the specified task to the platform (that is, to a Coordinator). When the task has been sent, the method returns.
- `getNextResult()` - waits for the first available result produced by a task that was executed on a worker. Tasks are sent to the worker in the order they were received by the Coordinator, but, since workers are different, the results can become available in any order.

The client application must create tasks and submit them to the Coordinator. The client task must extend the `Task` class. This abstract class has one method that needs to be implemented:

- `run()` - this method is executed by the worker and returns a `Result` that is to be sent back to the client.

The client application should also define a result that must extend the `Result` class. The result class is where developers can define a specific task result. Both `Task` and `Result` subclasses should be programmed according to the application's requirements. This way is easy for application developers implement embarrassingly parallel applications without worrying about distribution and/or synchronization issues.

V. Experiments and Results

A. Scalability

In order to test Conillon, we first conducted a set of scalability experiments. We design two different tasks to test the scalability of Conillon: The first test application was an image processing application. In our setup, 1000 high definition (1920x1080) images of a rendered video had to be processed. Each frame was compressed in JPG format and had a size of around 75 KB. For the image processing, we used `java.awt.image.ConvoleOp` with a kernel of size 40x40 in set of experiments and with a kernel of size 20x20 in another set of experiments. The image processing application was divided into 1000 tasks (one task for each image).

The second test application was the representation of the Mandelbrot set as an 8000x8000 pixel image. The computation of the image was divided into partial images of 200x200 pixels each (hence a total of 1600 tasks). Once computed, the partial images were compressed in JPG format and sent back to the client. We tested this application with two different values for the maximum number of iterations: 4096 and 8192.

We ran these experiments in two computer labs with 64 identical machines each: Intel Core 2 Duo 3.06 GHz with 4 GB of RAM running Windows XP SP3 32-bit version and Java version 1.6.0_23. The workstations were connected through 1 Gbps Ethernet. The results of the average times of 5 runs for each problem are shown in Figures 6 and Figure 7. In each experiment, we let all the workers connect to the coordinator before starting the client.

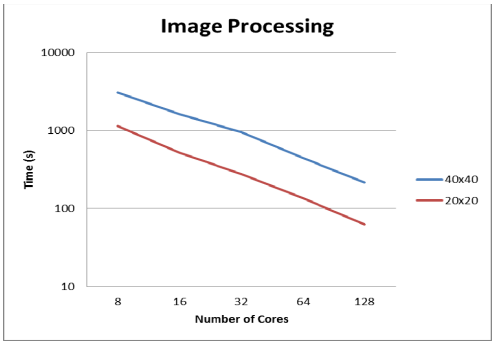


Figure 5. Average times of five runs for the "Image Processing Application" tested with a 40x40 and 20x20 kernel

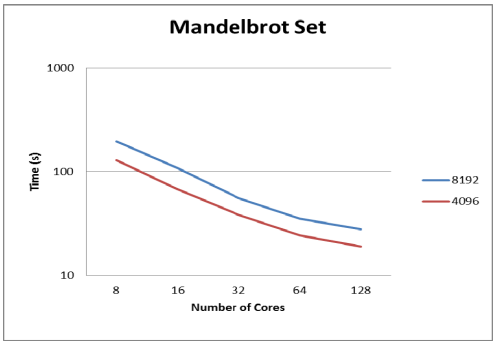


Figure 6. Average times for five runs of the "Mandelbrot Set Application" tested with two different maximum numbers of iterations: 8192 and 4096.

The average scalability factor was 87%, with the highest being 96% for the "Image Processing" application and the lowest being 82% for the "Mandelbrot (8192)" application. As it can be seen on Figures 6 and 7, we get a reduction to around 56% on the needed time to execute the problem each time the number of workers is doubled. For example, in the Image Processing application with a 40x40 Kernel, the time goes down from 3099s with 8 cores to 1610s with 16 cores. Both of these problems are relatively CPU-centric and do not require much network communication.

B. Fault tolerance

We have conducted an experiment to test the fault tolerance of the Conillon platform. This was done with 5 heterogeneous workers, each with 2 CPU cores. We started the platform, connected all the works and after all connections had been established, we started the client with the Mandelbrot test application (with 8192 number of maximum iterations). The platform ran for 1 minute and then we started killing the worker processes, one by one, every 10 s. 1m40s into the experiment, all the workers had been removed. After a minute (2m40s into the experiment), we restarted the workers, again one by one, every 10s. 3m20s into the experiment, all the workers had reconnected and at 4m13s the client had correctly received all the results from the tasks. This experiment tested the extreme situations when all workers may become unavailable unexpectedly and when new workers added are during the computation of the task. Conillon behaved correctly and tasks were correctly rescheduled whenever a worker was lost. In fact, after the fault tolerance logic has been implemented, we have not experienced any issues when workers have dynamically joined or left the computation in any of our experiments.

C. Multiple tasks running concurrently

One of the main features of Conillon platform is the possibility of adding new clients seamlessly on-the-fly. This

means that the platform has to deal with data and code for multiple completely different tasks at the same time. To test the performance of the platform serving several clients, we performed an experiment with four clients, two running the Mandelbrot test application and two running the image processing test application. The platform behaved correctly: Conillon scheduled tasks from the different clients to run on at the same time. The four tasks were completed in 581s, less than the sum of the times they would take individually 592s (2 x Mandelbrot: 126s = 252s, 2 x Image Processing: 170s = 240). The faster completion time is explained by the fact that there are less underutilized CPU cores when all tasks are running at the same time.

VI. CONCLUSION

In this paper, we presented, Conillon, a lightweight Java-based platform that allows small and medium organizations utilize desktop computers and workstations for distributed computing. The interface between a user's application and Conillon is simple: it is only necessary to know of a handful of methods and to implement a one-method interface in order to take advantage of Conillon. The complexity related to the scheduling, distribution, and fault tolerant management of tasks is shielded from the programmer.

We have tested the scalability of Conillon with up to 128 cores (64 desktop computers) and we found that it scales well with an average scalability factor of 87%. We furthermore tested the fault tolerance of the platform and demonstrated that continued to operate correctly in extreme situations such as when all the workers are forcefully shutdown during computation and when several workers are added dynamically.

In our ongoing work, we are including some of the new technologies that are becoming available for Java to take advantage of modern GPUs [15] such as OpenCL[2] while still keeping Conillon lightweight and straightforward for small and medium organizations to use.

REFERENCES

[1] D. G. Heap. Taurus - A Taxonomy of Actual Utilization of Real UNIX and Windows Servers. Tech. rept. GM12-0191. IBM White Paper, 2003.

[2] D. P. Anderson, J. Cobb, E. Korpela, M. Lebofsky, and D. Werthimer,SETI@home: an experiment in public-resource computing Commun. ACM, ACM, New York, NY, USA ,2002, pp. 56-61

[3] M. Odersky, P. Altherr, V. Cremet, I. Dragos, G. Dubochet, B. Emir, S. McDirmid, S. Micheloud, N. Mihaylov, M. Schinz, L. Spoon, E. Stenman, and M. Zenger. An Overview of the Scala Programming Language (2. edition). Technical report LAMP-REPORT-2006-00, 2006.

[4] J. Juneau, J. Baker, F. Wierzbicki, L. Soto, and V. Ng. The Definitive Guide to Jython: Python for the Java Platform (1st ed.). Apress, Berkely, CA, USA, 2010.

[5] B. O. Christiansen, P. Cappello, M. F. Ionescu, M. O. Neary, K. E. Schauser , and D. Wu, Javelin: Internet-Based Parallel Computing Using Java. In G. C. Fox & W. Li (Eds.), *ACM Workshop on Java for Science and Engineering Computation* Vol. 9, Springer Berlin / Heidelberg, 1997,pp. 1139-1160.

[6] A. D. Alexandrov, M. Ibel, K. E. Schauser, and, C. J. Scheiman, SuperWeb: research issues in Java-based global computing. Concurrency: Practice and Experience, John Wiley & Sons, Ltd,1997, pp.535–553.

[7] L. F. G. Sarmenta, and S. Hirano. Bayanihan: building and studying web-based volunteer computing systems using Java. Future Gener. Comput. Syst.15, 5-6, Elsevier Science Publishers B. V., Amsterdam, 1999, pp. 675-686.

[8] D. P. Anderson. BOINC: A System for Public-Resource Computing and Storage. In Proceedings of the 5th IEEE/ACM International Workshop on Grid Computing (GRID '04). IEEE Computer Society, Washington, DC, USA, 2004, pp. 4-10.

[9] D. P. Anderson, C. Christensen, and B. Allen. Designing a runtime system for volunteer computing. In Proceedings of the 2006 ACM/IEEE conference on Supercomputing (SC '06). ACM, New York, NY, USA, 2006, Article 126.

[10] D. Thain, T. Tannenbaum, and M. Livny. Distributed computing in practice: the Condor experience: Research Articles. Concurr. Comput. : Pract. Exper. 17, 2-4, John Wiley and Sons Ltd., 2005, pp.323-356.

[11] A. Goldchleger, F. Kon, A. Goldman, M. Finger, and G. C. Bezerra. InteGrade object-oriented Grid middleware leveraging the idle computing power of desktop machines: Research Articles.Concurr. Comput. : Pract. Exper. 16, 5, John Wiley and Sons Ltd, 2004, pp. 449-459.

[12] F. Cappello, S. Djilali, G. Fedak, T. Herault, F. Magniette, V. Néri, and O. Lodygensky, "Computing on large-scale distributed systems: XtremWeb architecture, programming models, security, tests and convergence with grid," *Future Generation Computer Systems*, vol. 21, 2005, pp. 417-437.

[13] L. Oliveira, L. Lopes, and F. Silva. P 3: Parallel Peer to Peer An Internet Parallel Programming Environment. *Web Engineering and Peer-to-Peer Computing, Springer Berlin / Heidelberg,* 2002, pp. 274-288

[14] S. Sahni. Scheduling Master-Slave Multiprocessor Systems. IEEE Trans. Comput., IEEE Computer Society, 1996, pp. 1195-1199

[15] J. E. Stone, D. Gohara, S. Guochun, "OpenCL: A Parallel Programming Standard for Heterogeneous Computing Systems," Computing in Science & Engineering, vol.12, no.3, 2010, pp. 66-73.

[16] M. Neary, A. Phipps, S. Richman, and P. Cappello. Javelin 2.0: Java-Based Parallel Computing on the Internet. Euro-Par 2000 Parallel Processing, Springer Berlin, Germany, 2000,pp. 1231-1238

[17] V. S. Sunderam, PVM: A framework for parallel distributed computing. Concurrency: Practice and Experience, John Wiley & Sons, Ltd, 1990, pp. 315-339

[18] W. Gropp, E. Lusk, and A. Skjellum. Using MPI - 2nd Edition: Portable Parallel Programming with the Message Passing Interface (Scientific and Engineering Computation), 1999.

[19] H. Satoshi. HORB: Distributed execution of Java programs Worldwide Computing and Its Applications, Springer Berlin, Heidelberg, 1997, pp. 29-42

[2] See "http://www.khronos.org/opencl/"

Análise Comparativa de Mundos Virtuais

Rosa Reis[1], Benjamin Fonseca[2], Paula Escudeiro[1]
[1]GILT/ Instituto Superior de Engenharia do Porto, ISEP
Porto, Portugal
rmr@isep.ipp.pt; pmo@isep.ipp.pt
[2]CITAB / Universidade de Trás-dos- Montes e Alto Douro, UTAD
Vila Real, Portugal
benjaf@utad.pt

Resumo— **Neste artigo apresenta-se uma análise comparativa entre um conjunto de mundos virtuais, com o objectivo de facilitar o processo de selecção de um mundo virtual que sirva de plataforma de desenvolvimento de aplicações. Com base numa pesquisa exaustiva na área, foram seleccionados um conjunto de critérios, assentes no trabalho desenvolvido por Mannien em 2004 e Robbins em 2009. Após esta identificação aplicou-se o *Quantitative Evaluation Framework* (QEF) desenvolvido por Escudeiro em 2007, com o objectivo de se avaliar quantitativamente as plataformas em estudo. Os resultados permitiram concluir que o Second Life, OpenSim e Active Worlds são as plataformas que oferecem maiores serviços e ferramentas para o desenvolvimento de aplicações com qualidade.**

Palavras-chave: Mundos Virtuai Sociais; MMGOs; Qualidade; Norma ISO/IEC 9126; SCORM; QEF

I. INTRODUÇÃO

Com o aumento da popularidade dos serviços de Internet, juntamente com o seu elevado potencial para atingir um grande número de utilizadores, uma nova geração de aplicações surgiu na Web, os chamados mundos virtuais. Os mundos virtuais são colocados no contexto da realidade virtual, a qual é definida como um "ambiente simulado por computador, em que o ambiente é uma simulação do mundo real ou de um mundo imaginário" [1]. Segundo Tiffin e Rajasingham [2], este ambiente fornece algum tipo de imersão que envolve o utilizador numa fantasia só possível graças a tecnologia 3D digital. Esses mundos permitem que vários utilizadores o habitem e interajam uns com os outros. O fluxo das interacções são mantidas quer graficamente, por meio do próprio mundo, ou sob a forma de movimento evidenciando as acções do avatar. Segundo Edward Castronova [15], mundos virtuais podem ser divididos em espaços de jogos e extensões do mundo real. Mais propriamente, divididos em Massive Multiplayer Online Games (MMOGs) e mundos sociais virtuais. Os MMOGs distinguem-se por terem a estrutura básica dos vídeo jogos, com obstáculos a serem superados e com funções especialmente visíveis, que combinam com a necessidade de socialização, para alcançar alguns objectivos. São mundos centrados num só tema, são persistentes, progridem através de uma narrativa aberta, onde os seus jogadores podem agir livremente, conversando, trocando informações e ultrapassando obstáculos, etc. Os mundos virtuais sociais apresentam experiências mais realísticas. O objectivo do utilizador não é necessariamente vencer ou jogar um jogo, mas socializar-se com outros utilizadores. Tendem a ser mundos menos estruturados, fornecendo um ajuste do tema de acordo com a realidade, ferramentas básicas para a construção do ambiente e possibilidade de hospedarem actividades e eventos. Em linhas gerais, os mundos funcionam mais como comunidades e usam elementos de jogo.

Neste contexto, o artigo visa contribuir para uma crescente utilização desses ambientes, que podem estimular a aquisição de conhecimentos, pois "proporcionam interatividade em alto nível, proporcionando a troca de informações, experiências e a necessária validação do conhecimento até mesmo em nível espacial, ou seja, através de uma nova metáfora que permita o relacionamento espacial da informação e do conhecimento" 11]. Por isso, este trabalho reflecte o estudo comparativo entre alguns mundos virtuais, considerados de sociais: Second Life, Active Worlds, There, Croquet, Wonderland e OpenSim. Esta comparação baseia-se num conjunto de critérios definidos por Mannien em 2004 [5] e Robbins em 2009 [3], onde posteriormente, é aplicado o *Quantitative Evaluation Framework* (QEF) desenvolvido por Escudeiro em 2007 [4].

O trabalho está organizado da seguinte forma: a seção 2 apresenta uma visão dos mundos virtuais como plataformas de desenvolvimento; a seção 3 faz uma análise comparativa entre os mundos virtuais e, finalmente, na secção 4 são apresentadas as conclusões.

II. MUNDOS VIRTUAIS COMO PLATAFORMAS DE DESENVOLVIMENTO

Novas tecnologias têm vindo a ser desenvolvidas para dar suporte à construção de mundos virtuais, de uma forma mais simples e eficaz. Destas tecnologias, existem várias plataformas para a construção de mundos virtuais que prevêem o suporte para a modelação 3D, com capacidade de pré-programação dos comportamentos dos objectos. Nestas plataformas, os objectos são descritos através de uma linguagem de *scripting* ou usando uma linguagem de programação suportada pela própria plataforma. Estes comportamentos tendem a ser acções pré-definidas que são iniciadas pelo próprio utilizador através dos dispositivos de entrada.

Do vasto conjunto de mundos virtuais disponíveis no mercado, seleccionámos os que considerámos ser mais

relevantes na actualidade: Second Life, Active World, There (recentemente descontinuado, mas ainda disponível aquando da realização deste estudo), OpenSim Wondeland and Croquet. As razões dessa selecção foram as seguintes:

- terem como objectivo a criação de mundos e a comunicação com outros indivíduos. Embora os jogos suportem a interacção social e serem de fácil utilização, têm como objectivo jogar, enquanto os mundos virtuais seleccionados vão mais além, convidando os utilizadores a socializar, colaborar, desenvolver as suas próprias criações, etc.
- sentir que é o iniciar da maior transformação na forma como as pessoas, num futuro próximo, irão interactuar com a Web. A Internet 3D não será um único mundo virtual mas vários – uma rede interligada de espaços virtuais, onde podemos navegar com o nosso avatar único, numa interface comum, como um simples browser a aceder a vários websites [14];
- criarem oportunidades de novos negócios, onde os clientes podem socializar, colaborar, formar, efectuar compras, etc [12];
- serem úteis para uma colaboração mais flexível na partilha das aplicações pela equipa de desenvolvimento. "Utilizando geralmente regras definidas de conduta, há nestes ambientes trabalho colaborativo, entretenimento de origem variada, construção de objectos e espaços próprios."[12];
- terem um grande potencial para integrar diferentes tecnologias, permitindo a apresentação de materiais de e-learning e e-conteúdos, narrativas com base em interacções sociais, partilha de documentos e arquivos, realização de reuniões e eventos, e proporcionar espaços de partilha de resultados de pesquisas e reuniões com colegas nacionais e internacionais [13];
- darem aos utilizadores a capacidade de desenvolverem experiências que podem ser difíceis no mundo real;
- serem lugares onde os alunos aprendem fazendo, podendo trabalhar em colaboração com outros indivíduos – formação de equipas [12]. A capacidade de interagirem uns com os outros simultaneamente, proporciona aos alunos a oportunidade de aprenderem conceitos que não são facilmente tiradas de um livro;
- incentivarem os alunos a participar com um elevado nível de pensamento cognitivo, como por exemplo, interpretar, analisar e descobrir [13];

III. Comparação de Mundos Virtuais

Os mundos virtuais são aplicações complexas. Para compreendermos a forma como trabalham, decidimos analisar as características de design que disponibilizam para desenvolver um mundo virtual de determinado domínio específico e para desenvolver pequenos objectos.

Partindo desta base, efectuámos uma comparação apoiada nas diversas características de design e ferramentas de comunicação existentes no Active Worlds, Second Life, There, Croquet, Wonderland e OpenSim. No entanto as diferenças e as similaridades são muitas vezes difíceis de se identificar, todos partilham os mesmos atributos base: são virtuais, representam um mundo ou parte dele, e têm muitos participantes em simultâneo.

Desta análise inicial encontrámos algumas características diferenciadoras, como por exemplo:

- a criação das personagens individualizadas – possibilidade de parametrizar a representação do utilizador;
- a forma de comunicação entre os utilizadores – a interacção mediada por mecanismos de Chat e VoIP;
- as possibilidades de disponibilizar vários serviços para diferentes áreas económicas e sociais: educação, comércio, etc;
- a organização de eventos pelos utilizadores – facilidade de promover encontros temáticos virtuais;
- a forma de comunicação com mundos externos.

Como o nosso objectivo principal era avaliar quantitativamente as diversas plataformas estudadas, aplicou-se o Quantitative Evaluation Framework (QEF) desenvolvido por Paula Escudeiro [4]. Esta Framework adopta as normas SCORM (Sharable Content Object Reference Model) e tem como referência o standard ISO 9126, e avalia a qualidade dos sistemas de e-learning num espaço tridimensional ortogonal, agregando a cada uma das dimensões um conjunto de factores relativamente aos quais interessa determinar o grau de desempenho do sistema em estudo. Para medir a qualidade é necessário avaliar quais as importâncias relativa de cada dimensão no e para o ambiente que se vai explorar ou seja, a qualidade é medida em função do enquadramento, do contexto e da finalidade do sistema. É esta finalidade que determina quais os vectores sobre os quais interessa avaliar o desempenho. A maior ou a menor distância entre aquilo que o sistema faz e o que supostamente deverá permitir fazer, medida no nosso espaço de qualidade, permite-nos avaliar a sua qualidade. A qualidade é medida quantitativamente, medindo a percentagem de cumprimento dos critérios definidos para um hipotético sistema ideal representado num espaço tridimensional de qualidade, representado pelas coordenadas (1,1,1). A qualidade de um sistema é a medida, da distância entre o sistema projectado, ou ideal, e o sistema produzido, ou real. [4].

Esta framework apesar de possuir um conjunto de critérios definidos para sistemas de e-learnnig, dá liberdade total do avaliador poder definir o conjunto de critérios que melhor se adapta ao desenvolvimento do seu sistema, quer seja ele educacional, de gestão ou outro.

Este processo de comparação foi desenvolvido em quatro fases principais: a primeira consistiu na identificação e validação de critérios; a segunda na classificação de cada

factor; a terceira no cálculo da qualidade dos mundos virtuais; e finalmente, a quarta fase na avaliação dos resultados.

A. Fase 1- Identificação e validação de critérios

Para comparar os mundos virtuais anteriormente descritos começou-se por definir um conjunto de critérios que serviram de base a todo este processo, fundamentado através de alguns requisitos definidos por Tony Mannien[5] e Sarah Robbins [3], sempre atendendo ao impacto que provocará no ambiente final a ser utilizado. Estes critérios foram agrupados em 7 factores principais: realismo do mundo, a interface do utilizador, comunicação, características do avatar, escalabilidade, segurança e participantes. Cada um destes factores agrupa um determinado número de critérios como poderemos observar na Tabela I.

Estes critérios têm como objectivo avaliar aspectos importantes para a qualidade de um mundo virtual:

- a usabilidade da interface com o utilizador. A usabilidade permite que o utilizador esteja envolvido no ambiente virtual. Maida em 1997 [6] sugere que o envolvimento do utilizador está relacionado com a interacção, com a reacção sólida do sistema às acções do utilizador e a motivação que os utilizadores têm em continuar a interactuar com o sistema. Assim, o envolvimento está relacionado tanto com a participação orientada para o utilizador – presença - como com o envolvimento no sistema – imersão [7]. Embora ambos os factores possam contribuir para que os utilizadores façam parte do ambiente (envolvimento), a imersão é uma característica que pode ser quantificada e avaliada de acordo com a eficácia da execução do software. Por exemplo, a imersão pode ser prejudicada se a exibição da representação do mundo não permitir interacção directa e intuitiva [8];
- a interactividade do ambiente. Esta interactividade vista sob três perspectivas. A primeira relativa à importância dos avatares. A sua personalização permite de tal forma que os utilizadores se identifiquem com a representação escolhida dos seus avatares e facilmente se possa distinguir outros participantes do ambiente. Esta personalização influencia a sensação de presença e permite que os utilizadores possam ser informados sobre o que está a acontecer aos objectos que lhe são importantes, quais as acções que estão a ser tomadas para investigar ou modificá-los, onde está centrado o interesse da pessoa, qual a pessoa que o está a fazer e quem está a levar a cabo tais acções. A distinção de quais são os verdadeiros utilizadores do sistema é minimizada; A segunda relativa à importância do realismo do mundo virtual. Usando modelos tridimensionais é possível representar objectos visuais com um grande realismo, permitindo desta forma uma presença mais forte do utilizador no ambiente e o desenvolvimento de situações que são impossíveis de reproduzir facilmente no mundo real. No entanto, à medida que as pessoas passam mais tempo nos mundos virtuais, cresce também o interesse em encontrar formas de trazer os objectos criados on-line para o mundo real; Finalmente, a terceira relativa à importância da comunicação. Com a comunicação constrói-se e mantêm-se relações entre as pessoas, transmite-se emoções e ajuda-nos a compreender os significados das palavras. Os diferentes tipos de comunicação (verbal, não-verbal) fomentam a partilha dos saberes e de conteúdos, levando os utilizadores a um maior envolvimento com o ambiente, estimulando-os a vivenciarem uma dada experiência. Potencia-se assim a formação de comunidades [9];
- a eficiência do sistema. Porque os mundos virtuais deverão estar disponíveis a todos os níveis, eles devem requerer plataformas altamente confiáveis e seguras quer ao nível de requisitos técnicos quer ao nível de conteúdos;
- a detecção e correcção de falhas que eventualmente ocorram ao longo do ciclo de desenvolvimento dos mundos virtuais.

TABELA I. CRITÉRIOS DEFINIDOSPOR MANNIEN [5] E ROBBINS [3]

1. Realismo do mundo	**2.Interface utilizador**	**3. Comuicação**
• Interacção online • Existência de objectos interactivos • Modelos físicos • Velocidade dinâmica de objectos e do mundo • Cenários dinâmicos • IA no mundo • Evolução autónoma • Presença da sociabilidade • Semelhança com o mundo real	• Navegação e controlo • Controlo com o rato • Suporte de som	• Áudio • Vídeo • Texto
	Avatar	**Segurança**
	• Complexo • Configurável • Desenvolvimento • Interacção • Linguagem corporal	• Direito sobre criações digitais • Segurança para o avatar

Escalabilidade	**. Participantes**
• Distribuído por vários servidores • Limite de criação de objectos por utilizador • Limites no espaço do mundo • Criação de utilizadores • Limitação de línguas faladas • Possibilidade de ligações externas	• Identidade do utilizador • Relacionamento com os outros (colaborativo, antagonismo, condicional) • Relacionamento com o ambiente (colaborativo, antagonismo, condicional)

Após a identificação dos critérios, o QEF obriga a definir dimensões. Decidimos então, definir três dimensões: funcionalidade, eficiência e adaptabilidade, as quais estão baseadas na norma ISO 9126. Cada uma destas dimensões agregará um conjunto de factores, elementos caracterizadores de cada dimensão, como poderemos observar na figura 1, relativamente aos quais interessa determinar o grau de desempenho do nosso sistema.

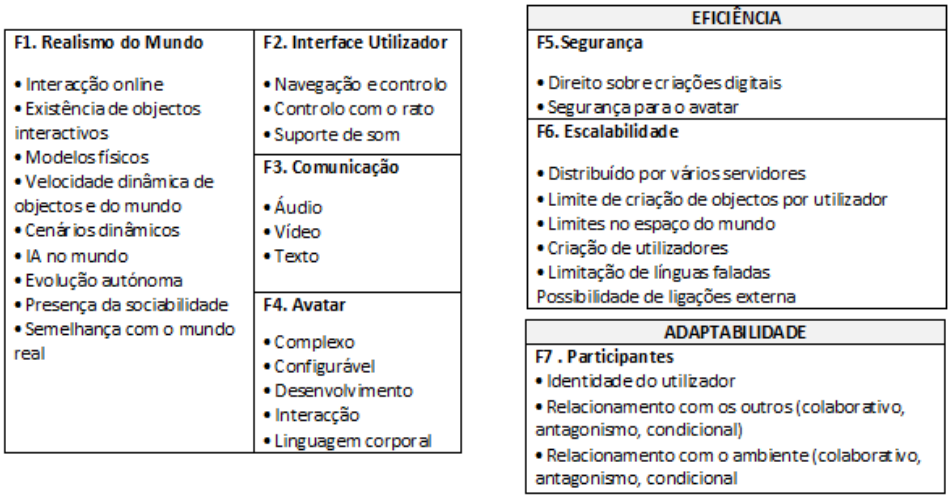


Figura 1. Dimensões definidas para o processo de avaliação das plataformas

A dimensão funcionalidade representa o conjunto de características que incidem sobre o que o software faz para satisfazer as necessidades explícitas ou implícitas. Incidem sobre a existência de um conjunto de funções e suas propriedades específicas. A dimensão eficiência reflecte o conjunto de atributos que estão relacionados entre o nível de desempenho do software e a quantidade de recursos utilizados. A última dimensão, a adaptabilidade, está relacionada com a vida do sistema, com a sua sobrevivência a necessidades de expansão, portabilidade e introdução de pequenas mudanças. É uma dimensão importante na medida em que permite-nos desenvolver sistemas com a capacidade de alterar o ambiente virtual em função das acções do utilizador sobre os objectos deste. Temos um ambiente com cenários que se modificam em tempo real à medida que os utilizadores vão interagindo com ele.

B. Fase 2 – Classificação de cada factor

Numa fase inicial e atendendo ao Quantitative Evaluation Framework (QEF) é necessário classificar os critérios, com um peso entre 0 e 10, de acordo com a sua relevância para cada uma das dimensões. Este pesos podem ser definidos, por:

10-fundamental; 8- muito importante; 6- importante; 4- necessário; 2- opcional; 0- irrelevante.

Queremos com isto dizer que ao definirmos os critérios devemos além disso especificar qual a relevância para o nosso sistema, atribuindo-lhe um peso. Por exemplo, se estivermos a considerar que a comunicação é de extrema relevância para o sistema, atribuímos o peso de 10 a todos os critérios que compõem este factor. No entanto, outros critérios podem ter diferentes valores. Isto depende da intenção do avaliador do sistema. O objectivo deste processo é definirmos o nosso sistema ideal. "O nosso sistema ideal, possuirá um conjunto de critérios (necessidades) que nos indicam aquilo que o nosso sistema deverá estar apto a fazer" [4].

Como as coordenadas da qualidade serão implementadas como a média dos factores que contribuíram para a respectiva dimensão da qualidade, decidimos atribuir o mesmo peso a todos os factores para simplificar o processo da qualidade, significando que todos os requisitos têm uma relevância máxima para a dimensão a que pertencem. Neste caso atribuímos o peso de 10 (fundamental).

Após a atribuição dos pesos aos critérios, começámos por analisar cada mundo virtual e preenchemos a matriz de comparação com os valores obtidos para a percentagem de cumprimento de cada critério, como poderemos observar na figura 2.

CRITÉRIOS	AW	SL	THERE	CROQ	WOND	OpenS
1. Realismo do mundo						
Interacção online	75	100	75	75	75	100
Existência de objectos interactivos	100	100	75	75	75	100
Modelos físicos	75	100	75	75	25	75
Velocidade dinâmica de objectos e do mundo	25	75	25	75	75	75
Cenários dinâmicos	75	75	75	25	25	75
IA no mundo	0	50	0	0	0	25
Evolução autónoma	75	75	75	75	75	75
Presença da sociabilidade	100	100	100	25	75	75
Semelhança com o mundo real	75	100	25	25	75	75
2. Interface utilizador						
Navegação e controlo	75	75	75	75	75	75
Controlo como rato	75	75	75	75	75	75
Suporte som	100	100	100	75	75	75
3. Comunicação						
Audio	100	100	100	75	75	75
Vídeo	100	100	100	75	75	75
Texto	100	100	100	100	100	100
4. Avatar						
Complexo	75	100	25	75	75	75
Configurável	100	100	75	50	75	75
Desenvolvimento	100	100	75	50	75	75
Interacção	75	100	75	75	75	75
Linguagem corporal	100	100	100	100	100	100
5. Escalabilidade						
Distribuído por vários servidores	25	75	25	25	75	75
Limite de criação de objectos por utilizador	25	100	25	25	25	75
Limites no espaço do mundo	75	75	25	25	25	75
Criação de utilizadores	100	100	100	75	75	100
Limitação de línguas faladas	75	75	25	25	25	50
Possibilidade de ligações externas	75	100	75	25	25	25
6. Segurança						
Direito sobre criações digitais	75	100	50	100	75	100
Segurança para o avatar	75	75	75	75	75	75
7. Participantes						
Identidade do utilizador	100	100	100	100	100	100
Relacionamento com os outros	75	75	75	50	75	75
Relacionamento com o ambiente(colaborativo, antagonismo, condicional)	75	75	50	50	75	75

Figura 2. Matriz relativa ao valor relevante atribuído a cada mundo virtu

Estas percentagens foram obtidas através da observação efectuadas por nós em termos de disponibilidades e criação de pequenos objectos nos mundos. Utilizou-se uma faixa de 0 a 100 pontos perceptuais, onde foram definidas faixas (ou categorias), normalmente de 20 pontos perceptuais, cujos limites foram considerados como padrões de referência. São eles: 100-80 altamente disponível; 80-60 bastante disponível; 60-40 razoavelmente disponível; 40- 20 fracamente disponível; 20 -0 baixa disponibilidade;

Uma vez preenchida procedemos ao cálculo do desempenho atingido de cada mundo virtual em relação a cada dimensão. Este desempenho é obtido através dos factores de cada dimensão e é calculado a partir da seguinte fórmula:

$$Factor_n = \frac{1}{\sum_m pr_m} \times \sum_m (pr_m pc_m)$$

onde,

m – número de critérios para o factor

prm – peso do critério m (neste caso 10)

pcm - percentagem de cumprimento do critério

E pelo desempenho das dimensões calculado através:

$$\boldsymbol{Dimensão} = \sum_n (p_n x\, factor) \sum_n (p_n) \;_{and}\; p_n^{\in(0,1)}$$

Como exemplo ilustrativo, iremos calcular o desempenho de cada dimensão para a plataforma Active Worlds.

Dimensão Funcionalidade

- Cálculo do desempenho de cada factor:

  F1. Realismo do mundo = 1/90 * (0,75 * 10 + 1 * 10 + 0,75 * 10 + 0,75 * 10 + 0,75 * 10 + 0 *10+0,75*10 + 1 * 10 + 0,75 *10) = 75 %

  F2. Interface Utilizador = 1/30 * (0,75 * 10 + 0,75 * 10 + 1* 10) = 83,3 %

  F3. Comunicação = 1/30 * (1 * 10 + 1 * 10 + 1 * 10) = 100 %

  F4. Avatar = 1/50 * (0,75 * 10 + 1* 10 + 1 * 10 + 0,75 * 10 + 01 *10) = 90 %

- Cálculo do desempenho da dimensão funcionalidade:

DFuncionalidade = F1 * 0,25 + F2 * 0,25 + F3 * 0,25 + F4 * 0,25

onde 0,25 indica a relevância do factor para a dimensão em causa.

DFuncionalidade = 66.6 * 0,25 + 83,3 * 0,25 + 100 * 0,25 * 85 * 0,25 = 87,1 %

Dimensão Eficiência

- Cálculo do desempenho de cada factor:

F5. Segurança = 1/20 * (0,90 * 10 + 0,75 * 10) = 82,5%
F6. Escalabilidade = 1/60 * (0,25 * 10 + 0,25 * 10 + 0,75 * 10 + 1* 10 + 0,75 * 10 + 0,75 * 10) = 62,5 %

- Cálculo do desempenho da dimensão eficiência:

DEficiência = **F5** * 0,50 + F6 * 0,50,

onde 0,50 indica a relevância do factor para a dimensão em causa.

DEficiência = 75 * 0,50 + 62,5 * 0,50 = 74,58 %

Dimensão Adaptabilidade

- Cálculo do desempenho de cada factor:

F7. Participantes = 1/30 * (1 * 10 + 0,75 * 10 + 0,75*1 10) = 83,3 %

- Cálculo do desempenho da dimensão adaptabilidade:

DAdaptabilidade = F7 * 1 = 83,3 %

De acordo com os resultados acima apresentados, a percentagem de desempenho de cada dimensão para o Active Worlds e os restantes mundos analisados é mostrada na tabela III.

TABELA II. PERCENTAGEM DE DESEMPENHO DE CADA DIMENSÃO PARA OS MUNDOS VIRTUIAS EM ESTUDO

Dimensões	Funcionalidade	Eficiência	Adaptabilidade
Active Worlds	85 %	68,8 %	83,3%
Second Life	92,4%	87,5%	83,3%
There	81,3%	54,2%	75%
Croquet	70,8%	60,4%	66,7%
Wonderland	74,31%	58,3%	83,3%
OpenSim	79,2%	77,1%	83,3%

C. Fase 3 – Cálculo da qualidade dos mundos virtuais.

Uma vez calcula a percentagem de desempenho de cada dimensão para todas as plataformas é necessário calcular a qualidade dos mundos virtuais, cujo objectivo nos permitirá obter resultados para a escolha da (s) plataforma (s).

Aplicando o QEF a qualidade do sistema é calculada por:

$$\boldsymbol{Qualidade} = 1 - \frac{D}{\sqrt{n}}$$

onde D, representa o desvio global do sistema (distância euclidiana) relativamente ao sistema ideal, sendo obtido pela seguinte formula:

$$\boldsymbol{D} = \sqrt{\sum_j \left(1 - \frac{DIM_j}{100}\right)^2}$$

Calculemos, então a percentagem da qualidade da plataforma Active Worlds:

$$\boldsymbol{D} = Sqrt(1 - 85/100)^2 + (1 - 68.8/100)^2 + (1 - 83.3/100)^2 = 0{,}38$$

$$\boldsymbol{Qualidade} = 1 - (0{,}38/Sqr(3)) = 77{,}8\ \%$$

A partir da tabela IV podemos observar o valor da qualidade dos diferentes mundos virtuais, pela aplicação do método QEF. Este valor indica que o sistema avaliado cumpre em Q% o fim para o qual foi desenvolvido.

TABELA III. PERCENTAGEM DE QUE O SISTEMA CUMPRE PARA O FIM A QUE FOI DESENVOLVIDO

	AW %	SL %	TH. %	CROQ %	WD %	OpS %
Qualidade	77,8	87,2	68,0	65,7	70,1	79,7

D. Fase 4 – Avaliação dos resultados

Para uma melhor visualização e análise dos resultados obtidos elaborou-se o gráfico que se encontra representado na figura 3.

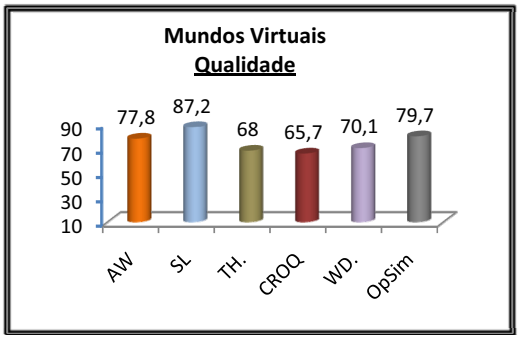


Figura3. Percentagem obtida a nivel ao nivel da qualidade para os mundos estudados.

A análise dos resultados globais do estudo realizado revela que não há uma solução que satisfaça todos os critérios, no entanto, para um produto ser aceitável, "deve ter pelo menos 80% de resultados satisfatórios nas avaliações, sendo definida pelo examinador de acordo com sua necessidade" [10]. Assim sendo, iremos seleccionar as plataformas Second Life, OpenSim e Active Worlds, pois podemos observar na figura 3, que são as que possuem uma maior percentagem de qualidade para o fim que foram desenvolvidas.

Não é possível dizer que uma é melhor que a outra, porque depende das intenções e expectativas do utilizador. Por exemplo, o Second Life tem mais sucesso do que o Active Worlds, talvez porque hoje há uma maior consciência da formação de comunidades que quando o Active Worlds apareceu. Quando o Active Worlds foi desenvolvido a notícia espalhou-se por e-mail, páginas web estáticas, o Second Life surgiu no momento em que as pessoas estavam, e estão, mais estreitamente interligadas através de blogs e redes sociais. Por outro lado, uma outra razão do sucesso que o SL atinge hoje em dia, deve-se ao interesse de um grande número de pessoas bem-sucedidas, empresas com renome no mercado financeiro, tais como, IBM, McDonald's e Coca-Cola e algumas Universidades, têm demonstrado ao longo de vários anos.

O método QEF não só nos permite avaliar a qualidade do sistema mas também, dá-nos a possibilidade de avaliar o desempenho de cada dimensão. Assim, tendo em consideração os valores obtidos de cada uma das dimensões para as diferentes plataformas, podemos afirmar que todas as plataformas apresentam uma grande uniformidade ao nível da comunicação e interface. Este facto deve-se ao carácter de socialização e aos problemas que ainda existem ao nível da usabilidade. Todos os três mundos visualizaram fraquezas ao nível da escalabilidade, devido à limitação do espaço e objectos para a criação do mundo, e da linguagem script, o que implica que o mundo criado pelo utilizador (avatar) não seja o mais real possível; e ao nível da segurança, factor este que ainda se encontra a ser testado.

IV. CONCLUSÃO

O presente artigo apresentou um estudo comparativo entre mundos virtuais. Avaliou quantitativamente estes mundos numa perspectiva de utilização como plataformas de desenvolvimento.

Esta avaliação permitiu demonstrar que a maior parte destes ambientes disponibilizam ferramentas e serviços que facilitam o trabalho a desenvolver por uma equipa de desenvolvimento.

No entanto, a partir dos resultados obtidos poderemos identificar algumas lacunas ainda existentes nestes ambientes virtuais 3D, permitindo assim, dependendo do contexto no qual vão ser utilizados, reduzir o risco de não se abordar questões chave no desenvolvimento deste tipo de ambientes.

REFERÊNCIAS

[1] J. Isdale,"What is virtual Reality", September 1998; *vr.isdale.com/WhatIsVR/.../WhatIsVR4.1.htm*

[2] C. Tiffin, L. Rajasinghan, "In Search of the Virtual Class: Education In an Information Society", London: Routledge, 1995.

[3] Robbins, S, http://spreadsheets.google.com/pub?key=pgKqGR6eOiPO KjMG9f856Sw,

.google.com/pub?key=pgKqGR6eOiPOKjMG9f856Sw2009

[4] Escudeiro, " X-Tec Model and QEF Model: A case study". In T. Bastiaens & S. Carliner (Eds.), Proceedings of World Conference on E-Learning in Corporate, Government, Healthcare, and Higher Education 2007 (pp. 258-265). Chesapeake, VA: AACE

[5] T. Manniem,"Rich Interaction Model for Game and Virtual Environment Design.", PhD Thesis. Oulu University Press, Oulu, Finland, 2004.

[6] J. Maida & J. Novak, "Effects of lighting on human performance in training". In M- Smith, G. Salvendy, & R. Koubek (Eds.), Design of computing systems: Social and ergonomic considerations(pp- 877-880). Amesterdam: Elvevier, 1997.

[7] Sadowski, W., & Stanney, K.M, "Presence in virtual environment"s. In K. M. Stanney (Eds.). Handbook of virtual environments : Design, implementation and applications (pp. 791-806). Mahwah : IEA, 2002.

[8] D.P.W. Ellis, Prediction-driven computational auditory scene analysis for dense sound mixtures" Proc. ESCA Workshop on the Auditory Basis of Speech Perception, Keele, July 1996. (6pp)

[9] Gerhard, M., Moore, D.J., Hobbs, D. J. (2002) "An Experimental Study of the Effect of Presence in Collaborative Virtual Environments", in Intelligent Agents for Mobile and Virtual Media, Earnshaw, R., Vince, J. (Eds), Springer, Berlin, German, 2002

[10] C. Ondrejka, "Education Unleashed: Participatory Culture, Education, and Innovation in Second Life". Chapter of book The Ecology of Games: Connecting Youth, Games, and Learning. MIT Press, p. 229–252, 200

[11] Dalton Lopes Martins, "Uso do Collaborative Virtual Environment (CVE) na aprendizagem Colaborativa" , http://xuti.net/2002/10/25/uso-do-collaborative-virtual-environment-cve-na-aprendizagem-colaborativa

[12] Amaral, I, "A @migração para o Ciberespaço: a Dimensão Social dos Mundos Virtuais ", Instituto Superior Miguel Torga, Portugal, Observatorio (OBS*) Journal, 5 (2008), 325-344 1646-5954/ERC123483/2008 325

[13] T. Bettencourt, A. Abade, "Mundos Virtuais de Aprendizagem e de Ensino –uma caracterização inicial", Revista Iberoamericana de Informática Educativa, Numero 7/8 ,Dezembro, 2008, pp 3-16

[14] John Helmer and Learning Ligh, "Second Life and irtual Worlds", Learning light Limited, Published October 2000

[15] Castronova, E. ""Synthetic Worlds". The University of Chicago Press, Chicago, 2004.

Implementação do Balanced Scorecard numa Companhia de Seguros de Assistência

Orlando Piedade (ISCTE-IUL)
ISCTE School of Technology and Architecture
Av. das Forças Armadas
1649-026 LISBOA, Portugal
e-mail: opiedade@gmail.com

Bráulio Alturas (ISCTE-IUL)
ADETTI-IUL
Av. das Forças Armadas
1649-026 LISBOA, Portugal
e-mail: braulio.alturas@iscte.pt

Resumo — **Este trabalho apresenta uma análise para implementação prática de uma ferramenta utilizando a metodologia Balanced Scorecard (BSC) numa companhia de seguros de assistência. O principal resultado deste trabalho é a concepção de um conjunto de indicadores de desempenho, bem como de um mapa estratégico, a fim de suportar a implementação da ferramenta baseada na metodologia BSC, capaz de aferir alinhamento estratégico, através da identificação e comunicação da estratégia, desenvolvimento de planos de acção que permita acompanhar, gerir e utilizar os dados para melhorar a performance da companhia.**

Palavras-chave — ***Balanced Scorecard, Estratégia, Objectivos, Indicadores, Perspectivas, Performance, Framework, Alinhamento estratégico.***

I. Introdução

Foi analisada uma Companhia de Seguros de Assistência cuja principal vocação é gestão de Call Center, com objectivo de desenvolver uma ferramenta, utilizando a metodologia Balanced Scorecard (BSC) para:

- Promover e aferir o alinhamento estratégico entre os diferentes departamentos e os objectivos globais da companhia;

- Aferir a sua performance em várias áreas e facilmente ter uma visão da performance passada, através dos indicadores financeiros, da sua situação actual, visão externa através da perspectiva de clientes ou interna através da perspectiva dos processos internos e finalmente, através da perspectiva de aprendizagem e crescimento ter uma visão futura.

Privilegiou-se a análise da realidade e objectivos da companhia e benchmarking, não só em relação aos concorrentes directos mas também em relação ao sector tradicional (companhias de seguros generalistas).

Para conhecer a realidade da companhia, foram feitas entrevistas aos seus gestores, tendo-se analisado aquilo que é feito actualmente em termos de controlo do desempenho, e também se teve em conta as grandes linhas orientadoras da estratégia da empresa, o que permitiu definir mais correctamente o desenvolvimento do trabalho, assente nas seguintes etapas:

- Avaliação da organização

- Definição de temas estratégicos

- Escolha das perspectivas e definição de objectivos

- Definição de indicadores de desempenho e suas métricas

- Desenvolvimento do mapa estratégico

II. Revisão da Literatura

A. O Balanced Scorecard

O Balanced Scorecard (BSC) é uma solução para as empresas implementarem e assegurarem um sistema com várias dimensões de medida do desempenho organizacional, de forma alinhada com a estratégia definida, que possibilita identificar o que realmente cria valor e sustenta o nível de competitividade, bem como possibilita uma actuação mais rápida e eficaz ao nível de gestão.

O BSC reflecte o equilíbrio entre objectivos de curto e longo prazo, entre medidas financeiras e não financeiras, entre indicadores de tendência e de ocorrência e entre as perspectivas internas e externas [1].

Ainda de acordo com Kaplan e Norton, o conjunto de indicadores devem ser escolhidos de modo coerente com a missão, visão e estratégia da organização num processo de desdobramento top down, isso transforma o BSC num importante instrumento de gestão capaz de comunicar e associar objectivos e medidas estratégicas, planear, estabelecer metas, alinhar iniciativas estratégicas, melhorar a comunicação e aprendizagem estratégica.

A divisão dos objectivos em quatro perspectivas: Aprendizagem e crescimento, Processos internos, Clientes e Económico-Financeira numa relação de causa e efeito são essenciais no que concerne ao sucesso das métricas.

B. Os Objectivos Gerais e as Perspectivas do BSC

Os objectivos gerais são a linha orientadora para todos objectivos departamentais e sectoriais de todas unidades, isto é, têm de estar alinhados com estes.

Vamos admitir a seguinte linha de orientação:

- Melhorar o modelo de governação;
- Aumentar produtividade interna, aumentar os níveis de eficiência dos processos e reduzir os custos com os sinistros;
- Rigor e selectividade na relação com os clientes; e,
- Aumentar quota de mercado através da produção acima da média.

Cada um destes objectivos, em termos macro, enquadra-se perfeitamente em cada uma das quatro perspectivas do BSC, a saber, perspectiva de Aprendizagem e Crescimento, perspectiva de Processos Internos, perspectiva de Clientes e perspectiva Económico-Financeira.

Tratando-se de objectivos macro, estes serão subdivididos em objectivos detalhados com os indicadores que forem seleccionados para monitorizar e efectivar os mesmos.

O primeiro objectivo em termos gerais é melhorar o modelo de governação. Mas como? Através do mapeamento dos sinistros, perceber a forma como se manifestam, adoptar medidas de controlo e assimilar essas medidas, ou mesmo a capacidade de acompanhar e mudança acelerada imposta pelo ambiente cada vez mais competitivo.

Para que haja melhoria efectiva e sustentada no modelo de governação, é preciso desenvolver uma cultura de **aprendizagem e crescimento** que abrange todos os níveis da organização. Em primeiro lugar é preciso definir de forma criteriosa a politica de recrutamento e formação devidamente alinhada com os objectivos gerais da companhia. O conhecimento é orientado à acção [2], logo é preciso promover acções alinhadas com objectivos estratégicos.

A melhoria dos **processos internos** é directamente influenciada pela gestão do conhecimento. Kaplan e Norton [1] defendem que as acções que permitem melhorar os processos e o desempenho para os clientes partem dos colaboradores da linha da frente, pois são eles que estão mais próximos dos processos e dos clientes da organização. É neste contexto que importa disponibilizar informações adequadas, incentivar e monitorizar o número de sugestões e inovações propostas e efectivadas por esses colaboradores.

O propósito da perspectiva de **clientes** é identificar o segmento de mercado que se pretende servir e o consequente alinhamento deste com a natureza dos indicadores a utilizar [3]. Por isso, quanto maior for a quantidade de informações recolhidas acerca dos clientes melhor. Nas interacções com os clientes, o conhecimento acerca do mesmo é importante de modo a fornecer informações precisas e evitar as que possam ser desnecessárias ou desajustadas às necessidades dos mesmos. Por outro lado, estabelecer uma relação de sinergia com clientes ajuda a perceber as suas necessidades e mais facilmente, encontrar soluções para as satisfazer.

Os indicadores seleccionados devem responder a duas questões que Niven [4] considera fundamentais: quais são os nossos clientes alvo? Qual é a nossa proposta de valores para os servir?

Segundo Kaplan e Norton [5], as empresas diferenciam as suas propostas de valor seleccionando entre excelência operacional, intimidade com o cliente ou liderança por produto.

Relativamente à criação de valor para o cliente por parte das organizações, Kaplan e Norton defendem a existência de um grupo de medidas essenciais na perspectiva de clientes no seu modelo de balanced scorecard que servem para avaliar o desempenho da estratégia, "A perspectiva de clientes permite que as organizações alinhem suas medidas essenciais de resultados relacionadas aos clientes – satisfação, fidelidade, retenção, captação e rentabilidade – com segmentos específicos de clientes e mercado" [1].

Os autores da metodologia indicam que os dados **económico-financeiros** continuam a ser importantes. Trata-se da perspectiva de nível superior nas organizações com fins lucrativos, é a que mais atenção chama quando se faz análise a situação de uma organização porque é essencial para o seu sucesso. É nesta perspectiva que ficam reflectidos os resultados das acções desenvolvidas em todas outras perspectivas, por isso, são fundamentais as correcções dos desvios que eventualmente se verifiquem durante os desenvolvimentos das outras perspectivas.

Conforme refere Niven [4], as medidas nesta perspectiva fornecem informações se a execução das estratégias detalhadas através das medidas levadas a cabo nas outras perspectivas estão a conduzir à melhoria dos resultados. Podemos focar toda a energia e capacidades na melhoria da satisfação do cliente, qualidade, tempo de resposta ou em quaisquer outros aspectos, mas sem indicações dos seus efeitos no retorno financeiro, o valor acrescentado é limitado.

C. A Indústria Seguradora

Nos últimos anos tem-se vivido um período particularmente difícil na indústria seguradora, isso deve-se a uma conjugação de vários factores, cujo principal é a conjuntura económica global com particular incidência no mercado de capitais, sem fazer referência aos grandes sinistros. Este panorama obrigou as companhias a reverem as suas estratégias, passaram a adaptar-se a uma nova realidade, privilegiando a rentabilidade em vez de adoptarem uma política expansiva ou centrarem-se na procura de novos âmbitos de actuação. Esta necessidade de adaptação conduziu a algumas mudanças, podemos falar de uma revolução na estratégia e gestão das companhias, aliás, como acontece também noutros sectores de actividade.

Para além desses aspectos, a pressão competitiva é hoje mais intensa do que nunca e atendendo a que os produtos se apresentam com qualidade quase uniforme, obriga as companhias a encontrarem formas para se diferenciarem entre si e com isso aumentar os seus níveis de competitividade.

Verifica-se hoje todo um conjunto de mudanças extremamente aceleradas que obrigam as companhias a uma dinâmica de adaptação interna, muitas vezes em ruptura com as práticas e conceitos do passado. Novas abordagens implicam muitas vezes, redesenhar todo o processo instalado para conseguir melhorias sejam elas ao nível da qualidade de serviços e/ou produtos, redução de custos ou mesmo na rapidez

dos serviços. Isso pode implicar a reconfiguração de todo negócio, procurando por exemplo tirar partido das potencialidades das tecnologias de informação. Isso implica em primeiro lugar assumir o que deve ser feito e depois como fazer. É um processo complexo dirigido no sentido top-down, levanta questões relacionadas com a razão da sua execução ou mesmo até da forma como está a ser feita. A pressão competitiva e os avanços da tecnologia vão exigir revisão contínua dos processos de negócio.

III. Metodologia

O que se pretende com este estudo é definir uma forma de aferir um alinhamento estratégico entre todos os departamentos da companhia, independentemente dos seus objectivos, para que estejam bem alinhados com a estratégia e objectivos gerais. Para isso, foi utilizada uma *framework* que permitiu avaliar este alinhamento. O alinhamento visa reflectir o equilíbrio entre os diferentes departamentos da companhia e assim, pode-se observar a interacção desejada.

O principal resultado deste trabalho é a concepção de um conjunto de indicadores de desempenho, bem como de um mapa estratégico, a fim de suportar a implementação da ferramenta baseada na metodologia BSC. Para isso utilizou-se a metodologia proposta por Kaplan e Norton, tendo-se começado pela avaliação da organização, seguindo-se a definição de temas estratégicos, depois foi feita a escolha das perspectivas e definição de objectivos, seguiu-se a definição de indicadores de desempenho e suas métricas, e finalmente foi desenvolvido o mapa estratégico.

IV. Implementação

A. *Avaliação da Organização*

Nesta etapa, através da análise SWOT, identificou-se as forças, fraquezas, ameaças e oportunidades da organização nas áreas de cliente, financeira, dos concorrentes, colaboradores, infra-estrutura, serviços e mercados. Isso permitiu obter uma visão global do estado actual da organização e percepcionar o seu potencial futuro.

Esta análise foi resultado de uma reflexão realizada pelos gestores da companhia, envolveu todas áreas funcionais com o objectivo de encontrar soluções que eliminem ou minimizem as desvantagens e potenciem os pontos fortes da companhia no sentido de ganhar vantagens competitivas e aproveitar oportunidades no mercado.

Foi ainda definida e clarificada as bases para missão, visão e estratégia tendo em conta que trata-se de uma companhia de seguros de assistência que orienta os seus objectivos para motivação dos colaboradores, satisfação dos clientes, qualidade de produto/serviço e resultados para os accionistas, cuja visão é: …ser reconhecida como companhia de assistência com melhor qualidade de serviço ao nível nacional, ser a empresa preferida dos clientes, colaboradores e com melhores resultados para os accionistas.

Da análise feita a sua missão, reparou-se que a companhia agrega, ainda que de forma subjacente, as quatro perspectivas do BSC. Isto é, para garantir soluções práticas na área de seguros, precisa ter uma equipa de colaboradores altamente especializada e qualificada, isso pressupõe a aprendizagem e crescimento para poder materializar esta prática (processos internos). Proximidade com os clientes é a proposta de valor da companhia, bem conseguida, fideliza os clientes, tira maior proveito dos mesmos e consequentemente cria valores para os accionistas.

B. *Definição de Temas Estratégicos*

A semelhança do ponto anterior, identificou-se os temas estratégicos, o que permitiu definir de forma genérica as grandes áreas de destaque de negócio que suportam a visão da organização para que se passa fazer dele um esforço operacional através da definição de estratégia de negócio.

Realçou-se a importância da materialização desta política porque permite à companhia efectivar a sua proposta de valor, proximidade com o cliente, através da criação e aumento de valores, o que se traduz na intimidade com os mesmos. Esta é uma proposta a médio prazo e consiste em expandir, aprofundar e redefinir as relações com os clientes.

O grupo desenvolveu um programa denominado "Ambição 2012" onde definiu de forma clara a sua visão e o consequente alinhamento com a missão. Na prática, esta declaração deixa bem claro para todos, o caminho a seguir rumo aos objectivos, isto é, estratégias conducentes à concretização da referida ambição cujos objectivos são: Crescer (volume de negócio), ser rentável (ser lucrativa), conquistar satisfação de clientes, fornecedores e dos empregados (ser a Empresa preferida).

De uma forma sistemática e resumida, as linhas orientadoras da estratégia para o grupo para o próximo triénio são:

- Obter novos contratos – aumentar volume de negócio e proporcionar um crescimento sustentado;
- Rentabilizar os negócios existentes – aumentar a rendibilidade e passar a ser um grupo ainda mais rentável;
- Melhorar a produtividade interna;
- Desenvolver ferramentas de melhorias e controlo da qualidade – ter os melhores indicadores de qualidade do mercado e com isso ganhar satisfação dos clientes e fornecedores;
- Encontrar acções de melhoria, implementar e medir o impacto – melhorar o ambiente social e promover a progressão na carreira dos colaboradores e com isso obter satisfação dos empregados.

Para atingir esses objectivos, a estratégia passa por ganhar novos contratos para atingir o volume de negócio desejado, melhorar a rentabilidade global através rentabilização dos negócios existentes e melhoria da produtividade interna, desenvolver ferramentas de melhoria e controlo da qualidade com objectivo de ter os melhores indicadores de qualidade do mercado e finalmente, para melhorar o ambiente social e ajudar a progressão na carreira dos colaboradores, encontrar acções de melhoria, implementar e medir o impacto.

A administração assume a relevância estratégica dos recursos humanos e materializa-a nas acções de formação profissional orientadas às necessidades específicas de cada

colaborador ou equipa. Essas acções de formação visam melhorar as qualificações e capacidades dos colaboradores e a consequente orientação para qualidade do serviço.

O levantamento de competências e exigências das diferentes áreas, com objectivo de, por um lado promover a mobilidade e polivalência, por outro lado aproveitar melhor as competências, são também acções que a organização desenvolve de forma estratégica.

As acções desenvolvidas junto dos colaboradores contemplam ainda a avaliação de desempenho e incentivos, em função dos objectivos estratégicos. O sistema de incentivo é de natureza variável, isto é, em função de desempenhos efectivos.

Por outro lado, o recrutamento e selecção de colaboradores estão direccionados para excelência, através de formação integrada com propósito de aumentar a qualidade do desempenho de forma a proporcionar o cumprimento dos objectivos propostos.

C. Escolha das Perspectivas e Definição de Objectivos

Atendendo as linhas orientadoras da estratégia para o grupo, procedeu-se a selecção das perspectivas do BSC, definição dos objectivos estratégicos e categorização dos objectivos pelos temas estratégicos e perspectivas.

Ainda baseado nas linhas orientadoras da estratégia para grupo, teve-se em conta as especificidades do mercado para formular a seguinte questão:

- Quais as vantagens competitivas que devemos potenciar em cada uma das perspectivas do BSC?

Análise ao mercado indica que os potenciais clientes privilegiam na escolha de um parceiro para prestação deste tipo de serviço a prontidão de resposta aos pedidos de assistência, isto é, intervenção rápida e eficiente com consequências na satisfação dos seus clientes.

Esta valorização dada pelos clientes e potenciais clientes é a pedra basilar quando se estabelece os factores críticos de sucesso para cada uma das perspectivas. Assim, consegue-se garantir o alinhamento dos factores críticos de sucesso com a estratégia, a visão, os valores e a missão.

Tendo isso em atenção definiu-se os seguintes temas estratégicos:

- Estratégia de inovação e qualidade para criar posição privilegiada na disputa de novos clientes e fidelização de clientes.

- Maximizar o relacionamento com os colaboradores/prestadores de modo a alcançar vantagens em relação à concorrência e a optimização dos recursos.

- Excelência operacional relacionamento baseado na estratégia de intimidade com os clientes, com objectivo de conhecer e antecipar as suas necessidades.

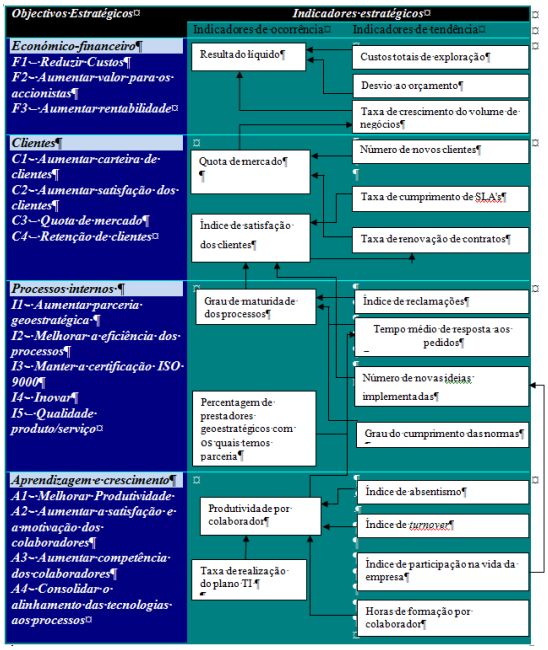
- Crescimento dos proveitos para aumentar valor para os accionistas.

A etapa seguinte foi fazer reflectir em cada perspectiva do BSC os grandes temas estratégicos. Isto é, para Perspectiva Económico - Financeira tomar medidas que promovam redução de custos, aumentar receitas e gerar continuamente valor para os accionistas. Para Perspectivas de clientes, diversificar as áreas de actuação e alargar base de clientes, fidelizar, aumentar satisfação dos clientes e melhorar competitividade. Perspectiva de Processos Internos, dinamizar e rendibilizar a actividade das áreas de negócio através da optimização de processos, inovar, desenvolver cultura de melhoria contínua. Finalmente, na perspectiva de Aprendizagem e Crescimento promover melhoria da gestão dos recursos humanos através de reconhecimento de desempenho de pessoas e equipas, ajustar competências, alinhar os recursos com os objectivos estratégicos aumentar a satisfação e motivação dos colaboradores.

D. Indicadores de Desempenho e suas Métricas

Conforme foi referido anteriormente, o processo de selecção dos indicadores teve em atenção se a medida está ligada aos objectivos, se é possível quantificá-los de forma objectiva (percentagem, unidade, valor), se são indicadores de acção ou indicadores de resultado (Lead e Lag), se os dados estão disponíveis, se os resultados obtidos são perceptíveis para que todos possam avaliar se são bons ou maus e quais as suas implicações na relação de causa-efeito, isto é, se há equilíbrio entre os indicadores. Como resultado obteve-se o seguinte quadro que demonstra a relações entre os indicadores nas diferentes perspectivas

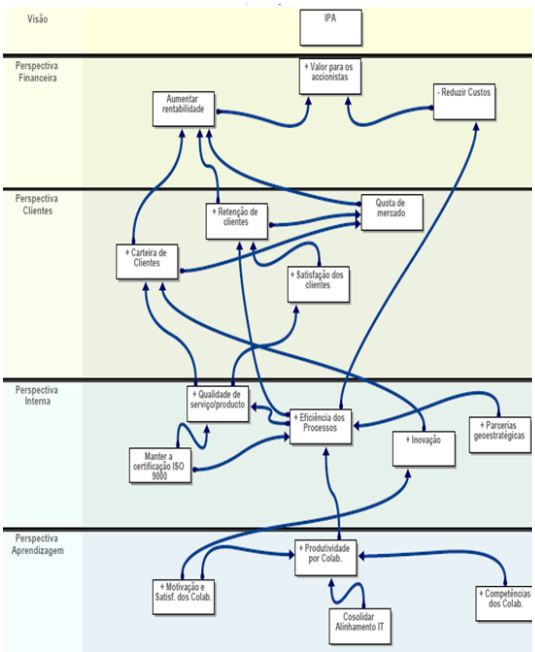
TABELA 1 - INDICADORES DE DESEMPENHO



E. Desenvolvimento do Mapa Estratégico

Definidos os objectivos e os seus indicadores, é altura de identificar a relação de causa-efeito entre os objectivos, o desenho do mapa estratégico visa facilitar a comunicação das relações entre os objectivos a todos os níveis da organização.

TABELA 2 - MAPA ESTRATÉGICO



V. CONCLUSÕES

Para alcançar os grandes objectivos estratégicos são levadas a cabo um conjunto de iniciativas criteriosamente seleccionadas e monitorizadas. Para isso identificou-se:

- As medidas;
- A pessoa ou departamento responsável pelo seu desenvolvimento;
- A estratégia à qual ela está ligada;
- Os objectivos a atingir;
- Se é uma medida de ocorrência ou de tendência;
- A periodicidade com que deve ser medida;
- A unidade de medida;
- As fórmulas de cálculo usadas para atingir os valores pretendidos; e,
- A polaridade para que se perceba a tendência desejada (mais baixa ou mais alta).

Neste caso, trata-se de uma companhia de média dimensão e não dispõe de avultados recursos económicos, materiais, temporais e humanos, optou-se numa primeira fase pela implementação de um único BSC – BSC corporativo, sem grandes complexidades com utilização de medidas comuns, abrangentes, mensuráveis, controláveis, simples de gerir e comparar.

A sua implementação será feita sem recursos ao software específico, vão ser utilizadas folhas de cálculo. A utilização de um modelo simples visa encontrar uma forma rápida de apresentar as informações e fazer com que ela chegue aos que dela necessitam de forma mais fácil, avaliar periodicamente a adequabilidade das métricas utilizadas para garantir que as medidas correctas estão a ser usadas, procurar novos indicadores de acção, monitorar a qualidade de dados e garantir uma comunicação eficaz.

Esta é a primeira fase do projecto de implementação e consiste na definição dos objectivos, indicadores, metas e acções que resulta na construção de um BSC preliminar para companhia. Numa segunda fase será utilizado um *software* específico como por exemplo o BSC designer que permitirá a monotorização dos indicadores de desempenho.

REFERÊNCIAS

[1] Robert S. Kaplan e David P. Norton, "The Balanced Scorecard - Translating Strategy in Action" - Harvard Business Review, 1996.

[2] I. Nonaka e H. Takeuchi, Criação de conhecimento na empresa. Rio de Janeiro : Campus, 1997.

[3] João Russo, Balanced scorecard para PME, Lisboa: Editora Lidel, 2006.

[4] Paul R. Niven, Balanced Scorecard step by step, New York: John Wiley & Sons, Inc, 2002.

[5] Robert S. Kaplan e David P. Norton, "Transforming the Balanced Scorecard from Performing Measurement to Strategic Management: Part I", Accounting Horizons, pp. 87-104, 2001.

Vital Signs Monitoring and Management using Mobile Devices

Bruno Fernandes, José A. Afonso
Department of Industrial Electronics
University of Minho
Guimarães, Portugal
jose.afonso@dei.uminho.pt

Ricardo Simões
Institute of Polymers and Composites - IPC/I3N,
University of Minho, Guimarães, Portugal; and Polytechnic Institute of Cavado and Ave, Barcelos, Portugal;
rsimoes@dep.uminho.pt; rsimoes@ipca.pt

Abstract— **Constant breakthroughs in medical sensor technology and mobile devices fields, combined with growing wireless communication capabilities, have made possible the emergence of new health monitoring paradigms. The ever-increasing features of PDAs and smartphones make them a vital component in innovative health monitoring systems. In this paper, we introduce a handset mobile monitoring and management system for non-critical patients, developed as complement to a complete vital signs monitoring project (MOHLL). The main purpose of this system is to provide physicians with real-time visualization of the patients' vital parameters, namely the ECG trace, heart rate, and body temperature, through an Internet-connected PDA.**

Keywords - Mobile Devices; Mobile Health; Wireless monitoring; Vital Signs; ECG.

I. Introduction

During the past decade (2000-2010), the expansion of mobile communication devices, such as mobile phones, smartphones or even handheld computers (PDAs), have increased to a level that turned their services into the most used ICT (Information and Communication Technology) worldwide. According to the 2010 ITU (International Telecommunication Union) report [1], by the end of 2009, there were approximately 4.6 billion mobile cellular subscriptions, with the average penetration rate, in developed countries, above 100%. This growth states the importance that these devices have taken in our everyday life, not just based on their cellular networks communications, but also in a set of tools that they have been added during the past few years. The developments, at both hardware and software levels, turned the usual mobile phones into high performance computer systems devices made to be discreet and pocket fit, capable to execute tasks that were, not long ago, associated only to PCs. Internet access, multimedia file support or the ability to develop and use third-party software applications, are some of the features present in nowadays smartphones and PDAs, due to the creation of dedicated operating systems as well as the many improvements made in their processing and memory units or in their communications systems, that ceased to allow only cellular networks communications to start providing new types of connection to other wireless networks (WLAN or Bluetooth).

All these developments have considerably expanded the number and type of possible applications for mobile devices, making them essential elements in some areas and with a huge potential for many others. The medical field is one of those areas, where ubiquitous computing appears as a tool of growing importance and the commercial applications developed for medical and healthcare systems are rising both in number and in users [2]. Remote medical monitoring is a specific area where such devices can provide a great help to doctors and general medical staff in the need of regularly check on their patients. This paper describes an approach undertaken to develop a health monitor and patient data manager based on a commercially available PDA.

The presented work is integrated within project MOHLL (Mobile Health Living Lab), a complete vital signs monitoring system for non-critical patients based on wireless sensors networks (WSNs) and standard based protocols which has been deployed in an internment floor of a local hospital. This project was designed to gather ECG (electrocardiography), SpO2 (oxygen saturation), and body (skin) temperature data and send them through a ZigBee [3] network into a central data server, where all system information is stored, before being available to be accessed through any web browser or, as this paper describes, through a PDA with WLAN connectivity and the software application developed to be used in this project.

The remainder of the paper is divided as follows. In the next section we discuss some of the related work regarding mobile devices usage in other vital signs monitoring system. In section III, the MOHLL project structure and its components is introduced. The subsequent section addresses the development details for the mobile monitoring applications. In section V, the results achieved in field testing are discussed. The final section presents some concluding remarks and future work.

II. Related Work

Many approaches are being done regarding vital signs monitoring and/or analysis systems using mobile devices. The number of existing research projects and commercially available systems prove the great potential of handset devices applicability in the medical field. In the research presented in [4], there were considered to be two main architectures for ambulatory vital signs monitoring systems, which use the

mobile device with a direct link (wireless, usually Bluetooth) to the wearable sensors.

The first group intends the mobile devices to gather and send all vital signs data arriving from the sensors. The sent information is then analyzed in a hospital facility. Some of the systems with this architecture may also have recording and representation functions, available in the devices. These group systems, even with real-time monitoring ability, have a great drawback due to the permanent communication needs, which reflects in high power consumption, usually unsustainable by mobile devices. Examples of this group are some commercial solutions offered by Alive Technology [5] or Vitaphone [6], as well as some research projects like Secure Mobile Computing [7].

In the second group are considered all systems with an analyzing process between the sensors and the medical centers. The intention is to continuously check the acquired vital signs for any anomaly that, when detected, triggers an alarm responsible for notifying the proper medical staff. This structure can be found in the UbiMon system [8], from the Imperial College of London, and in the MOLEC research project [9], from the University of the Basque Country.

The project described in [10], which possess other mobile device based system architecture outside the previous classification, presents the closest similarity with the MOHLL project, as it is also intended to work in hospital environment, enabling the creation of monitoring stations where all patients ECG signals should be available. A ZigBee sensor data collection network is the basis of the acquiring system, being responsible for routing all data to the project's server. The received data are then available to be visualized either through a web browser or through a PDA based application.

III. THE MOHLL PROJECT

The main objective of this project is to enable healthcare providers to access their patient's vital signs without having to be near them, through the use of monitoring units at the hospital. A permanent link to the patient's health condition when outside the hospital is also possible, which may be especially useful when the opinion of a specialist physician is needed.

The designed system was build to acquire the patients' medical data through a set of distributed sensors and make it available for visualization on monitoring screens. Unlike conventional monitoring systems, the physical link between these two components is not a data cable, being replaced by wireless networks, which make possible the remote data analyzing.

The different stages of the monitoring process can be seen in Figure 1. The system's course of action begins with the raw acquisition of vital signs data by ZigBee-based wearable sensors. After being treated, the data are sent through one of the hospital's WSNs to the Data Server. In their path, sensor's data may be routed through different spatially distributed network devices. These networks have self-organizing capabilities, as well as multi-hop routing features, allowing topology modifications in response to mobility or node failures. All acquired data are transferred through a serial interface from the coordinator to a ZigBee-to-Wi-Fi gateway computer, responsible for verifying the integrity of the data and processing them, as well as establishing HTTP connections to send the processed vital signs to the Data Server. Here, all incoming data is gathered and saved into the server database, where all system information is stored and becomes accessible to real-time visualization, through the Internet or the hospital's Wi-Fi network. Recovering patients can also have their vital signs remotely monitored at home, through the installation of a ZigBee infrastructure, as well as the required applications running on a personal computer with Internet access.

By addressing non-critical patients with constant health care supervision needs, this project intends to present a monitoring structure where patients can have a high mobility level, within the hospital facilities, while their vital signs are continuously followed. Using comfortable and unobtrusive measuring devices, placed into a wireless network with auto-reconfiguration capabilities, the developed wearable sensors provides patients with a safe monitoring system where no physical connections are needed. In addition to improving the patients' internment period, this approach also provides an accurate multi-patient monitoring and management system based on standard Web functions, enabling health care

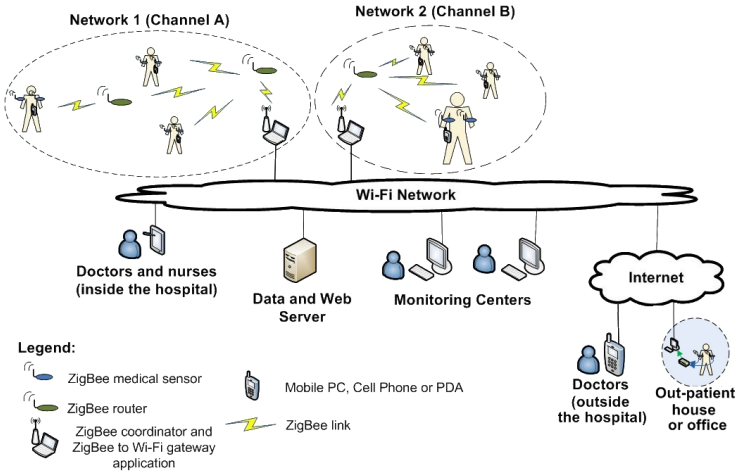


Figure 1 – System architecture overview.

providers to have a more efficient method to monitor the patients' health condition.

The system components, such as sensors, data networks, or storage and visualization applications, have been specifically designed for this project to enable seamless integration. The next sections describe each of these elements, as well as their incorporation in the overall project.

A. Sensors

Three types of vital signs sensors were developed (ECG, blood's oxygen saturation and skin temperature). However, since an algorithm to extract the heart rate from the ECG waveform was also implemented, we consider the system to have four types of physiological measurements. The sensors were designed to be small, comfortable and noninvasive devices with no physical connection to any other equipment, aiming to significantly increase monitored patients' mobility.

All sensors share the same architecture, which consists in the combination of the following modules:

- Signal acquisition module. A transducer used to convert the physical stimulus into electric signals.
- Signal conditioning module. Amplification and filtering circuits responsible for electrical signal treatment.
- Wireless communication module. Responsible for analog to digital conversion and for data transmission. The same ZigBee module is used in all measuring devices: Jennic's JN5139-001-M00 [11], with provides an integrated antenna.
- Power module. A battery responsible for the energy supply of the remaining modules. These batteries may differ, depending on the energy requirements of the sensors where they are used in.

Despite, the main structure of all senores be the same, their behavior differs according to the vital sign which they capture, e.g., the sending data rate directly influences the type of battery used and the required maintenance. The ECG sensor has to send a 50 sample message every 250 ms, while the skin temperature sensor just has one measured data value to send every 3 minutes. Therefore the power consumption, network, server processing and storage requirements are much more demanding for the ECG.

B. ZigBee Network

Factors related to power consumption, signal range, bandwidth, cost, reliability or security were some of the considered aspects during the communication method design. From this process ZigBee protocol was chosen as the most appropriated regarding the project requirements, due to the large number of nodes that could be supported, the reliable protocol stack structure, the availability of interoperable devices from several manufacturers and the reduced power consumption [12], which make the ZigBee standard specially suited for battery powered devices networks, as the one here described.

The requirements let to the implementation of a short-range wireless personal area network (WPAN) in which three different network devices coexist: end devices (sensors), routers and a network coordinator. Devices have to be able to enter or leave the network without interfering with its performance, which was accomplished by organizing the network in a mesh topology [13]. The routers are distributed over a wide area, as a hospital floor. Therefore alternative pathways are created for the data transfer between the end devices and the network coordinator, improving the network coverage and reliability.

As the end devices (sensors), routers and network coordinators were also specifically developed for the MOHLL project. Unlike the sensors, these devices must be externally powered in order to meet their energy needs, since they always must be listening for the incoming data frames. Given that they stay at a fixed position, this requirement was fulfilled without affecting the systems efficiency. Structurally identical, these two devices only have differences at the application level and at the external power provider. Routers are powered through the hospital's power circuit, while the network coordinators receive their power through a USB connection to the ZigBee-to-Wi-Fi gateway computer, which is also used to exchange the data.

Several mechanisms are used to deal with interference in order to provide reliable vital signs data transfer. Since both ZigBee and Wi-Fi operate in the 2.4 GHz band, a pre-selection of non-overlapping channels is made. During the network formation, the ZigBee coordinator performs an energy scan procedure and selects the channel with lowest interference level. During the network operation, a retransmission scheme is used to recover corrupted packets.

C. Data Server

The purpose of the Data Server is to manage all the system's information: monitored vital signs values, patient and sensor information and also system users' data and their permission levels. The running server applications are constituted by two Java servlets: the Data Reception Service (DRS) and the Data Dispatch Service (DDS). DRS is responsible for the constant receiving, validation and database storage of the incoming packages arriving from ZigBee-to-Wi-Fi gateways. The DDS servlet, on the other hand, is responsible for handling all authenticated users requests. As shown in Figure 2, these two servlets only have an indirect connection through the systems database.

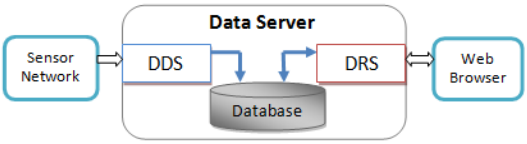


Figure 2 - Data Server architecture.

All accesses made to the server through any of the referred applications, are done using the HTTP communication protocol. The Apache Tomcat web server was used to support

both servlet applications as well as a web site. This site was developed using HTML and JSP (Java Server Pages), which was used to interact with the MySQL database. Its purpose was to allow patient vital signs visualization through any web browser, as well as providing management functions for all systems elements (users, patients and sensors). The web browser's viewing area allows the simultaneously display of data from of up to six patients. To each patient is associated a Java Applet where his vital signs are represented. This option was taken to enable the integration of a set of graphical representing functions within the java web interface. Java applets run over the client computer Java Virtual Machine, and they are responsible for opening a HTTP connection to the Data Server, which is used to receive all incoming real-time data.

The use of a web browser, simplifies the monitoring process, enabling any Internet connected computer with Java Runtime Environment software to act as a monitoring station, eliminating the need for any additional software.

IV. Mobile Monitoring and Management

Considering the growing potential and given usages of PDAs and smartphones, a mobile handset monitoring concept was designed. This appeared as complement of the MOHLL project web site, and is intended to be a more practical way for healthcare providers to supervise the health condition of their patients, being able to do so without needing to access a computer, for routine check purpose, as opposed to the web site's continuous monitoring profile. One of the main reasons of this principle has to do with the battery life limitations that arise with constant Wi-Fi connectivity, in all handset devices. The support of managing operations provided by this mobile application is also very useful, especially when patients and sensors associations are made, due to the possibility of this process to be done in the patient's room.

The mobile application that was developed had to be incorporated with the previously developed server system, in order to keep the Data Server architecture as intact as possible, excluding the need for any structural modifications for mobile devices support. The adopted solution was to keep the Data Reception (DDS) and storage services and implement a server application with similar web browser support functions. Under the DRS servlet, a PDA support layer was built to handle all database connections regarding mobile monitoring applications HTTP requests. Since both the Web site and the mobile application share similar functionalities, the link between their server support systems and the database is made through a common abstraction layer, as shown in Figure 3. On the PDA end, the user interface single connections with the system's server are done through a communication class, responsible for assembling all data into a predefined structure before sending them. This class is not however responsible for the real-time vital signs data transfers due to their continuous communication profile.

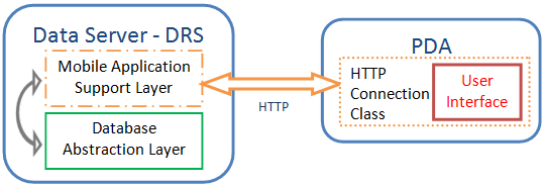


Figure 3 - Architecture of the PDA application support system

The PDA application and support functions work in the same basis as the described web site, and it displays the following features:

- User authentication system;
- Sensor managing options: insert, delete;
- Patient managing options: insert, edit information, delete record;
- Patient-Sensors association managing options, used to select which vital signs each patient will have monitored;
- Individual patients alarm configuration, used to set the normal vital sign values range;
- Real-time vital signs visualization;
- Historical vital signs data presentation in graphical format;

The vital signs visualization process is the most complex feature of the application, mainly because the demands of real-time graphical representation of the ECG signal, which, besides constant communication activity, also requires a good processing performance, in order to accurately update the data drawing. This operation, unlike all the other communication functions, is not based on a request-response configuration. In this case, only one request is made to the system's server, which establishes a permanent connection channel with the PDA. Through this channel, all the monitored patient ECG incoming data packages are continuously sent, until this connection is closed (or lost). The server is responsible for continuously checking the channel, in order to detect any breaks to this link. As previously mentioned, for every 250 ms, a 50 sample ECG values package is assembled, together with a time stamp. In the mobile application end, these packages are received by a working thread responsible for holding them and making them available to the graphical representation function. This operation has to be done in a 250 ms interval, in order to ensure the accuracy of the real-time representation. All the other vital signs are updated through a timer function that, at intervals of 500 ms, makes a request for new measurement values from any of monitored signs.

The viewing area of the application's main screen, which can be seen in Figure 4, has the patient identification at the top, followed by the ECG signal drawing region and then the numerical values of skin temperature and heart rate measurements (blood's oxygen saturation sensor has not yet been tested). The scalar vital signs values change color

depending on whether or not they are within the defined interval, and if this values are outdated, they are shown in an intermittent way. For each of the three mentioned vital signs, the battery life status of the corresponding sensor is presented, to help with the sensor's maintenance. Other options like adjusting the ECG graphic zoom or the corresponding line thickness are also available, alongside with buttons to provide access to a backlog of recent vital signs records. As the real-time representation, also the historical medical records representation operations are different for the ECG and other signs. During the real-time PDA visualization of the ECG data, the incoming packages are stored into an array, which, when the user captures a peculiar cardiac event, allows them to stop representation and go back on to that particular time. As for the other vital signs, if the user wants to see a graphical representation of that signal in the previous hours (the number of hours depends on the type of signal), a request is sent to the server for the stored data measured within that time.

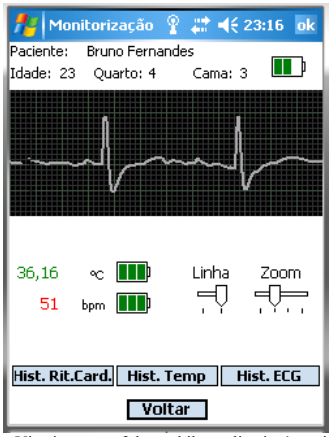


Figure 4 - Viewing area of the mobile application's main screen.

A correct wireless failure management was also an important aspect deled with, during the development phase. Since the handheld devices often lose Internet connection, due to getting in and out of wireless signal range, and in order to increase the mobile monitoring application reliability, it was created a procedure to constantly verify the connection to the server, preventing application errors and improving the on and off wireless signal situation, without lost of stability.

The described application was developed using C# and was designed for Windows Mobile handsets featuring .Net Compact Framework 3.5 software. All tests were made using a Qtek 9090 PDA equipped with a 400MHz Intel PXA263 microprocessor, 32 MB of ROM, 128 MB of SDRAM and a Wi-Fi 802.11b network capability.

The choice to use a Windows Mobile device was based on the availability of the equipment at the start of the project, and, especially, on its high market share at that time. Since Microsoft recently decided the phased out of the Windows Mobile OS, the adoption of the Android platform is being considered for future developments.

V. Field Testing Results

After a series of laboratory trials, the PDA client application was tested in a hospital environment, monitoring the vital signs of several real patients, and was found to accurately represent all incoming data; see Figure 5. In this first implementation, and due to the high graphical processing demands, it was detected that if the monitoring window was active for over one minute, the real-time ECG visualization may get a small delay. This delay averages 5 seconds for every minute. However, since this monitoring application is intended for short time data visualization (either when a particular event occurred, or for a short period at each patient during a doctor's round), this drawback does not pose a serious hindrance to the system's objectives. This problem can, however, be reduced with the improvement of the coordination time between the receiving of packets and their representation. All other data visualization and managing functions worked as they were expected to, with no detected difficulties.

A particular aspect of the performed tests was to understand how the PDA battery life would be affected by the running application. On the utilized PDA, using the monitoring feature of the application for 10 minutes (on good Wi-Fi conditions) made the battery drop 7%. Comparatively, normal usage for 10 minutes, on average, leads to a battery loss of only 3%. This is not a problem, since this monitoring system was designed to be helpful in patient routine checks, and not as a continuous monitoring process.

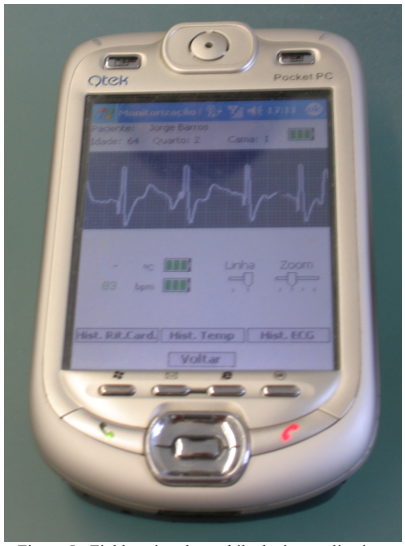


Figure 5 - Field testing the mobile device application.

The clinical staff that tested the device stated that it was easy to use and that the visualization feature was perceptible and clear. It should be mentioned that in early interactions between the research team and the medical professionals, they had made several suggestions that were incorporated into the application. The primary suggestions included the previously mentioned features for zoom, line width, and access to a

recording of recent vital signs. However, other features were later added for practical use, namely, the need to display battery charge for each sensor.

Figure 6 - Mobile device application being tested by the clinical staff.

VI. Concluding Remarks and Future Work

In this paper we describe the development of a real-time vital signs monitoring system and its management, using a standard communications mobile device such as a PDA. This system was integrated into an ongoing project (MOHLL), which is deployed in a hospital internment floor for vital signs monitoring through a web browser. ECG, heart rate and skin temperature sensors were tested. The mobile system applications are linked to the MOHLL Data Server through a wireless Internet connection based on HTTP protocol messages. The PDA developed application enables healthcare providers to check their patients' vital signs as well as manage all data related to them. Using the server's IP address, the client application establishes a connection to the mobile supporting functions contained therein, which are responsible for the database accesses and, therefore, all the system's information. Despite some graphical device limitation, all the monitoring and management function presented good practical results when submitted to field testing in the hospital environment. However, further testing is required and more extensive and demanding trials will soon be conducted. On the other hand, only casual opinions were gathered from clinical staff, and a more formal medical opinion is still needed, particularly concerning the ECG graphical representation.

Another potential improvement aspect is that the developed mobile application was designed for Windows Mobile operating system (OS) only, which has recently been replaced by the new Windows Phone 7. Considering all other mobile operating systems currently available, future work will expand the mobile monitoring system for other OS, such as Android or Windows Phone 7. Other perspective of future work is to explore the capabilities of more recent smartphones, such as java allowance, which, with the increasing processing power of these devices, may enable the use of mobile web browsers as the remote device monitoring interfaces.

Acknowledgment

Fundação para a Ciência e a Tecnologia, Lisbon, through the 3° Quadro Comunitário de Apoio, and the POCTI and FEDER programmes.
Clinical and financial support for the case-study has been provided by Grupo AMI - Assistência Médica Integral (Casa de Saúde de Guimarães, SA), Portugal, under the partnership established between this healthcare company and the University of Minho.

References

[1] International Telecommunication Union, "Measuring the Information Society 2010", 2010.

[2] J. Sarashon-Kahn, "How Smartphones Are Changing Health Care Consumers and Providers", California Health Foundation, 2010.

[3] ZigBee.Alliance, "ZigBee Alliance Document 053474r17, ZigBee Specification, v. 1.0 r17," Z. Alliance, Ed., 2007.

[4] J. Rodriguez, A. Goni and A. Illarramendi, "Real-time classification of ECGs on a PDA", IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine, vol . 9:23-34, 2005.

[5] Alive Tecnologies, http://www.alivetec.com/ , checked 2010

[6] Vitaphone, http://www.vitaphone.de/en/home.html, checked 2010

[7] A. D. Jurik and A. C. Weaver, "Remote Medical Monitoring", IEEE Computer, vol. 41:96-99, 2008.

[8] UbiMon, http://www.ubimon.net/, checked 2010

[9] J. Rodríguez, L. Dranca, A. Goñi and A. Illarramendi, "A Web Access to Data in a Mobile ECG Monitoring System", University of the Basque Country (UPV/EHU), LSI Department, 2004

[10] P. Khanja, S.Wattanasirichaigoon , J.Natwichai, et al ," A Web Base System for ECG Data Transfered using ZigBee/IEEE Technology", *3rd International Symposium on Biomedical Engineering*, 2008.

[11] Jennic, "Product Brief – JN5139-xxx-Myy IEEE802.15.4/ZigBee Module Family", 2009.

[12] A. C. Matos, "Desenvolvimento de um sensor de electrocardiograma compatível com a tecnologia de redes sem fios ZigBee", Master Thesis in Biomedical Engineering, University of Minho, 2009.

[13] H. Fernández-Lopez, J.A. Afonso, J.H. Correia, R. Simões, "HM4All: A Vital Signs Monitoring System based in Spatially Distributed ZigBee Networks", *4th International Conference Pervasive Computing Technologies for Healthcare (PervasiveHealth 2010)*, Munchen, Germany, March 2010

As TIC na gestão Agro-industrial

Sistema de Gestão de Colheita de Cogumelos

Simone A. Canuto
Dep. Engenharias,
Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro
5000 Vila Real, Portugal
simcanuto@gmail.com

Ramiro Manuel Ramos Moreira Gonçalves
Dep. Engenharias
Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro
5000 Vila Real, Portugal
ramiro@utad.pt

Mário Mollo Neto
Engenharia de Produção
Universidade Paulista – UNIP, São Paulo, Brasil
mariomollo@gmail.com

Frederico Augusto dos Santos Branco
Sousacamp SGPS, S.A., 5360-021 Benlhevai, Portugal
frederico.branco@sousacamp.com
Dep. Engenharias
Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, 5000 Vila Real, Portugal
fbranco@utad.pt

J. Boaventura Cunha
Dep. Engenharias
Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro,
5000 Vila Real, Portugal
jboavent@utad.pt

Resumo — **Os recursos naturais estão próximos do limite da sua capacidade em várias regiões do mundo. Optimizar a sua utilização é uma premente necessidade. A gestão da agro-indústria tem estado atenta a essa necessidade, procurando melhorar a sua produtividade, reduzindo o desperdício durante todo o processo produtivo e na distribuição dos seus produtos. As Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) apoiam os processos com controlos de entradas e saídas nas mais diversas actividades. Este artigo procura descrever uma cadeia completa de produção de cogumelo. O sistema de informação desenvolvido internamente pela Empresa estudada, permite saber o que está a ser produzido, quais são os produtos a serem entregues e qual deve ser o planeamento para os dias seguintes.**

Palavras-chave: agro-indústria, gestão, TIC, agronegócio, sistemas de informação

INTRODUÇÃO

A crescente necessidade de optimização e controlo da produção agro-industrial traz novos desafios para as empresas do sector. Uma gestão mais ágil com controlo de processos e redução de custos são essenciais para que as empresas sejam mais competitivas num mundo globalizado.

O desenvolvimento da distribuição alimentar moderna está directamente ligado ao sistema de produção em massa. No final do século XIX ampliou-se a capacidade de transporte e as telecomunicações, aumentando as possibilidades de rastreabilidade alimentar e de escoamento da produção. Esse avanço tecnológico gerou um sistema de distribuição em massa onde se disponibilizam produtos de forma global (1). Os avanços tecnológicos, juntamente com os subsídios generalizados em países da Organização para a Cooperação Económica e Desenvolvimento Económico (OCDE), tornaram mais eficiente e mais barata a produção de alimentos nos países mais desenvolvidos (2).

Por outro lado, os consumidores exigem melhor qualidade, maior durabilidade e segurança dos produtos obrigando as empresas a desenvolverem formas de controlo dos seus processos produtivos, de armazenamento e de distribuição. Num mercado altamente competitivo, a indústria agrícola investe cada vez mais em tecnologia electrónica para apoiá-la neste desafio (3).

O presente artigo descreve e avalia a utilização de um sistema de gestão de colheita desenvolvido por uma empresa do sector agro-industrial de produção de cogumelos. O Grupo Sousacamp, SGPS e as suas associadas, não encontrou disponível no mercado um sistema comercial que preenchesse às especificações emanadas da análise de processo de gestão de colheita, optando pelo desenvolvimento interno de uma solução à medida. Nas secções seguintes vamos descrever o contexto do negócio agro-industrial (secção I) bem como o processo de produção de cogumelos (secção II), terminando o mesmo com a descrição das funcionalidades da solução criada (secção III) e um conjunto de breves conclusões resultantes deste processo (secção IV).

I. GESTÃO DA AGRO-INDÚSTRIA

Nesta secção iremos descrever alguns conceitos sobre o agronegócio e algumas características do sector. A gestão empresarial como factor de competitividade nas empresas. A

tecnologia da informação e comunicação como forma de apoio à gestão das organizações e os principais sistemas de controlo utilizados.

A. Agronegócio

O conceito de agronegócio não é recente, e pode ser definido como sendo a soma total das operações de produção e distribuição de suprimentos agrícolas (4).

A tecnologia utilizada na agricultura e no agronegócio tem sido foco de vários estudos [3, 5, 18, 20] que contribuíram para o avanço e a diversidade de aplicações e a redução de custos relativamente a toda a cadeia produtiva. O agronegócio engloba a produção agrícola e pecuária envolvendo diversos agentes: os produtores, os fornecedores de matérias-primas (sementes, químicos, etc.) e de equipamentos, os processadores de alimentos, os distribuidores e os comerciantes (5).

Como em qualquer outra actividade económica, pretende-se maximizar a produção (qualidade e quantidade) e minimizar os custos de produção mediante o uso de sistemas de gestão mais eficazes nas empresas. A complexidade dos factores implicados na obtenção destes objectivos torna indispensável, para poder gerir eficazmente todo o sistema, que se recorra a um bom suporte de TIC. Actualmente, as tecnologias disponíveis para o agronegócio não são facilmente adaptáveis a empresas de diferentes dimensões e assentam em plataformas distintas. Além disso, não existem soluções com componentes de gestão, de controlo local e de processamento e transmissão de informação padronizadas. (6).

B. Gestão

Novos desafios estão presentes nas mais diversas áreas. As organizações necessitam de optimizar os seus recursos, aumentado a produtividade e reduzindo o desperdício. A gestão deve estar atenta a todas as etapas dos seus processos de produção, analisando a eficiência e eficácia nos seus mínimos detalhes. Falhas de informação, falta de material para uma actividade, erro na distribuição das tarefas ou nos pedidos dos clientes não podem ser tolerados. Para que tais situações não se verifiquem, deve mudar a forma de gestão, tentando obter informações ágeis, seguras e em tempo real (7).

Os processos de produção e fornecimento de alimentos, muitas vezes estão dispersos por áreas distantes, o que conduz a que fornecedores e clientes estejam ligados por sistemas de informação e de fluxos de capital. O valor do produto deve ser acrescido aos impactos ambientais e sociais gerados durante as diferentes fases de produção. Neste contexto, as empresas produtoras e as cadeias de abastecimento podem ser consideradas responsáveis pelo desempenho ambiental e social de seus fornecedores (8).

Os avanços tecnológicos têm permitido reduzir os custos de produção de alimentos, o que, conjuntamente com os subsídios generalizados aos países da Organização para a Cooperação Económica e Desenvolvimento Económico (OCDE), permitem uma produção mais eficiente. Porém, a optimização do processo produtivo, relativo à maximização da qualidade versus custos de produção não é exequível em muitas regiões periféricas que não possuem boas práticas de gestão e ferramentas tecnológicas adequadas (2).

A utilização das TIC na gestão do sector agro-alimentar permite quase sempre obter um melhor controlo do processo produtivo, evitando a aplicação de recursos agrícolas desnecessários. Neste domínio, a agricultura de precisão está entre as aplicações dos sistemas de informação à gestão da agro-indústria que assume um papel relevante no controlo de colheita, na distribuição e no armazenamento (9).

C. Tecnologias da Informação e Comunicação

A preocupação crescente com os sistemas capazes de tratar dados de origem externa que possam facilitar decisões ao nível do planeamento estratégico, tornam relevante o papel das TIC no contexto deste trabalho.

Na era da informação e do conhecimento as TIC têm um papel fulcral no suporte aos processos de negócio de forma a integrá-los nas funções da empresa e em todas as actividades organizacionais. As TIC geram esta integração de forma que a produção possa ter como base os pedidos a serem entregues. Um sistema estruturado e bem elaborado permite combinar a eficiência dos processos com a entrada de pedidos. Por si só, a tecnologia não gera o diferencial competitivo. É ainda necessário que toda a organização esteja estrategicamente alinhada com essa tecnologia (10,27).

Os sistemas de informação das empresas modernas permitem aos seus gestores e administradores terem acesso a vários tipos de informação relacionada com desempenho das suas áreas de actuação (11). A informação "acaba por se transformar numa das principais matérias-primas para concretizar os resultados desejados". Para que esta informação se transforme em "matéria-prima" de qualidade é necessário que esteja inserida num contexto, ou seja, transformada em conhecimento (12).

A construção de conhecimento ao longo do tempo e de forma organizada pode ser apoiada por sistemas computacionais, mesmo em actividades específicas, conhecidos também por sistemas 'especialistas', que permitem dar suporte ao processo de tomada de decisão (13).

Os Sistemas de Informação (SI) são um conjunto de componentes que recolhem, processam, armazenam e distribuem informação com finalidade de dar suporte à tomada de decisões e controlo numa organização como ilustrado na figura 1. A entrada de informação precisa de ser adequada ao tipo de informação necessária para o negócio, sendo o seu processamento definido com as regras da organização e a determinação dos *stakeholders* (colaboradores, fornecedores, clientes e entidades reguladoras). O *feedback* resulta da informação gerada pelo *output*, que será usado pela organização para avaliar a qualidade da informação recolhida (6). É pois necessário ter como foco o negócio da organização, para depois definir quais são as informações necessárias e qual deve ser a melhor tecnologia a adoptar para o sistema de informação.

Alguns dos estudos desenvolvidos na área de aplicação das TIC à agricultura destacam o impacto do custo das soluções

tecnológicas adoptadas. Assim, a opção por soluções adequadas para os mais diversos problemas de controlo e de produção agrícola, pressupõe uma análise criteriosa sobre as reais necessidades que devem ser consideradas (14).

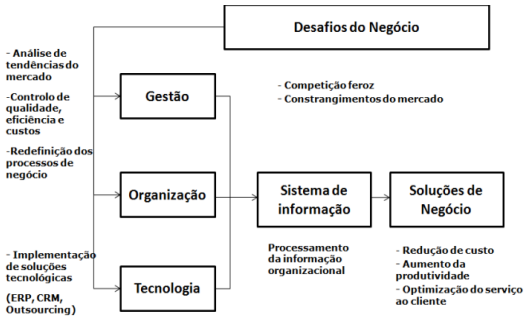


Figura 1- Sistemas de Informação e negócio da empresa (6)

A escolha do modelo de análise e levantamento de dados para o desenvolvimento da solução de TIC deve considerar que existem várias tecnologias disponíveis e ver quais são as informações realmente necessárias. Outro factor de impacto nesta escolha prende-se com os custos envolvidos. Algumas tecnologias são complementares, como automatização de processos, sensores e controladores, entre outras. Os agentes envolvidos devem conhecer as reais necessidades do negócio agrícola oferecendo uma solução tecnológica viável. Nesta área, existe uma tendência pela utilização de soluções *standard* independentes e não de sistemas integrados completos. Outra situação resulta do facto dos sistemas de gestão do mercado não oferecerem, frequentemente, soluções específicas e adequadas para este sector (9).

D. Controlo de processos

As TIC apoiam o controlo de processos na monitorização e controle físico, podendo medir, registar, controlar temperatura, humidade e muitas outras variáveis e/ou actividades de forma automatizada. Os sistemas de controlo de processos funcionam seguindo diversas modalidades, variando a sua integração com os diversos equipamentos. Um exemplo de utilização são os sensores - dispositivos analógicos, na sua maioria, que recolhem dados. Lêem dados com tempo determinado, por exemplo, a cada segundo, minuto ou hora. Esses valores são traduzidos em sinais digitais e podem ser armazenados ou enviados para outros dispositivos. Os dados recolhidos são posteriormente processados e integrados em outras aplicações, gerando relatórios, gráficos e sinalizações em painéis de alarme. A aplicação é vasta e de custo variável dependendo do seu grau de precisão e complexidade (15). Por exemplo, na figura 2 está ilustrada a arquitectura de um sistema de controlo baseado num computador onde constam as grandezas físicas que geralmente são lidas e/ou controladas para o caso da produção em estufas. Nestes sistemas a regulação adequada do clima na estufa é determinada mediante o processamento dos sinais provenientes dos sensores de temperatura e concentração e dióxido de carbono, entre outros, de forma a gerar os sinais de comando a enviar aos sistemas de actuação: ventilação natural e/ou forçada, injecção de CO_2, abertura/fecho de cortinas de sombreamento e térmicas, entre outros.

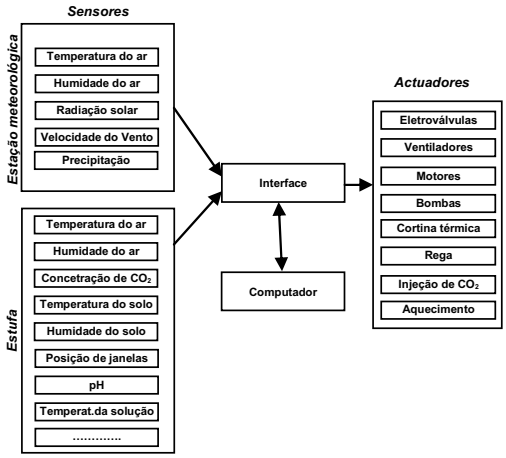


Figura 2 - Arquitectura de um sistema de controlo ambiental para estufas

II. PRODUÇÃO DE COGUMELOS

Nesta secção referem-se alguns conceitos relativos à produção de cogumelos. São ainda apresentados alguns dos métodos e das tecnologias empregues na empresa em questão.

À tempos "imemoriais" que os cogumelos comestíveis são colectados em florestas. Algumas espécies podem ser cultivadas como culturas comerciais (18). Os cogumelos são fungos, sendo que, algumas espécies são comestíveis, enquanto outras são venenosas. Os fungos têm uma grande variedade de formas e para se reproduzirem produzem esporos e desenvolvem estruturas especiais, chamadas corpos frutíferos (16; 17).

Os fungos estão distribuídos na natureza e têm grande diversidade quanto à estrutura, fisiologia e ecologia. O Quadro I exemplifica a natureza dos principais fungos, auxiliando na compreensão de como os cogumelos se comportam na natureza (19; 18).

QUADRO I ECOLOGIA DOS FUNGOS

Saprófitos	Alimentam-se de matéria orgânica morta. São especialistas em decompor matéria complexa, alguns desenvolvem-se em folhas caídas, excrementos de animais, ou em tocos de madeira morta. Enquanto alguns decompõem pêlos de mamíferos, outros decompõem penas de aves. Ex. Cogumelo de Palha de Arroz
Simbiontes	Estabelecem relação de simbiose com outro organismo, com uma árvore, por exemplo, em uma relação benéfica a ambas
Parasita	Vivem à custa de outros organismos alimentando-se de seu hospedeiro

Fonte: Desenvolvido pelo autor (19; 18)

O crescimento dos cogumelos necessita de temperatura, humidade e ventilação adequada. Os esporos desenvolvem uma massa que se transforma nos cogumelos comestíveis. A maioria dos produtores compra a massa, ou composto, em laboratórios especializados. O composto deve ser criado em

meio orgânico, antigamente era feito inteiramente de esterco de cavalo (21; 19; 22).

Os cogumelos, sendo fungos, diferem das plantas, pois estas têm a capacidade de aproveitar directamente a energia solar, com uso de clorofila. Os fungos não têm esta capacidade e dependem de outros organismos para a sua alimentação, desta forma absorvem os nutrientes do material orgânico no qual se encontram. No caso dos cogumelos, o "corpo vivo do fungo não é o corpo de frutificação acima do solo, mas sim o micélio que se encontra abaixo do solo, dentro das plantas ou dentro da madeira." ((16), pg 8)

QUADRO II CLASSIFICAÇÃO BASE DOS COGUMELOS

Zigomicetos	São fungos com filamentos em forma de alfinete, em geral não desenvolvem corpo frutífero para ser visto a olho nu.
Ascomicetos	Produzem os esporos, em geral 8, no interior de uma única "célula" e os corpos frutíferos podem ser estruturas semelhantes a taça ou disco, e daí esses fungos serem chamados discomicetos; quando em forma de frasco, são conhecidos como Piremonicetos.
Basidioicetos	Produzem os esporos, em geral 4, na ponta de talinhos conhecidos como esterigmas, que se desenvolvem em cima de uma célula em forma de clava chamada basídio. Os corpos frutíferos são os cogumelos comuns e em forma de guarda-chuva.

Fonte: adaptado pelos autores com base no livro Mushooms - A pocket Companion (16)

Os cogumelos comestíveis são pertencentes à classe Basidiomycetes. A maior parte das espécies comestíveis enquadra-se na ordem Agaricales, na qual se encontram duas das principais famílias: Boletaceae (com as espécies Boletus edulis e Boletus luteus) e a família Agaricaceae (com as espécies Agaricus bisphorus - champignon - e Lentinula edodes - shiitake) (23)

Certos cogumelos selvagens são muito populares e valorizados por causa de sabor único, aroma e factores nutricionais, além de serem usados na medicina natural de várias culturas espalhadas pelo mundo (17).

Algumas espécies são fáceis de cultivar, outras requerem grandes controlos do ambiente, mas a quantidade de espécies que são reproduzidas é muito pequena. Para a grande maioria dos cogumelos não foi encontrada a forma de os reproduzir fora do ambiente natural. O segredo do cultivo de cogumelos é conhecer bem as exigências de cada espécie, fornecendo o meio adequado ao seu desenvolvimento e produção. No geral, o ciclo de vida dum cultivo é bastante curto (variando entre algumas semanas a alguns meses). Quando o ciclo de cultivo termina, o substrato residual dos cogumelos pode ser utilizado como condicionador (correctivo) do solo (22; 24; 16).

O processo de cultivo comercial do cogumelo é realizado em várias etapas. O tempo entre a germinação e a colheita é normalmente de três semanas. O substrato resultante do cultivo pode ser utilizado em outras aplicações (20; 18; 16).

O desenvolvimento do cogumelo sofre influência de vários factores ambientais, como temperatura, humidade, luminosidade, pH, trocas gasosas, nutrientes, sais minerais, interacções microbianas, entre outros. Em estudos sobre o substrato, vários pesquisadores destacam a importância do controlo de cada componente para melhor produção. Diferentes espécies de cogumelos, necessitam de substratos e controles próprios ao seu desenvolvimento. O composto também deve ser adequado a cada espécie para uma melhor produtividade, variando os componentes, a fermentação e pasteurização do mesmo. (25; 18; 16).

QUADRO III - O MÉTODO DE CULTIVO DO COGUMELO DEVE CONSIDERAR:

Tempo de produção	Conhecer o mercado consumidor, o clima do lugar onde será produzido, quais as técnicas e tecnologias disponíveis, o custo de cada etapa de produção
Espólios	Como será desenvolvido a germinação e a reprodução e qual o custo do processo
Substrato	Qual o tipo de substrato e como deverá ser tratado após a colheita, disponibilidade de material de substrato de boa qualidade
Distância e transportes	Para o mercado, para as etapas do processo, para o substrato (entrada e saída)
Recursos básicos de produção	Disponibilidade e custo de água potável, clima e ambiente, custos de simulação de ambiente e controlo

Fonte: adaptado pelo autor com base no relatório: Small-scale mushroom cultivation: oyster, shiitake and wood ear mushrooms (20)

A produção artificial do cogumelo, ou seja, o cultivo deve criar o ambiente adequado para cada espécie. Pegando como exemplo o Agaricus – Champignons e as espécies Vilvariella – cogumelo da palha de arroz, são necessários resíduos vegetais fermentados, ou compostados. Este processo libera as substâncias orgânicas mortas para o crescimento e desenvolvimento do cogumelo. A compostagem ideal deve fornecer um meio selectivo de nutriente para evitar bolores que possam alterar o crescimento do cogumelo e um meio homogéneo com teor de humidade constante. (18)

QUADRO IV- COMPOSTAGEM DEVE CONSIDERAR

Materiais	Resíduos agrícolas, palha de trigo ou de arroz, bagaço prensado de cana-de-açúcar. Deve considerar as opções existente na região, a palha deve estar seca e não pode estar podre.
Estrutura da palha	A palha de tricô tem boa estrutura, sendo que a palha de arroz entope-se facilmente e fica demasiado molhada. Palhas muito curtas bloqueiam a passagem do ar por entre o composto, dificultando o crescimento do micélio.
Fonte de Proteína	O estrume de animais é rico em palha, normalmente o de cavalos ou galinhas são os indicados. Caso este material não esteja disponível é possível criar artificialmente com ureia, gesso ou giz e água.

Fonte: O cultivo de cogumelos em pequena escala - 2 . Agaricus e Volvariella (18)

A escolha dum local de adequado para a exploração deve considerar os custos de manter o ambiente propício ao tipo de cogumelo escolhido. Os principais factores a serem considerados segundo Bram van Nieuwenhuijzen (18) são:

- disponibilidade de substrato de boa qualidade
- disponibilidade de água limpa
- disponibilidade de mão-de-obra
- transporte adequado do produto para o mercado

Sendo o cogumelo um produto vivo, em constante alteração, a inspecção de sala deve ser feita constantemente. Os controlos de oscilações de temperatura, de humidade, e de CO_2, são factores que influenciam a quantidade e os tipos de produtos produzidos numa sala. A automatização do processo de controlo ambiental determina os investimentos tecnológicos a serem feitos nas etapas que influenciam a produção. A Figura

3 é uma imagem que exemplifica os diversos tamanhos existentes em produção simultaneamente.

Figura 3 Cogumelos produzidos em um dos tabuleiros de uma das estufas de uma das empresas do Grupo Sousacamp.

A unidade do Grupo Sousacamp estudada é constituída por diversas salas de produção. As salas são estufas de ambiente controlado com diferentes estágios de desenvolvimento dos cogumelos. O início do processo faz-se com o enchimento das salas com o substrato e a cobertura de terra para o crescimento dos fungos. Note-se que é necessário arrefecer as salas para se iniciar o processo da formação dos cogumelos, algo que ocorre após 1 semana. Passado o período de formação (cerca de 12 dias) inicia-se o primeiro corte, onde será determinado o tipo de produto oferecido naquela sala. Nesta etapa é necessário um manejo adequado para que o próximo corte tenha qualidade e quantidade adequada para a optimização da produção da sala. O segundo corte deve ser feito de forma a evitar a contaminação mantendo as características de qualidade para um novo e último corte. A etapa final de terceiro corte e limpeza da sala determina as quantidades totais produzidas, sendo possível determinar a produtividade e todos os controlos feitos, auxiliando na melhoria contínua da produção. A tabela 1 mostra o ciclo total de produção dos cogumelos que tem a duração de 56 dias.

TABELA I CICLO DE VIDA DO COGUMELO FRESCO

Processo	Dias
Compostagem	10
Germinação	15
Encubação	7
Arrefecimento	6
Colheita+limpeza	12
Consumo Cogumelo Fresco	6
Total do ciclo de vida	56

Fonte: Elaborada pelos autores com informações recolhidas na empresa

Finalizada a colheita, é retirado todo o substrato e é feita a esterilização da sala. O resíduo passa a ser um subproduto que tem foco em vários estudos sobre a sua melhor utilização. Esta etapa deve ter os cuidados de preservação do solo e da água, para evitar problemas ambientais, devido aos elevados níveis de conteúdos orgânicos e de sais. O substrato possui, entre outros componentes, micélio fúngico, enzimas e uma diversidade de microrganismos (26).

III. SISTEMA DE GESTÃO DE COLHEITA

O Grupo Sousacamp SGPS, tem vindo a implementar um sistema de gestão de produção unificado para as empresas do grupo que permita integrar sistemas de gestão comercial, como o ERP ou sistemas de gestão de assiduidade, com plataformas colaborativas e aplicações desenvolvidas à medida. Nesta secção vamos analisar o motivo e resultados do desenvolvimento do módulo Gestão de Colheita. Este nasce da necessidade de passar de um controlo manual, pouco eficiente, para um sistema informatizado capaz de responder às seguintes necessidades:

- Programar de uma forma consistente a actividade de colheita;
- Fornecer à gestão de produção e administração dados credíveis sobre a produtividade dos colaboradores, quantidades colhidas, desempenho da área produtiva (kg/m^2 de cogumelo);
- Permitir a rastreabilidade de produto e matérias-primas, desde o fornecedor até ao cliente final;
- A análise de requisitos permitiu determinar que o sistema deve responder às seguintes necessidades;
- Programar as tarefas diárias de colheita, por sala, tendo por base as características do cogumelo a colher (qualidade, calibre, outras);
- Programar a distribuição de colaboradores por sala numa base diária;
- Quantificar as quantidades de cogumelo colhido (por colaborador, por sala, por corte, por tipo de cogumelo);
- Permitir a rastreabilidade das embalagens preparadas (caixa, cuvete, outras) desde o cliente até à sala;
- Integrar este sistema com outros já existentes.

Após terem sido identificados os requisitos do sistema, houve a necessidade de escolher as tecnologias de suporte ao mesmo. Tendo em consideração que as empresas do grupo já dispunham de um ERP, fornecido pela PRIMAVERA *Business Software Solution* e de um sistema de gestão de assiduidade, fornecido pela Bioglobal, foram analisadas várias plataformas colaborativas e de gestão documental que permitissem um desenvolvimento rápido e plena integração com a infra-estrutura de rede/serviços baseada na tecnologia Microsoft®. A opção natural foi escolher a solução Microsoft Sharepoint®. Este permitiu não só desenvolver a solução requerida, bem como, potenciar a Intranet do grupo para suprir necessidades de trabalho colaborativo e de gestão documental.

Atendendo à dispersão geográfica das empresas/unidades do grupo, e tirando proveito da rede de dados existente, que utiliza redes privadas virtuais (VPN) para ligar as unidades/empresas à sede, foi desenvolvido um modelo de aplicação cliente-servidor, em que a componente de servidor é suportada pelo Microsoft Sharepoint (*back-end*), o qual passaremos a designar por Intranet, e a componente de cliente (*front-end*) desenvolvida como uma aplicação rica a correr em computadores com ecrã táctil, acoplados a carros móveis e ligados à rede sem fios existente em todos os edifícios das unidades/empresas do grupo (Figura 4).

Figura 4 - Terminal de Colheita (front-end)

Fonte: Fotografia tirada pelos autores no Grupo Sousacamp

Apesar de estarmos a analisar o módulo de gestão de colheita, este depende a jusante e a montante, de outros módulos/sistemas existentes ou em desenvolvimento. Pelo facto da colheita ser iniciada entre 20 a 21 dias após o enchimento das salas e para que no final do ciclo se possa fazer uma análise correcta da produção, utilizando como critério kg/m^2 de cogumelos produzidos, é necessário que o responsável pelo enchimento proceda ao registo na Intranet de dados tais como: sala enchida, túnel de origem do substrato e área enchida em m^2. Cruzando esta informação com os registos de colheita de um ciclo, obtemos a rentabilidade da área de cultivo (kg/m^2=KgColhidos/m^{2}Substrato).

A gestão diária da colheita é feita tendo em consideração e conciliando vários requisitos básicos, como por exemplo: quantidade e qualidade do cogumelo a ser colhido, encomendas a satisfazer, número de colaboradores e tempo disponível, além das especificações de qualidade dos clientes. A qualidade, tipo de artigo que poderá ser colhido, é determinada pelo corte e condição em que se encontra o cogumelo. Geralmente as salas de primeiro e segundo corte são aproveitadas para qualquer artigo desde que sejam colhidas no tempo certo.

Para se chegar a cada requisito é necessário ter: previsão diária e previsão de pedido semanal, que são confrontados, diariamente, com o *stock* existente de cada produto e a listagem com o nome dos colaboradores e tempo disponível. A previsão está dividida em dois registos:

- Previsão de Produção: feita numa base semanal pelo produtor;
- Previsão de Colheita: feita numa base diária pelo chefe de colheita (figura 5);

Estas informações são posteriormente cruzadas com os registos de *stock* e encomendas existentes no ERP.

Previsão Diária de Colheita

Novo | Acções | Definições

Semana	Sala	Corte	Segunda	Terça	Quarta
			Soma = 11.100	**Soma = 7.100**	**Soma = 8.150**
1103	01	1º		100	200
1103	02	1º	1.000	1.500	1.500
1103	03	1º	1.200	1.500	1.500
1103	04	1º	200	800	1.000
1103	05	1º			
1103	06	1º	200	300	500
1103	25	3º	300		
1103	26	2º	1.000		
1103	27	2º	1.200		

Figura 5 - Previsão de Colheita – imagem do Sistema de Colheita

A listagem dos colaboradores disponíveis para trabalhar é criada semanalmente e ajustada diariamente, levando-se em consideração as pessoas em gozo de férias, as que estão de folga, e as que se encontram doentes com baixas ou atestados. Esta informação é obtida no sistema de gestão de assiduidade, o que permite realizar uma programação/distribuição adequada dos colaboradores pelas salas. Estas informações aparecem em tempo real, nos painéis informativos distribuídos pelos corredores das áreas produtivas (figura 6). Com estas informações, é feita a distribuição das tarefas por colaboradoras para o dia seguinte e para cada sala de colheita.

As tarefas são distribuídas de forma a aproveitar ao máximo os cogumelos com maior calibre para satisfazer as encomendas de clientes que assim o exijam. Para se aproveitar melhor os calibres, a colheita é feita em várias voltas. Eventualmente, devido à desigualdade de calibre dos cogumelos entre uma prateleira e outra, pode-se colher o mesmo produto em calibres diferentes ou até, produtos diferentes na mesma sala ao mesmo tempo. Estas indicações podem ser inseridas na Intranet ou no terminal de registo, aparecendo automaticamente nos paneis informativos.

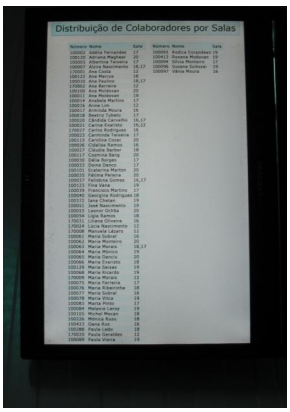


Figura 6 - Distribuição de Colaboradores por Sala (Painel da Fábrica)

Fonte: Fotografia tirada pelos autores no Grupo Sousacamp

Em cada sala, independentemente do produto que esteja a ser colhido, assim que se completa uma palete, esta é embalada e recolhida até junto da balança para pesagem. Aqui existe um

terminal de registo fixo que permite fazer uma segunda pesagem, servindo de controlo quando comparado com o registo feito à porta da sala.

A gestão eficaz da empresa requer informações para manter a rastreabilidade, ou seja informação que potencie o auxílio à correcção e melhoria do processo produtivo, e responda às necessidades de segurança alimentar. Os sistemas de gestão existentes no mercado não se adaptam de forma adequada aos requisitos exigidos por esta empresa. Assim, houve a necessidade da empresa desenvolver e implementar sistemas próprios de tomada de decisão para a produção de cogumelos. A rastreabilidade do cliente até à sala é conseguida via a colocação de uma pequena etiqueta com o número mecanográfico do colaborador, complementado com um número sequencial, tornando-o único. A opção por esta solução adveio da necessidade de manter o custo de produção por unidade baixo, pois cada etiqueta tem um preço de 0,00027 euros. Tendo sido equacionadas soluções tecnologicamente mais avançadas mas com um custo mais elevado (i.g.: etiquetas RFID).

No contexto da solução implementada, foram ainda desenvolvidos vários mapas orientados à tomada de decisão, quer operacional que de gestão (figura 7), o que permite fazer uma gestão mais adequada da colheita.

Número	Nome	1031	1032	1033	1034	Total
[redacted]	[redacted]	25,98	21,00	34,98	25,30	26,90
[redacted]	[redacted]	23,40	22,25	24,84	28,19	24,92
[redacted]	[redacted]	22,13	20,19	20,27	31,23	23,60
[redacted]	[redacted]	26,10	22,08			23,57
[redacted]	[redacted]	19,96	18,75	26,76	26,86	23,22
[redacted]	[redacted]	18,66	15,65	27,06	26,21	22,08
[redacted]	[redacted]	16,03	25,29	21,15	24,13	21,65
[redacted]	[redacted]	16,94	20,63	20,20	24,06	21,11
[redacted]	[redacted]	22,26	15,29	27,49	19,08	21,10
[redacted]	[redacted]	16,11	23,60	21,51	21,29	21,01
[redacted]	[redacted]		19,73	20,31	21,27	20,48
[redacted]	[redacted]	15,22	14,66	25,13	26,76	20,27
[redacted]	[redacted]	14,22	21,74	16,22	24,98	19,92
[redacted]	[redacted]	18,28	22,85	20,16	17,54	19,77

Figura 7 - Produtividade por Colaborador

Fonte: Imagem do sistema de Gestão de Colheita

IV. Considerações Finais

A melhoria do controlo da produção obtida com o sistema de informação desenvolvido internamente na Sousacamp possibilitou incrementar a agilidade e a segurança na empresa. Com as informações obtidas tornou-se possível saber, praticamente em tempo real, a produtividade de cada sala e de cada funcionário, assim como a quantidade de produto colhido, o destino de cada produto, entre outros dados que apoiam a tomada de decisão na empresa.

Em relação à colheita, o sistema identifica o que será colhido em cada sala e quais são os funcionários que formarão as equipes de colheita. Essa informação, disponível em painéis, agiliza a distribuição de toda actividade de colheita das salas, deixando o supervisor com tempo disponível para o controlo de qualidade.

Para apoiar a agro-indústria um sistema deve ter as informações necessárias à tomada de decisão específica. O cogumelo tem um ciclo de vida curto (56 dias) sendo que uma falha pode levar à perda de toda a produção. A solução tecnológica desenvolvida com a participação dos técnicos responsáveis pela produção, permitiu aumentar a eficiência e segurança do sistema produtivo, comprovando a importância das TIC na recolha, processamento, armazenamento e distribuição das informações. A gestão da organização passou a ter dados precisos para a tomada de decisão.

Optar por desenvolver um sistema de informação ou contratar um sistema do mercado é um processo complexo, que deve ter em conta, entre outros, quais os processos a serem automatizados, como serão as entradas, o processamento e as saídas das informações. No caso da Sousacamp nenhum dos sistemas comerciais analisados cumpria com os requisitos, razão pela qual se optou por desenvolvimento interno. O sucesso deste processo de desenvolvimento, resultou essencialmente pelo facto da equipa ser multidisciplinar e envolver além da equipe técnica de TIC a equipe de produção que efectivamente utiliza o sistema diariamente. Este foi a principal razão para o sucesso, comprovado também através do resultado de entrevistas realizadas aos diferentes intervenientes.

Novos estudos sobre a influência das TIC em cada etapa do processo estão a decorrer, assim como a possibilidades de incorporar melhorias a serem implementadas no sistema actual. Integrar novos mecanismos de controlo, como previsões e simulações de colheita, apoio na gestão de equipas e novos dados de apoio à produção também estão em desenvolvimento.

Referências

1. Belik, W. Agricultura, concentração no setor da comercialização e novos espaços para a distribuição de produtos frescos. Revista Economia Ensaios. 2007, Vols. Vol. 22, No 1.
2. FAO-2050. High Level Expert Forum - How to Feed the World in 2050. Rome : Office of the Director, Agricultural Development Economics Division, 2009.
3. Studman, C.J. Computers and electronics in postharvest technology — a review. Computers and Electronics in Agriculture. 2001, Vol. 30.
4. Davis, J. H. e Goldeberg, R. A Concept of Agribusiness. Boston : Havard University, 1957.
5. Weic, C.W. Agribusiness technology in 2010: directions and challenges. 2001, pp. 59–72.
6. Laudon, K.C e Laudon, J.P. Management Information Systems: Managing the digital firm. s.l. : Pearson Prentice Hall, 2007.
7. Costa Neto, P.L.O. e Canuto, S.A. Administração com qualidade: conhecimentos necessários para a gestão moderna. São Paulo : Blucher, 2010.
8. Seuringa, S. e Müllerb, M. From a literature review to a conceptual framework for sustainable supply chain management. Journal of Cleaner Production. 16, 2008, Vol. , pp. 1699–1710.
9. Isgina, Tamer, et al. Using count data models to determine the factors affecting farmers' quantity decisions of precision farming technology adoption. Computers and electronics in agriculture 62. 2008, pp. 231–242.
10. Kaplan, R.S. e Norton, D.P. A estratégia em ação: Balanced Scorecard. Rio de Janeiro : Campus, 1997.
11. Terra, J. C.C. Gestão do Conhecimento – O grande desafio empresarial. Rio de Janeiro : Elsevier, 2005.
12. Bittencourt, C.M.A.i. A informação e os indicadores de sustentabilidade: um estudo de caso no Observatório Regional. Base de Indicadores da Sustentabilidade Metropolitano de Curitiba- ORBIS MC. Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina. Santa Catarina : s.n., 2006.
13. Mollo Neto, Mário. Decisões usando inteligência artificial. in. [autor do livro] P.L.O Costa Neto. Decisões na Gestão da Qualidade. São Paulo : Blücher, 2007.

14. Canuto, S.C. e Giuzio. Implementrando ERP : principais passos para aquisição de implantação de um sistema informatizado de gestão empresarial. São Paulo : LTCE, 2009.
15. Heizer, J. e Render, B. Administração de operações - Bens e serviços. Rio de Janeiro : LTC, 2001.
16. Nieuwenhuijzen, Bram van. O cultivo de cogumelos em pequena escala - 2 . Agaricus e Volvariella. Wageningen (Holanda) : Fundação Agromisa e CTA, 2007.
17. Kingsley, R. Mushooms - A pocket Companion. Londres : Quantum Book´s, 1999.
18. Chudzyński, Krzysztof, et al. Mercury content and bio-concentration potential of Slippery Jack, Suillus luteus, mushroom. Food Chemistry . 125 , 2011, pp. 986–990.
19. Azul, Anabela Marasia. Cogumelo do Paul da Madriz . Coimbra : Imprensa da Universidade de Coimbra, 2010.
20. Segredos da propagação das plantas. Hill, Lewis. São Paulo : Nobel, 1996.
21. EIRA, Augusto Ferreira da e BRAGA, G.C. Manual do cultivo do "Champignon" (Agaricus spp). Botucatu : s.n., 1997.
22. FAEMG. A FAEMG - Federação da Agricultura e Pecuária do Estado de Minas Gerais. A FAEMG - Federação da Agricultura e Pecuária do Estado de Minas Gerais. [Online] 2002. http://www.faemg.org.br/Content.aspx?Code=353&ParentPath=None;13&ContentVersion=C&ParentCode=.
23. Castro, Maria João Padez Ferreira e AL, ET. Cogumelo do Paul da Madriz Anabela Marasia Azul. s.l. : Imprensa da Universidade de Coimbra , 2000.
24. Oei, P e Nieuwenhuijzen, Bram van. Small-scale mushroom cultivation: oyster, shiitake and wood ear mushrooms. s.l. : Agromisa Foundation and CTA , 2005.
25. β-Adenosine, a bioactive compound in grass cha stimulating mushroom production. Domondona, Denisa L., et al. elsevier.com/locate/phytochem : elsevier.com/locate/phytochem, 2004, Vols. 181–187.
26. Ribas, L.C.C., et al. Use of spent mushroom substrates from Agaricus subrufescens (syn. A. blazei,A. brasiliensis) and Lentinula edodes productions in the enrichment of a soil-based potting media for lettuce (Lactuca sativa) cultivation: Growth promotion and soil bioremediatio. Bioresource Technology. 100 4750–4757, 2009.
27. Sørensena, C.G., et al. Conceptual model of a future farm management information system. Computers and Electronics in Agriculture . 2010, pp. 37–47.

Um sistema de apoio a decisões de construção de infra-estruturas rodoviárias

Pedro Godinho
Grupo de Estudos Monetários e Financeiros (GEMF) e
Faculdade de Economia da Univ. de Coimbra
Coimbra, Portugal
pgodinho@fe.uc.pt

Joana Dias
INESC Coimbra e Faculdade de Economia da Univ. de Coimbra
Coimbra, Portugal
joana@fe.uc.pt

Resumo — **As decisões de construção ou remodelação de infra-estruturas públicas têm vindo a basear-se, cada vez mais, na metodologia de análise custo-benefício. Para além disso, as recomendações relativas a este tipo de infra-estruturas devem ainda ter em consideração análises de risco e outros elementos relativos às regiões em que as infra-estruturas se localizam. A automatização destas análises apresenta muitas vezes dificuldades significativas devido às especificidades não só dos diferentes tipos de problemas, mas também de cada situação em concreto. Neste artigo descreve-se a solução adoptada produzir um sistema de suporte à elaboração de recomendações relativas ao investimento em diversas infra-estruturas rodoviárias, considerando as especificidades de cada uma mas, ao mesmo tempo, considerando de forma integrada grupos de infra-estruturas relacionadas.**

Palavras chave – sistemas de apoio à decisão, análise custo-benefício, sistemas flexíveis

I. INTRODUÇÃO

As decisões relativas a projectos públicos são, muitas vezes, apoiadas na Análise Custo-Benefício (ACB). Esta metodologia permite identificar e medir diversos benefícios líquidos dos projectos para a sociedade. Nalguns países, como por exemplo a Inglaterra, esta metodologia tem vindo a ser usada há décadas como base para decisões de construção de algumas infra-estruturas (ver, por exemplo, [1]). Em Portugal, talvez por parecer evidente a necessidade de novas infra-estruturas públicas, esta metodologia não foi muito usada até há alguns anos atrás. No entanto, nos últimos anos, ela tem vindo a ganhar relevo, eventualmente devido ao facto de já não ser evidente a carência de infra-estruturas no país, e de os recursos financeiros serem agora muito limitados.

A ACB pretende tomar em consideração todos os impactes dos projectos, independentemente de estes terem ou não correspondência com movimentos contabilísticos registados nas contas do estado ou de organizações públicas ou privadas. Por forma a atingir este objectivo, numa ACB procede-se à atribuição de um valor monetário aos diferentes impactes do projecto, por forma a quantificar os seus benefícios e custos, procedendo-se depois à agregação dos resultados num ou mais indicadores de síntese que servem de base a uma conclusão [2].

A solução apresentada no presente artigo foi desenvolvida no seguimento da necessidade de elaborar, num período de tempo limitado, análises que servissem de base a recomendações relativas a diversos conjuntos de infra-estruturas do Plano Rodoviário Nacional. Essas análises deviam incorporar uma ACB, incluindo adicionalmente uma análise de risco, análises de efeitos específicos e de impactes sobre diversos indivíduos ou entidades (estado, utilizadores, gestores da infra-estrutura), bem como numa análise relativa às regiões em que as infra-estruturas se deveriam localizar (resultados publicados em [3]-[6]). Estas análises obrigaram à utilização de grandes volumes de dados, provenientes de diferentes fontes e fornecidos em diferentes formatos. Exigiram ainda o desenvolvimento de uma estrutura que, ao mesmo tempo, apresentasse grande flexibilidade e permitisse automatizar, tanto quanto possível, alguns processos de cálculo. Assim, acredita-se que a solução aqui apresentada possa revestir-se de utilidade quer para suportar decisões relativas a outras infra-estruturas rodoviárias, quer para outros tipos de projectos.

O artigo encontra-se estruturado do seguinte modo. Depois desta introdução, a Secção II apresenta alguns traços gerais da ACB de infra-estruturas rodoviárias. A Secção III descreve as características gerais do problema que foi necessário resolver, e os motivos que levaram ao desenvolvimento de uma nova solução. A Secção IV apresenta a estrutura e características gerais da solução desenvolvida. A Secção V descreve a integração de algumas componentes de análise, para exemplificar a operacionalização desta estrutura geral. Finalmente, as conclusões decorrentes da utilização desta solução são apresentadas na Secção VI.

II. A ANÁLISE CUSTO-BENEFÍCIO

Uma ACB pretende medir os impactes incrementais, para a sociedade, da realização de um determinado projecto. Para a medição destes impactes é necessário considerar a comparação de dois cenários: aquele que equaciona os efeitos do projecto (muitas vezes designado por cenário *do-something*) e aquele que assume o prolongamento da situação existente (designado por cenário *do-minimum* ou *do-nothing*).

Os diferentes impactes são monetizados, muitas vezes recorrendo a valores unitários de referência que fazem corresponder um valor monetário a cada unidade do impacto. Podem encontrar-se em diferentes estudos propostas para estes valores de referência, e para a forma como devem ser actualizados para diferentes anos de análise (e.g, [7], [8]). Os impactes monetários correspondentes às diferentes componentes são assim calculados para todos os anos de um

período de análise, correspondente à parcela relevante da vida útil do projecto.

Para a obtenção dos principais indicadores de síntese globais, os valores monetários dos diferentes efeitos são adicionados para cada ano, obtendo-se assim um valor global para cada ano: o benefício económico líquido relativo a esse ano.

Tipicamente, os indicadores de síntese utilizados em ACBs são o Valor Actual Líquido Económico (VAL.E), a Taxa Interna de Rentabilidade Económica (TIR.E) e o Rácio Benefício/Custo (Rácio B/C). O mais usado, e mais relevante destes indicadores, é o VAL.E. Este indicador é definido como o somatório, para um determinado ano de referência, dos benefícios económicos líquidos actualizados a uma taxa de desconto que reflecte as preferências sociais relativas ao valor temporal do dinheiro. A TIR.E é definida como a taxa de desconto que anula o VAL.E, e o Rácio C/B é definido como o quociente entre o valor actual dos benefícios e o valor actual dos custos.

É de notar que, para uma análise mais detalhada, o indicador VAL.E pode ser aplicado a parcelas específicas dos benefícios económicos líquidos (no caso dos restantes indicadores, a aplicação a parcelas dos benefícios económicos pode conduzir a resultados inconsistentes). Pode ser o caso de se pretender analisar impactes específicos (e.g, obter um indicador relativo ao impacte do projecto sobre a sinistralidade, ou sobre as emissões locais) ou analisar os impactes sobre determinados indivíduos ou entidades (e.g, o impacte de um projecto para os actuais utilizadores, ou para os gestores da infra-estrutura).

A ACB passa assim, numa primeira fase, pela monetização dos impactes anuais de um conjunto de componentes. As componentes considerados em ACB de infra-estruturas rodoviárias incluem tipicamente:

- Custos de construção, exploração e conservação;
- Valor residual do empreendimento;
- Valor do tempo de viagem;
- Custos de operação dos veículos;
- Sinistralidade;
- Emissões poluentes (locais e de efeito de estufa);
- Poluição sonora.

Estas são as componentes mais comuns. Para além destas componentes, existem outras cuja inclusão está muito dependente do contexto da infra-estrutura, e ainda outras cuja inclusão depende da existência de informação suficiente que permita o seu cálculo. Na primeira destas categorias inclui-se o impacto das portagens e do imposto sobre combustíveis, que só são incluídos quando existam portagens ou novas viagens induzidas pela construção da infra-estrutura (tráfego induzido), respectivamente. Na segunda destas categorias incluem-se os efeitos económicos mais vastos.

Os efeitos económicos mais vastos podem incluir economias de aglomeração, acréscimo de competição, aumento incremental do produto em mercados imperfeitos e acréscimo de entradas no mercado de trabalho. Estes efeitos são resultado de investigação recente (e.g, [9]), não existindo muitas vezes informação de base que permita efectuar o seu cálculo. Assim, alguns destes efeitos (ou a sua totalidade) são por vezes ignorados nas ACBs.

Os cálculos dos benefícios ou custos económicos referentes aos vários componentes devem suportar-se em estudos prévios à ACB: plano financeiro e estudos de tráfego, sinistralidade, emissões e ruído. Além destes estudos prévios são ainda necessários valores unitários de referência e valores e projecções de variáveis económicas. Entre as variáveis económicas necessárias encontram-se os valores passados da inflação e Produto Interno Bruto (PIB) nacional, valores do PIB relativos às regiões onde a infra-estrutura será construída, dados sobre a população dessas regiões e taxas de imposto. As principais projecções necessárias dizem respeito a valores futuros esperados para o PIB e preços dos combustíveis.

Finalmente refira-se que uma ACB deve sempre incluir uma análise de sensibilidade a vários parâmetros, por forma a verificar de que forma é que uma alteração nestes parâmetros altera os indicadores de síntese. Pode ser ainda efectuada uma análise de ponto morto relativamente a alguns parâmetros críticos, para ver qual a variação máxima que estes podem sofrer sem que o VAL.E altere o seu sinal.

III. Problema Considerado

Em termos genéricos, pode considerar-se que a solução desenvolvida foi definida pela necessidade de obter uma estrutura muito flexível para efectuar ACBs integradas de múltiplas infra-estruturas rodoviárias, bem como obter resultados adicionais que pudessem apoiar uma recomendação a respeito destas. A flexibilidade pretendida dizia respeito ao tipo e formato dos *inputs* e também dos *outputs* obtidos e possibilidade de tratamentos posteriores destes.

Por forma a apresentar a motivação para o desenvolvimento desta solução, será agora apresentado o seu contexto. Note-se, no entanto, que o principal interesse da solução desenvolvida reside na possibilidade de uma fácil adaptação a outras situações em que seja necessário produzir recomendações relativas a infra-estruturas rodoviárias, ou mesmo outros projectos, tendo a metodologia ACB por base.

O desenvolvimento desta solução é enquadrado por um trabalho desenvolvido por uma equipa de docentes da Universidade de Coimbra, que se consubstanciou nas publicações [3]-[6]. Um dos objectivos deste trabalho, directamente endereçado pela solução desenvolvida, era a realização de análises regionais respeitantes a conjuntos de infra-estruturas rodoviárias localizadas na mesma região, com vista à tomada de decisões relativas à sua construção. Pretendia-se partir de um modelo normativo (a ACB), enriquecendo a análise através da consideração de um conjunto de outros factores. A inclusão desses outros factores tornava-se especialmente importante devido ao facto de existirem, muitas vezes, limitações orçamentais que impedem a prossecução de todos os investimentos recomendados pela ACB. Pretendia-se ainda que estas análises pudessem ser efectuadas num período de tempo limitado (poucas semanas).

No âmbito do Plano Rodoviário Nacional, fora solicitado, a diversas consultoras, um conjunto de estudos respeitantes à construção de um conjunto de infra-estruturas rodoviárias (alguns desses estudos encontram-se disponíveis em www.novas-estradas.pt). Estes estudos incluíam, nomeadamente, análises financeiras, estudos de tráfego e ACBs. Há várias formas de abordar uma ACB no que diz respeito, por exemplo, a:

- Utilização do cálculo de disponibilidade para pagar ou cálculo de benefícios e custos sociais, e utilização de custos dos factores ou preços de mercado;
- Obtenção das projecções económicas necessárias;
- Definição de alguns parâmetros de análise, como por exemplo o valor unitário do tempo de viagem, custos unitários de sinistralidade ou de poluição;
- Componentes que, devido a dificuldades na disponibilidade de informação necessária nem sempre são incluídas, como os efeitos económicos mais vastos.

Para algumas destas opções, diferentes abordagens poderão levar a diferentes resultados intermédios mas, desde que correctamente aplicadas, conduzir aos mesmos valores dos indicadores de síntese finais a partir dos quais se fundamenta a decisão. Há, no entanto, casos em que as opções tomadas podem ter influência nos resultados obtidos.

Não havendo linhas de orientação que permitissem uniformizar a elaboração destes estudos em Portugal, as diferentes consultoras levaram a cabo estas análises tendo por base diferentes abordagens. Tornou-se assim necessário um tratamento profundo de uniformização das várias metodologias utilizadas, bem como de parâmetros e outras componentes, por forma a ser possível efectuar análises regionais coerentes. Esta necessidade de uniformização estendia-se também à definição do horizonte de análise dos investimentos, e a elaboração de estudos regionais obrigava ainda a uma análise de sinergias positivas ou negativas entre as diferentes infra-estruturas. Todo este esforço de uniformização, e o volume e âmbito das alterações que se afiguravam necessárias, levaram a concluir que seria mais coerente refazer as análises, partindo logo de uma perspectiva regional, e tendo como base os estudos efectuados previamente às ACBs (e.g, estudos de tráfego, planos financeiros).

Existiram ainda outros factores a contribuir para a decisão de refazer as análises, relacionados com o tipo de *outputs* pretendidos. Com efeito, era necessário que as análises apresentassem uma desagregação de efeitos (custos e benefícios) de acordo com algumas categorias pré-definidas, e ainda relativas aos indivíduos ou entidades sobre os quais estes incidem (utilizadores actuais, novos utilizadores, gestores da infra-estrutura ou sociedade em geral). Este tipo de desagregação é geralmente efectuado com menos detalhe, obrigando a que algumas componentes necessitassem de um tratamento adicional. Considerou-se ainda que os *outputs* deviam permitir uma análise de sensibilidade detalhada em relação a um conjunto muito alargado de *inputs*, bem como análises de ponto morto (cf. [3]-[6]), que deviam também estar preparados para uma análise de risco baseada, por exemplo, em simulação de Monte Carlo (considerando moldes semelhantes aos de [10]), e para uma análise dos efeitos da flexibilidade operacional [11].

Assim, a decisão seguinte consistiu em determinar se se devia utilizar uma solução *off-the-shelf* para efectuar as ACBs (usando o respectivo resultado como base para as restantes análises), ou partir para o desenvolvimento de uma solução própria. O tempo limitado de que a equipa dispunha para implementar uma solução era um forte incentivo a optar por usar (ou adaptar) uma solução já existente. No entanto, as características do problema não permitiram encontrar uma solução aceitável: não estão disponíveis muitas soluções direccionadas para ACBs de infra-estruturas rodoviárias, e as que foram analisadas não se adaptavam às características do problema ou aos objectivos definidos.

Refiram-se, como exemplo, duas soluções de referência disponibilizadas pelo *Department for Transport* do Reino Unido: as soluções COBA [12] e TUBA [13].

O *software* COBA é a solução clássica que tem vindo a ser adoptada no Reino Unido para ACBs de infra-estruturas rodoviárias, e é uma referência importante para o resto do mundo. No entanto, uma primeira análise permitiu encontrar um problema inultrapassável: o *software* apenas se encontra preparado para considerar infra-estruturas em que a indução de tráfego seja negligenciável, o que não era o caso de alguns dos empreendimentos objectos de estudo. Além disso, uma análise mais profunda permitiu encontrar outras incompatibilidades com o problema considerado, nomeadamente respeitantes à informação requerida sobre a rede viária.

O *software* TUBA apresenta-se como uma solução mais recente, orientada para a avaliação de projectos de transporte com características multimodais, que pode também ser aplicada a projectos rodoviários. Este *software* não considera o pressuposto de indução de tráfego negligenciável. No entanto, também aqui se verificava que os requerimentos relativos aos dados de entrada não eram compatíveis com a informação disponível relativa a algumas concessões em análise, e os *outputs* obtidos também não se coadunavam com os objectivos das análises.

Optou-se assim por desenvolver uma nova solução para efectuar a análise, que permitisse efectuar quer as ACBs quer as posteriores análises a ser consideradas. Atendendo às características e objectivos das análises, pretendia-se uma solução integrada que considerasse grupos de concessões localizadas na mesma região, muito flexível na forma como se adaptava a diferentes fontes de dados e facilmente configurável para novos tipos de análise. Atendendo aos prazos disponíveis, a solução devia ser desenvolvida num espaço de tempo curto, automatizando ao máximo as análises, e permitindo que múltiplos elementos da equipa trabalhassem simultaneamente em componentes diferentes da mesma análise.

IV. Solução Adoptada – Estrutura Geral

Tal como indicado na Secção III, as características da situação levaram a que se optasse pela construção de uma nova solução, em lugar de se basear numa solução *off-the-shelf*. A

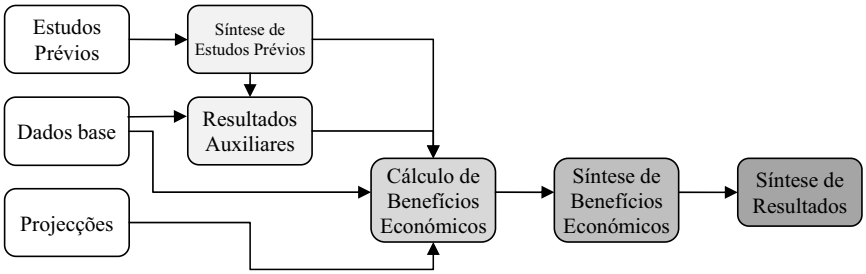


Figura 1. Estrutura da Análise Base

análise do problema levou a concluir que a plataforma de desenvolvimento mais adequada seria o Microsoft Excel. Os principais motivos para esta escolha foram os seguintes:

- A generalidade dos estudos em que as análises se iriam basear tinha os seus resultados em formatos directamente reconhecidos pelo Microsoft Excel, ou cuja conversão seria muito simples.
- Flexibilidade de ser possível utilizar directamente valores dos estudos ou efectuar estimativas próprias, consoante os valores de alguns parâmetros fossem ou não fornecidos nos estudos em que a análise se baseava.
- Possibilidade de utilizar as ferramentas de colaboração para permitir que múltiplos elementos da equipa trabalhassem simultaneamente na mesma análise (em componentes diferentes).
- Possibilidade de desenvolvimento rápido da solução nesta plataforma, usando fórmulas para a generalidade dos cálculos, e rotinas em *Visual Basic for Applications* (VBA) para automatizar os cálculos mais complexos, sem tornar as folhas de cálculo muito complexas.
- Facilidade em adaptar ou estender a solução para as diversas análises adicionais que viessem a revelar-se necessárias (nomeadamente para as diversas formas de análise de risco necessárias).

A solução desenvolvida passa inicialmente pela elaboração de uma Análise Base. As análises de risco são implementadas através de variações efectuadas sobre estas análises base.

Passará agora a descrever-se a estrutura da solução. Irá começar-se pela estrutura que permite a obtenção desta Análise Base, descrevendo-se depois a estrutura usada na Análise de Risco. A Secção V procederá à descrição mais detalhada da forma como algumas componentes foram integradas nesta estrutura geral. A estrutura aqui descrita incorpora já pequenas adaptações suscitadas pela sua utilização prática.

A. Estrutura da Análise Base

Os valores de partida para a análise consistem em resultados de estudos prévios, valores unitários de referência, e valores e projecções de variáveis económicas. Os *outputs* da análise base consistiram na produção de indicadores de síntese globais para o conjunto de empreendimentos, e resultados relativos a impactes parcelares (e.g, impactes por empreendimento, tipo de componente e tipo de entidade ou indivíduo sobre os quais os efeitos recaem). Uma representação simplificada da estrutura geral usada é apresentada na Fig. 1.

Atendendo à utilização do Microsoft Excel como plataforma usada para desenvolver a solução, a folha de cálculo torna-se uma unidade importante de estruturação da informação. Assim, os conteúdos respeitantes aos diferentes blocos representados na Fig. 1 foram estruturados em conjuntos de folhas separados. Para a generalidade dos blocos foram ainda utilizadas folhas diferentes para componentes diferentes, tendo ainda sido efectuadas outras desagregações.

Os *inputs* foram desagregados em Estudos Prévios, Dados Base (que incluem valores de referência e valores de variáveis económicas) e Projecções. Quer os Dados Base quer as projecções foram integralmente recolhidos, processados e formatados pela equipa, pelo que o formato em que se encontravam estava pré-definido.

Os Estudos Prévios foram fornecidos por diferentes fontes. Assim, neste caso o formato variou de concessão para concessão. Por forma a permitir a incorporação de dados com diferentes formatos, criou-se um nível da estrutura que sintetizava os resultados relevantes em folhas com formato pré-definido (Síntese de Estudos Prévios). Estas folhas necessitaram de uma customização relativa a cada concessão, por forma a garantir uma recolha de dados adaptada a cada formato utilizado.

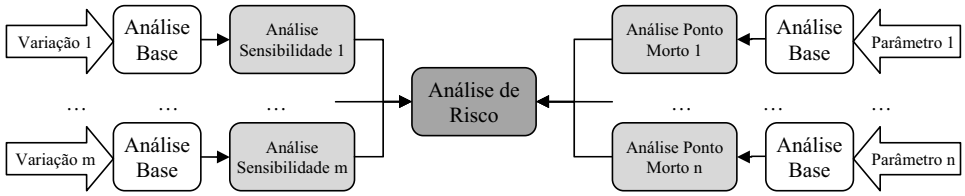


Figura 2. Estrutura da Análise de Risco

Os Dados Base, Projecções Económicas e Síntese de Estudos Prévios definem toda a informação necessária para o cálculo dos benefícios ou custos económicos respeitantes a cada componente. No entanto, por vezes, o volume de dados e a complexidade do processo analítico envolvido iria conduzir a folhas de uma grande complexidade (mesmo com o auxílio de rotinas definidas em VBA). Assim, optou-se por guardar alguns resultados em folhas de Resultados Auxiliares, que são usadas como suporte para as folhas que procedem ao Cálculo de Benefícios Económicos. Cada folha de Cálculo de Benefícios Económicos contém valores relativos a uma componente, e inclui uma parte do processo de cálculo. Assim, é de notar que o critério usado para definir a utilização ou não de folhas de Resultados Auxiliares prende-se com a complexidade que resultaria de condensar todo o processo numa única folha. É ainda de notar que os cálculos dos benefícios económicos relativos a algumas componentes recorrem a valores calculados para outras componentes.

Finalmente, os benefícios económicos líquidos relativos a todas as componentes, e a todos os anos, são agregados numa folha de Síntese de Benefícios Económicos, onde se procede a um processamento inicial destes valores. Este processamento consiste numa desagregação em custos e benefícios, cálculo de benefícios económicos líquidos globais e valores dos custos e benefícios totais de cada ano, e valores iniciais do VAL.E componente a componente. Os benefícios económicos líquidos, bem como os resultados deste processamento inicial, são usados para obter uma Síntese de Resultados, que inclui os indicadores de síntese da ACB e os outros resultados considerados relevantes para a elaboração de recomendações.

B. *Estrutura da Análise de Risco*

Foi definido que a análise de risco deveria consistir num conjunto alargado de análises de sensibilidade e de ponto morto (ver [3]-[6] para uma descrição destas análises). Todas estas análises se baseiam na análise base, estando o esquema seguido representado na Fig. 2.

Cada análise de sensibilidade é obtida através da introdução, na solução base, da variação de um parâmetro. Esta alteração provoca uma variação nos indicadores de síntese que é então armazenada como resultado desta análise.

A análise de ponto morto recorreu às facilidades de *Goal Seek* do Microsoft Excel. É automatizada a utilização desta facilidade em relação a alguns parâmetros de análise, e após a sua aplicação são armazenados os valores de cada parâmetro que colocam o projecto no limiar da aceitabilidade (VAL.E=0).

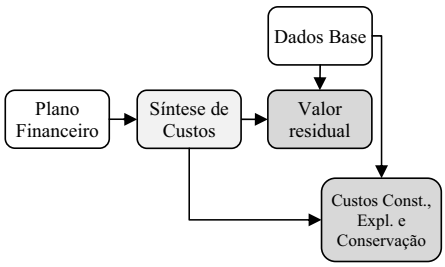


Figura 3. Estrutura de análise dos Custos de Construção, Exploração e Conservação e do Valor Residual

As análises de sensibilidade e de ponto morto têm os seus resultados armazenados em ficheiros separados, com uma estrutura de nomes pré-definida. O conjunto de resultados é referenciado de forma centralizada, permitindo automatizar a utilização dos resultados relevantes para gerar uma síntese da Análise de Risco.

V. Solução Adoptada – Estrutura de Algumas Componentes

A secção anterior apresentou a estrutura geral da solução, dividindo-a em duas fases: Análise Base e Análise de Risco. Vai agora descrever-se a forma como algumas componentes foram incorporadas na estrutura geral da Análise Base, para ilustrar a utilização desta estrutura.

A. *Custos de construção, exploração e conservação e valor residual*

Os custos de construção, exploração e conservação e o valor residual baseiam-se, maioritariamente, no mesmo tipo de informação, tendo por base o plano financeiro. Este plano financeiro é construído de forma diferente para diferentes concessões, tendo-se por isso recorrido a uma folha de Síntese de Custos para proceder a uma uniformização do formato, com recurso a um conjunto pré-definido de rúbricas que agregam a informação relevante. A obtenção destas rúbricas pode utilizar diferentes processos analíticos, consoante a estrutura usada no plano financeiro, tendo sido conveniente pré-definir diferentes rotinas para facilitar a utilização de diferentes formas de processamento dos dados.

Estas rúbricas sofrem então um tratamento diferenciado, dependente de um conjunto de taxas de imposto relevantes. Assim, os Dados Base (que incluem estas taxas de imposto) e os valores da Síntese de Custos são usados para obter os benefícios económicos líquidos respeitantes a estas componentes. Este processo encontra-se representado na Fig. 3.

B. *Valor do tempo e efeitos económicos mais vastos*

Devido a condicionalismos relativos à informação estatística disponível para o país, apenas foi possível englobar nas análises dois efeitos económicos mais vastos, o aumento incremental do produto em mercados imperfeitos e o acréscimo de entradas no mercado de trabalho. Ambos estes efeitos dependem de variáveis macroeconómicas específicas, mas estão ainda muito correlacionados com o valor do tempo, tendo sido em parte calculados com base neste. O processo de cálculo do valor do tempo e destes efeitos económicos mais vastos encontra-se esquematizado na Fig. 4.

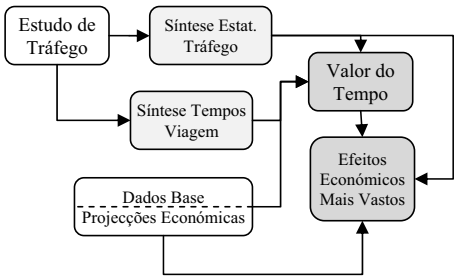


Figura 4. Estrutura de análise do Valor do Tempo e dos Efeitos Económicos Mais Vastos

Estas componentes baseiam-se fortemente no Estudo de Tráfego. A partir deste estudo efectua-se uma Síntese de Tempos de Viagem, que desagrega estes tempos por classe de veículo (ligeiros/pesados), e tipo de utilizador (actuais/novos captados/novas viagens), para os cenários de construção (*do-something*) e não construção (*do-nothing*). Efectua-se ainda uma síntese de estatísticas relativas ao tráfego, que contém informação diversa relativa ao motivo das viagens, tipo de combustível usado, etc. O processo de obtenção destas sínteses pode ser imediato ou recorrer a rotinas de análise complexas, dependendo dos *outputs* definidos pela consultora que o realizou. Assim, a solução implementa rotinas de cálculo que facilitam a obtenção destas sínteses. Estas sínteses, em conjunto com dados base (nomeadamente valores unitários do tempo e estatísticas sobre as cargas transportada no país) e projecções económicas (evolução do PIB), permitem o cálculo dos benefícios económicos líquidos anuais relativos ao valor do tempo. Estes benefícios sofrem ainda diferentes desagregações, por forma a facilitar a obtenção de indicadores de síntese parcelares.

Os benefícios relativos ao valor do tempo são uma das bases para o cálculo dos efeitos económicos mais vastos. Estes benefícios são usados em conjunto com algumas estatísticas de tráfego e variáveis macroeconómicas específicas para determinar os benefícios económicos líquidos relativos aos efeitos económicos mais vastos.

VI. IMPLEMENTAÇÃO

A base da solução foi implementada num período de tempo pequeno (cerca de 3 semanas após a definição das linhas gerais), por uma equipa reduzida (2 pessoas). A implementação foi feita tendo já como referência os estudos relativos a um conjunto de concessões (as concessões referidas em [3]).

A colaboração na elaboração das análises foi operacionalizada através das ferramentas do Microsoft Excel que permitem consolidar alterações efectuadas de forma independente por múltiplos utilizadores. O desenvolvimento de cada análise a um grupo de concessões foi assim efectuado por vários elementos da equipa em simultâneo mas de forma independente. Os cálculos relativos a cada análise de um grupo de concessões foram, de um modo geral, produzidos por dois elementos da equipa num prazo de cerca de 3 semanas. Atendendo à complexidade dos cálculos envolvidos, pode considerar-se que a automatização dos processos diminuiu consideravelmente a afectação de tempo dos recursos humanos.

A estrutura geral aqui apresentada mostrou-se suficientemente flexível, tendo sido facilmente adaptada às situações com que a equipa se deparou. Assim, apesar da grande diversidade de formatos existentes e opções tomadas nos estudos de base, a solução mostrou grande adaptabilidade e permitiu um tratamento eficiente de todas as situações e a produção de todos os resultados considerados relevantes.

Tendo em conta a importância de que se revestiam as análises, foi imperioso garantir a inexistência de erros. Por esse motivo foi decidido instituir um processo baseado em dois tipos de verificações: verificação exaustiva e directa de resultados de todas as componentes e um conjunto de verificações indirectas dos resultados. Após a execução destas verificações exaustivas, o número de erros detectados foi praticamente nulo. Podemos assim concluir que a solução, para além da sua flexibilidade, permitiu uma automatização do processo que se revelou suficiente para evitar a ocorrência de erros que certamente resultariam de um processamento mais casuístico dos dados.

Realce-se ainda que foi também efectuada uma extensão da solução para apoiar decisões relativas ao *timing* de empreendimentos rodoviários. Esta extensão permitiu constatar que a solução pode ser facilmente adaptada para apoiar estas decisões (os resultados e metodologia são descritos em [11]).

Assim, a aplicação prática da solução leva a acreditar que esta se poderá revestir de grande utilidade noutras situações em que seja necessário um sistema flexível para apoiar decisões relativas a infra-estruturas públicas.

REFERENCIAS

[1] R. Sugden, "Developing a Consistent Cost-Benefit Framework for Multi-modal Transport Appraisal", report to the Department of the Environment, Transport and Regions, Economics Research Centre, University of East Anglia, 1999.

[2] Comissão Europeia – Direcção Geral de Política Regional, "O novo período de programação 2007-2013: Orientações sobre a metodologia para a realização de análises custo-benefício", Documento de Tabalho 4, 2006.

[3] J. Reis, P. Godinho, E. Barata, L.Cruz, "Estudo Integrado dos Impactes Económicos Globais associados às Concessões da AE Transmontana, Túnel do Marão e Douro Interior", FEUC, Coimbra, e Estradas de Portugal, 2008, acedido em http://www.moptc.pt/tempfiles/20090127230231moptc.pdf em 14 de Fevereiro de 2011.

[4] J. Reis, P. Godinho, J. Dias, E. Barata, L.Cruz, "Estudo Integrado dos Impactes Económicos Globais associados às Concessões do Algarve Litoral e Baixo Alentejo", FEUC, Coimbra, e Estradas de Portugal, 2009, acedido em http://www.novasestradas.pt/gestorconteudos/attachs/502.pdf em 14 de Fevereiro de 2011.

[5] J. Reis, P. Godinho, J. Dias, E. Barata, L. Cruz, "Estudo Integrado dos Impactes Económicos Globais associados às Concessões do Douro Litoral, Litoral Oeste, A.E. do Centro e Pinhal Interior", FEUC, Coimbra, e Estradas de Portugal, 2010, acedido em http://www.novasestradas.pt/gestorconteudos/attachs/603.pdf em 14 de Fevereiro de 2011.

[6] J. Reis, P. Godinho, J. Dias, E. Barata, L.Cruz, "Estudo Integrado dos Impactes Económicos Globais associados às Concessões do Baixo Tejo e Grande Lisboa", FEUC, Coimbra, e Estradas de Portugal, 2010.

[7] P. Bickel, R. Friedrich, A. Burgess *et al.*, HEATCO Developing Harmonised European Approaches for Transport Costing and Project Assessment, Deliverable 5: Proposal for Harmonised Guidelines, 2006.

[8] M. Maibach, C.Schreyer, D. Sutter *et al.*, Handbook on estimation of external costs in the transport sector, Version 1.1, Delft, 2008.

[9] Department for Transport, Transport, Wider Economic Benefits and Impacts on GDP. Dept. for Transport, London, United Kingdom, 2006.

[10] K. Salling, S. Leleur, "Assessment of Transport Infrastructure Projects by the Use of Monte Carlo Simulation: The CBA-DK Model". Proceedings of the 2006 Winter Simulation Conference, 2006.

[11] P. Godinho, J. Dias, "Cost-Benefit Analysis and the Optimal Timing of Road Infrastructures". Selected proceedings of the 12th World Conference on Transport Research, 11-15 de Julho, Lisboa, 2010.

[12] Department for Transport, COBA 11 User Manual, Department for Transport, London, United Kingdom, 2001.

[13] Department for Transport, TUBA User Manual 1.7C, Department for Transport, London, United Kingdom, 2009.

Isastur Modeler: A tool for BPMN MUSIM

Jaime Solís Martínez
Máster Oficial en Ingeniería Web
Escuela de Ingeniería Informática, Universidad de Oviedo
Oviedo, España
solis.mariner@gmail.com

Vicente García Díaz
Departamento de Informática
Universidad de Oviedo
Oviedo, España
vicegd@gmail.com

Begoña Cristina Pelayo García-Bustelo
Departamento de Informática
Universidad de Oviedo
Oviedo, España
crispelayo@uniovi.es

Juan Manuel Cueva Lovelle
Departamento de Informática
Universidad de Oviedo
Oviedo, España
cueva@uniovi.es

Abstract— **Despite the evolution that computer science has undergone during the last years, application development hasn't seen such an improvement in the time needed for a software tool to be built, some of it being consumed by the requirements engineering process. Involving the user in the development of the applications via the features that BPM brings can be a solution to this aspect, as the requirements would be specified by the domain experts and most of the difficulties of the requirements engineering process would be avoided. However, business process modeling notations seem to be a little bit complex for domain experts with reduced computer knowledge and their participation in the requirements engineering process turns complicated due to the difficulties derived from learning and using these notations. BPMN MUSIM tries to reduce the number of elements needed in a business process modeling notation to the minimum necessary and thus lowers the difficulties that domain experts experience when modeling their processes. The major problem regarding BPMN MUSIM is that there is no modeling software that enables it use, so we have decided to design and build a process modeling tool called Isastur Modeler that is used for business process modeling with BPMN MUSIM.**

Keywords- Business Process Modeling, BPMN, jPDL, SBPMN, BPMN MUSIM, Windows Workflow,usability tests.

I. INTRODUCTION

Nowadays computer science is focused in speed: new processors are made faster than their predecessors, our Internet connections get faster every once in a while, etc. But what about application development? This discipline hasn't experienced such a big improvement as the others mentioned and this is mainly due to requirement engineering, which is the first step taken in the development of a computer application. As stated by Sommerville and Kotonya in their article [1] there are several problems related with requirements that make them difficult to be defined at the beginning of the development process, but the first one mentioned is that the requirements engineer is not an expert in the application domain being addressed.

With the new approach proposed by BPMI [2], called Business Process Modeling or BPM, the implication of the domain experts is promoted via the utilization of a notation that is half the way between the domain experts' language and the computer experts' language. BPMI proposed BPMN [3] as the standard notation for business process modeling but being a standard requires adapting to all types of domains and this made the size and complexity of the notation rise to a level where domain experts need to be trained in order to use it. Due to this circumstance our previous work brought forward a simplification of BPMN called SBPMN [4], which tried to reduce the number of symbols needed to model a process and to raise the user's level of abstraction.

Although the results obtained were satisfactory, we consider that the number of symbols offered by SBPMN can still be reduced to what we think to be the minimum symbols necessary to model a process. Thereby we promote the definition of a new business process modeling notation called BPMN MUSIM, a very simple BPM notation. In order for this notation to be used in real process modeling we needed to build modeling tool to offer support for it and this is why Isastur Modeler comes to life.

The rest of this paper will be structured as follows: first we will try to give an overview of the existing BPM notations and establish why they are not very suitable for being used by domain experts so we can introduce the reader to BPMN MUSIM, the simplified version of BPMN; in second place we will present our modeling tool, Isastur Modeler, and make an overview of its features and options and lastly we will identify our conclusions and present what we consider to be our future work.

II. BPM AND EXISTING NOTATIONS

As it has already been said, BPM is an initiative of the BPMI that tries to involve the domain experts in the definition of their processes using notations that simplify this task and enable a good understanding of the models by the software development team. Through this mechanism, the requirement capturing process difficulty derived from the fact that the

requirements engineer may not be an expert in the application domain is reduced, as the application domain will be stated through the use of a notation he can understand.

There are mainly two types of business process modeling notations: graphical and textual. Textual notations have been ruled out from this overview because it would be very difficult for a domain expert with a normal computer usage level to be able to understand and use this kind of notations. Thus, the only type of notations we have left are graphical ones and we are going to present some of them which have been selected due to the following factors:

- High degree of diffusion
- Wide range of complexity
- Encouraging the implication of the domain experts in the modeling process

A. BPMN, the standard notation

BPMN is the standard notation for business process modeling proposed by the BPMI in 2004. Due to its standardization it undergoes periodical revisions and it is the most widely used notation nowadays, with more than 70 implementations. It appeared with two clear objectives as it was stated by Stephen A. White in his article [5]: on one hand, give the domain experts a notation they could use and understand and on the other hand, try to reduce the variety of existing notations and modeling tools.

BPMN's root element is called BPD (Business Process Diagram) that is a set of activities and flow controls that define the order in which the activities must be done. One of the disadvantages of its standardization is the fact that the number of elements provided (52 in version 1.1) is too large because it needs to be suitable for every type of process. All these elements are classified in different categories: flow objects, connections, swimlanes and artifacts. The core of the notation is composed of the elements inside the flow objects and the connections categories, being the rest of the elements known as the extended features.

B. UML Activity Diagrams

UML [6] Activity Diagrams (UML AD) are a type of diagrams included in UML that enable the user to model business processes as well as application logic for a specific scenario.

UML AD are based in an entity named Activity that represents the tasks that have to be done in the process. This entity is complemented by the appearance of other entities that are also present in other notations, like decisions or parallel execution of activities. Although the entities are well chosen there is a problem with the graphical representation of some of them, as there are entities that share the same representation. We think this is prejudicial for the domain experts because it can be confusing to have two different entities with an identical representation.

C. jPDL

jPDL is the graphical language for process definition that is included in jBoss jBPM [7], a suite written in Java to enable the utilization of BPM mechanisms in that platform. This language is an adaptation of BPMN where the number of elements available for the modeling is reduced in order to simplify things for the users; jPDL has also managed to change the representation of the beginning and end points of BPMN using colors. These changes have managed to reduce the complexity of jPDL and they also raise the user's level of abstraction.

Despite these improvements, we think that the number of entities offered by jPDL is still large for domain experts to be able to use the language without difficulties.

D. SBPMN, first simplified version of BPMN

SBPMN is the simplified version of BPMN that was proposed due to the complexity and the level of abstraction observed in the previously presented notations. SBPMN tries to eliminate the arbitrary use of some of the entities in the other notations and at the same time reduce the level of technical knowledge needed for the notation to be understood and used.

This notation reduces the number of entities available to the user and changes their graphical representation in order to simplify their use. The results obtained by SBPMN in the usability tests carried out demonstrated that the number of mistakes made by the users was notably reduced and also the skill level of the users raised, which means that the same user is more capable of using SBPMN than BPMN.

E. BPMN MUSIM, very simplified BPMN

As we have seen for now the majority of the BPM notations presented have complexity and abstraction level problems because they offer a wide range of entities to the user. However, a paper published in 2008 by zur Muehlen and Recker [8] discusses the need for providing so much elements in these notations and the reached the conclusion that most of the models done by the experts use 20% of the vocabulary offered by BPMN.

Based on this study and trying to avoid the problems the users may experiment when dealing with a big number of elements, we have decided to propose a new notation called BPMN MUSIM, which reduces the number of elements to the minimum set of elements that are needed to model real business processes.

1) Elements in BPMN MUSIM

The entities selected to be part of our notation are the following:

- Starting point: All models using this notation must have one starting point.
- Ending point: Each model represented with this notation must have one or more ending points.
- Activity: This entity will be the base on which our notation lies on. Each activity will match with a task that must be done in the process and will have a name that will identify it.
- Transition: The transitions will allow the flow of the process from one activity to another.

- Decision: The decisions will allow taking alternatives in the execution of the process being modeled. Each decision will contain an expression that must be evaluated and its two branches will represent the true and false result of the expression evaluation.

2) Representation of the Elements

When defining a new notation the selection of the graphical representation of its elements is crucial. We have decided that the graphical representation of the elements in BPMN MUSIM will be the following:

- Starting point: A green colored circle will represent the starting point of a process.

Figure 1. Graphical representation of a starting point

- Ending point: A red colored circle will represent the starting point of a process.

Figure 2. Graphical representation of an ending point

- Activity: A rectangular shape with the activity's name inside will represent each of the activities included in a process.

Figure 3. Graphical representation of an activity

- Transition: Arrows will be in charge of representing the transitions between the activities of a process. The arrowhead will indicate the flow between the activities.

Figure 4. Graphical representation of a transition

- Decision: A diamond will represent the decisions in our notation.

Figure 5. Graphical representation of a decision

This graphical notation was selected due to several factors that we have considered important. On first place, as it pretends to be a simplification of the BPMN, the standard notation, we need the symbols of BPMN MUSIM to be as near as possible to the standard so that the adaptation to the new notation is as simple as possible. We also consider that the symbols need to be clearly differentiable and that they should be as similar as possible to the ones used in other office software that enables process modeling (like Microsoft Visio, for example). The last aspect we considered was applying colors so that the user could identify the starting and ending points of the process with a quick look at the model; for this reason we selected the green and red colors to represent the beginning and the end of the processes as they are colors widely used for representing this kind of circumstances and their use in jPDL in the same way also enables us to think that this representation can be easily recognized by users with experience in modeling processes.

3) Using BPMN MUSIM in real processes

BPMN MUSIM has been the center of a study case for process modeling that has been carried out in a Spanish enterprise called Isastur. Throughout a meeting procedure we managed to teach the domain experts how to use BPMN MUSIM in order to model two of the processes that are present in the enterprise: informatics incidence management and recruitment; these processes where selected for this study case because of their difference in complexity and also due to the collaborative spirit of the experts. The results of the series of three meetings with each of the experts separately were the complete models of these two processes without needing to add any symbols to BPMN MUSIM.

Fig. 6 and Fig. 7 represent the models created by the domain expert for the informatics incidence management process. In particular, Fig. 6 represents the part of the process where any employee of the enterprise can access the corresponding software and introduce a new incidence in the system, giving details like the type of the incidence, the priority level for the incidence and a description for it. On the other hand, Fig. 7 represents the other part of the process that corresponds to the interaction that the incidence expert does with the incidences in the system in order to solve them. The models obtained for the recruitment process have not been included in this document because of space problems as it is a more complex process that required seven different models to represent all the interaction that takes place in it.

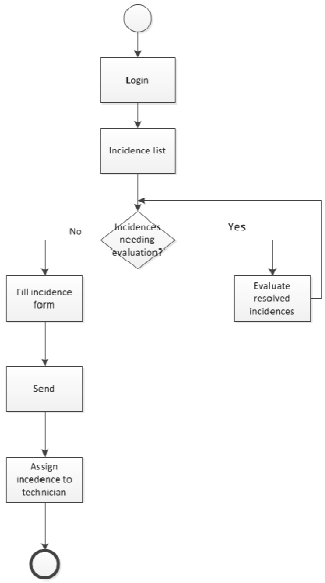


Figure 6. Incidence Management Process: Add Incidence

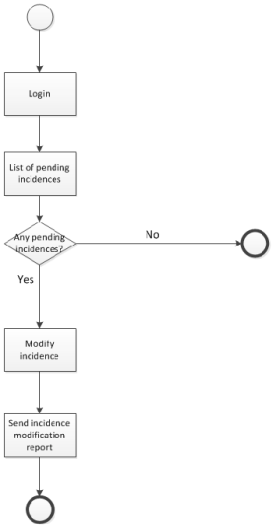


Figure 7. Incidence Management Process: Manage Incidences

III. ISASTUR MODELER

As we have already seen, BPMN MUSIM has been successfully used to model two real business processes with different complexity levels. The problem we had during the modeling phase was that we weren't able to give a modeling tool to the domain experts in order to use this notation; instead, they had to use other types of tools or even write their models by hand. As it can be seen in Fig. 6 and Fig. 7 the problem of using other tools is that they don't contain the exact symbols that are included in BPMN MUSIM, specially the ones concerning starting and ending points.

In order to correct this situation we have decided to develop a platform independent tool that would enable the experts to use BPMN MUSIM. Using all the mechanisms provided by Windows Workflow Foundation we have managed to create our custom modeling tool named Isastur Modeler that will give the user the opportunity to use the exact BPMN MUSIM symbols.

A. *Structure*

Fig. 8 shows a screenshot of Isastur Modeler being executed in a computer. As it can be seen in this picture, the tool's window is divided into three different work areas:

- On the left side of the screen there is the element section of the application. A palette contains all the different elements that can be added to the process that is being modeled.
- The center part of the window is the space where the model is being represented. The user will drag the elements from the palette on to this part in order to add them to the model. Once the elements are added the transitions between them can be added easily by selecting the element where the transition starts and using the control points that appear to click and drag a connection to the desired destination element.
- The right side of the window is what can be named the properties view. This area allows the user to change the properties of every element in the model. For example, when a specific activity is selected from the model this area will display a text field that allows the user to change the activity's name.

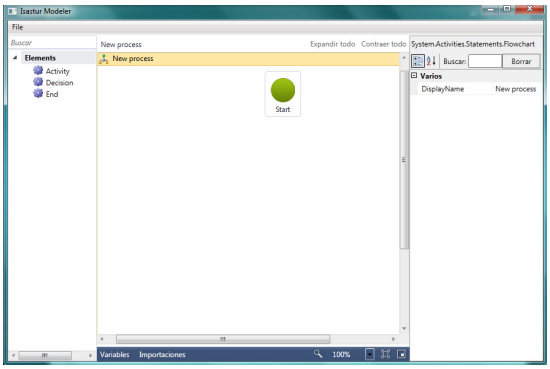


Figure 8. Isastur Modeler Screenshot

This design that was introduced in Isastur Modeler matches the need of providing a tool for users that may not have a good computer user level. The division of the window in three parts enables the tool to show all the information concerning the model without needing to navigate between different screens, simplifying the user's understanding and management of the process being modeled.

In order to enable the documentation of the processes which are present in the enterprise and also give the experts the opportunity to make changes to their models, Isastur Modeler offers the possibility to do some common tasks with the models: load a model from a file, save the model to a file and open a model that has been previously saved to the hard disk.

B. *Tool's Features*

The most important feature of Isastur Model is that it is platform independent. The process models that are generated with it are stored in a XAML file, which is mainly a normal XML file that contains additional information that enables the positioning of the elements in the graphical representation of the model. This file is considered platform independent because all of the notations generate an XML file behind the graphically modeled processes and transforming this file via a XSLT stylesheet can lead to the file being used in any other platform.

The other major feature present in Isastur Modeler is the high level of configuration that it possesses. In Fig.8 the tool only shows three elements: activity, decision and ending point. But what would happen if there are several activities that are widely used in the enterprise and we want these to be already programmed in order for them to be directly used? With this type of tool there will be no problem in such a scenario because custom activities can be programmed and included in the

palette for them to be automatically used by the experts. Lets state an example: in all the processes present in the enterprise the first activity is the user's identification or login; with a non configurable tool the expert will have to use a normal activity and change its name to login but with this type of tool a login activity can be programmed and made available in the palette for the user to use it as a normal activity in his processes.

The simplicity of BPMN MUSIM in addition to the high level of configuration this tool has, makes the user's level of abstraction rise to a higher state than the one that can be obtained using some of the notations presented in the first part of this paper.

C. *Usability Tests*

Isastur Modeler has gone through a process of usability tests with the collaboration of the process experts that modeled their processes using BPMN MUSIM. Once the processes had been modeled in paper or using some kind of computer application, we introduced the experts to this tool in order for them to test it. The test procedure remained quite simple as its goal was making the users introduce in the tool the same models that were made before.

The results obtained in these test were satisfactory as after giving the users the normal time of adaptation to the tool's environment they were able to model their processes without any major problem. Fig. 9 represents a screenshot of Isastur Modeler containing the model made by one of the experts that matches with the model presented in Fig. 6; there are nearly no differences between the two images and that makes us think that this tool is able to offer the domain experts a confortable and complete modeling environment.

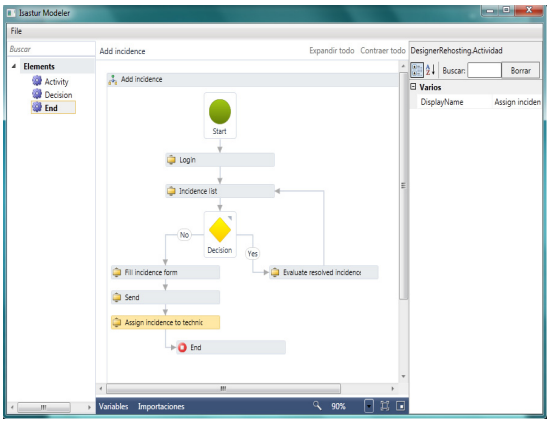


Figure 9. Isastur Modeler containing the add incidence process model

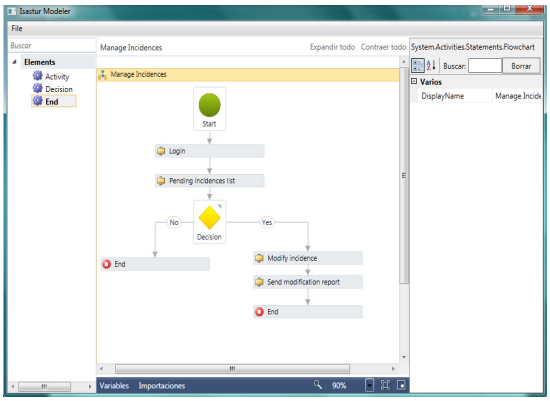


Figure 10. Isastur Modeler containing the manage incidence process model

As it had occurred before, during the presentation of the models made by the experts during the meeting procedure, the only examples that are going to be shown here are the ones corresponding to the incidence management process. This is due to the fact that the recruitment process is more complex and we would need some extra space in this paper in order to show all the models for this other process.

IV. Conclusions

Software development is a slow task that is normally begun with the requirements engineering procedure, which tries to capture the client's needs. The problem is that, in the majority of the cases, the requirements engineer is not an expert of the domain where the application is going to be used. One possible approach in solving this issue is trying to involve the domain experts in the requirements engineering process through the specification of business processes, which is BPM's proposal.

BPM introduced the concept of modeling notations in order to establish a common language between the domain experts and the computer experts as a mechanism to make the communication between these groups easier. BPMN, the standard notation proposed by BPMI, is set to be a business process modeling notation that can deal with any type of processes and thus it is somewhat complex. This complexity can bring difficulties to the domain experts when using them to model their processes, as the level of computer knowledge of this people could not be optimal. jPDL and UMD AD tried to reduce this complexity without major success but SBPMN managed to reduce the number of elements present in the notation and obtained satisfactory results in aspects concerning the number of mistakes made by the user when modeling processes with this notation at the time the skill level the users presented rose in the same amount of the error reduction.

Due to these positive results a further simplification of BPMN has been proposed, using the name of BPMN MUSIM. This notation tries to be the simplest set of entities needed to be able to model a business process completely, reducing the notation to only the following elements: activities, transitions, starting points, ending points and decisions. BPMN MUSIM has been used to model two of the business processes of the

Spanish enterprise named Isastur with positive results. The problem that we came across during the modeling procedure was the fact that experts were using tools to model the processes without BPMN MUSIM notation being available in them.

Using the features offered by Microsoft Windows Workflow we have managed to develop a modeling tool designed for using only BPMN MUSIM. This tool, called Isastur Modeler, is able to create, load and save business process models defined using BPMN MUSIM in a platform independent way. This tool has been designed bearing in mind the difficulties that domain experts may encounter when using computer applications, trying to have all the important information of the process visible throughout the whole modeling procedure. Isastur Modeler has been successfully used to model the business process that were previously modeled by the experts in paper or using other type of applications.

V. FUTURE WORK

The first point we have considered as mandatory in our future work is the improvement of our usability tests. Until now Isastur Modeler has been tested by two different users only, which correspond to the owners of the two processes that have modeled. We know that in order to test the usability level of this tool we have to involve more users so our goal is to set up usability tests with more people from Isastur to try to get as much information as possible and apply all the feedback we get for ameliorating Isastur Modeler.

The other issue we regard as another part of our future work is testing our tool with more processes. As was the case with the users, our tool has been used for modeling only two processes. Although one of the processes is more complex than the other, at this moment we can't ensure that our tool will be suitable for all kinds of processes. Thus, our aim is to select more processes and try to use Isastur Modeler to model them and see if the tool is capable of managing all types of processes.

ACKNOWLEDGMENTS

This work has been funded by the ISASTUR Group and the Government of the Principality of Asturias in the FEDER Operational Program of the Principality of Asturias 2007-2013.

REFERENCES

[1] Kotonya, G. and Sommerville, I. "Requirements engineering with viewpoints". 1996. *BCS/IEE. Software Eng. J.* , 11(1): 5-18

[2] BPMI : http://www.bpmi.org/

[3] BPMN : http://www.omg.org/bpmn/

[4] Fernández, H. F., et al. "SBPMN – An easier business process modeling notation for business users". Computer Standards & Interfaces 32 (1-2):18–28.

[5] Stephen A. White, "Introduction to BPMN". http://www.omg.org/bpmn/Documents/Introduction_to_BPMN.pdf

[6] UML. http://www.uml.org/

[7] jBoss jBPM: http://www.jboss.org/jbpm

[8] Michael zur Muehlen, Jan Recker. "How Much Language is Enough? Theoretical and Practical Use of the Business Process Modeling Notation". 20th International Conference on Advanced Information Systems Engineering (CAiSE 2008).

[9] Windows Workflow Foundation. http://msdn.microsoft.com/es-es/netframework/aa663328

A Robótica Educativa como Ferramenta Pedagógica na Resolução de Problemas de Matemática no Ensino Básico

Célia Ribeiro, Clara Coutinho
CIED - Instituto de Educação
Universidade do Minho
Braga, Portugal
celiarosaribeiro@gmail.com, ccoutinho@ie.uminho.pt

Manuel F. Costa
Centro de Física, Escola de Ciências
Universidade do Minho

mfcosta@fisica.uminho.pt

***Resumo* — A Robótica Educativa (RE) tem sido apontada nos últimos anos como uma das ferramentas educativas emergentes de maior potencial. Entre as várias características que lhe são atribuídas, realça-se a sua adequação a uma aprendizagem baseada na resolução de problemas concretos cujos desafios criados promovem o raciocínio e o pensamento crítico de uma forma activa, elevando também os níveis de interesse e motivação dos alunos por matérias por vezes complexas. Estas características tornam a RE especialmente apelativa para o ensino/aprendizagem da Matemática e das ciências naturais. Neste trabalho, disponibilizam-se um conjunto de sessões usando a RE que podem ser usadas para trabalhar a resolução de problemas relacionados com as operações de multiplicação e divisão na área da Matemática para alunos do 4º ano do Ensino Básico. Estas permitem ao professor trabalhar estes conteúdos de uma forma alternativa ao ensino tradicional. Os recursos apresentados neste trabalho são enquadrados num contexto mais amplo de um portal de RE, onde se podem encontrar outros recursos úteis para a implementação da RE no Ensino Básico.**

Palavras chave: Robótica Educativa, Ensino Básico, Ensino da Matemática, resolução de problemas

I. INTRODUÇÃO

Ao longo dos últimos anos, a Robótica Educativa (RE) tem-se afirmado como uma ferramenta pedagógica emergente na abordagem de diversas temáticas curriculares (e.g. Matemática, Física, Educação Tecnológica ou mesmo Expressões e Artes) para distintos níveis etários. De facto, motivada pela descida dos custos da electrónica em geral e pelos avanços tecnológicos na área da Robótica, este campo tem prometido trazer novas ferramentas para a arena das Ciências da Educação.

O potencial pedagógico prometido pela RE é bastante impressionante se atendermos aos benefícios que lhe são apontados pela literatura existente. De facto, diversos autores apontam a RE como sendo uma enorme fonte de energia e de motivação para alunos e professores que contactam com estas actividades [1,4,5,6].

Embora sejam diversos os estudos que sugerem as características inovadoras da RE e o seu enorme potencial pedagógico em diversas áreas, a integração desta ferramenta nos curricula não tem sido fácil de atingir. Esta situação deve-se certamente ao tempo de maturação necessário a qualquer tecnologia para ser integrada nas salas de aula, mas também a diversos factores relacionados com a RE dos quais se podem destacar:

- o carácter técnico da área da Robótica que conduz a algum receio dos professores envolvidos;
- a falta de material de índole pedagógica que tire partido da RE para as diversas áreas curriculares (e.g. manuais, tutoriais);
- a falta de oportunidades para a formação de professores nesta área;
- carência ao nível dos estudos quantitativos que possam concretizar as qualidades pedagógicas desta ferramenta de forma mais evidente.

Obviamente, o conjunto de questões levantadas são de elevada complexidade e demorarão alguns anos até poderem ser resolvidas. O trabalho apresentado neste artigo pretende dar uma contribuição para uma das lacunas apresentadas anteriormente, nomeadamente a falta de material pedagógico baseado em RE para uso na sala de aula.

Assim, o principal objectivo será o de providenciar um conjunto de sessões de RE planificadas para uso pelos professores nas suas salas de aula. Estas sessões são orientadas para o Ensino Básico (4º ano) e para a aquisição de competências ao nível da resolução de problemas envolvendo as operações aritméticas da multiplicação e da divisão. As sessões apresentadas estão detalhadamente planificadas permitindo ao professor a sua fácil implementação na sala de aula. Estas sessões poderão ser facilmente enquadradas no plano curricular da forma que o professor achar mais conveniente.

Este material pedagógico está inserido num contexto mais amplo de um portal de RE para o Ensino Básico, onde o professor poderá encontrar todo o material necessário para a sua formação prévia e para a iniciação dos seus alunos no campo da Robótica. O material das sessões propostas, bem como o restante material do portal estão orientados para a utilização da plataforma de RE Lego Mindstorms, que se torna

uma alternativa adequada à faixa etária em causa que é acessível já que os preços são comportáveis.

O artigo está organizado da seguinte forma: o capítulo seguinte faz uma abordagem às potencialidades pedagógicas da RE com ênfase para a sua utilização na aprendizagem de conceitos matemáticos. Segue-se a descrição mais pormenorizada do material desenvolvido, da sua organização e conteúdos. Termina-se com um conjunto de conclusões.

II. A Robótica Educativa e as suas potencialidades pedagógicas

A. Características da Robótica Educativa

A RE pode ser utilizada como um processo de "Alfabetização Robótica" em que se faz uma abordagem dos conceitos mais simples desta tecnologia tais como conceitos de construção e de progamação e, por outro lado, pelo facto de se poder usar de uma forma precisa e avançada para aprender conceitos de várias áreas disciplinares e desenvolver múltiplas competências.

Zapata et al. [2] consideram a RE como uma ferramenta pedagógica que:

- *Cria ambientes de aprendizagem interessantes e motivadores;*
- *Coloca o papel do professor como facilitador da aprendizagem e o aluno como construtor activo da aprendizagem;*
- *Promove a transversalidade curricular, onde diversos saberes permitem encontrar a solução para o problema em que se trabalha;*
- *Permite estabelecer relações e representações.*

A RE pode dar um especial contributo ao desenvolvimento do processo ensino-aprendizagem levando o aluno a questionar, pensar e procurar soluções e permitindo-lhe que seja capaz de criar interacções com o mundo envolvente e consequentemente desenvolva a capacidade de formular e de equacionar problemas. Por outro lado, a RE permite que sejam implementados um conjunto de pressupostos pedagógicos inovadores consequentes com as teorias de aprendizagem mais actuais. Esses pressupostos incluem o construtivismo, a interdisciplinaridade, a aprendizagem colaborativa, a aprendizagem baseada na resolução de problemas ou a aprendizagem com base em projectos [3].

Revêem-se em seguida algumas das características da RE que a tornam numa ferramenta pedagógica apetecível.

1) Motivação e entusiasmo dos alunos

Dos diversos estudos que têm sido realizados sobre o uso desta ferramenta, todos apontam para a componente motivacional que exerce nos alunos. Os alunos que têm o privilégio de manipular esta ferramenta tecnológica manifestam um grande entusiasmo, interesse e empenho na prossecução das actividades que envolvem os robôs [4,5,6].

Assim a motivação é reconhecida por muitos autores como uma das grandes potencialidades pedagógicas da RE, pelo facto dos alunos se mostrarem mais interessados pela aprendizagem. De facto, a RE demonstra um grande poder para motivar e envolver os alunos nas actividades, estimulando a sua curiosidade natural [3]. Em alguns estudos este entusiasmo levou a que os investigadores notassem que havia alunos que queriam trabalhar durante os intervalos [7], bem como alunos normalmente desatentos que revelavam uma inusitada aplicação nas novas tarefas [8]. Não é de estranhar então que a RE seja encarada como uma forma de motivar os alunos para áreas mais "difíceis", como a Ciência e a Matemática, onde é reconhecida a necessidade de atrair alunos.

2) Multidisciplinaridade

A Robótica é claramente uma área multidisciplinar, envolvendo um conjunto de disciplinas como a Física, a Matemática, a Informática ou a Electrónica. Ao nível das actividades RE é ainda comum a abordagem de outras áreas da Ciência ou das Artes (como as Artes Plásticas, a Dança ou a Música). Desta forma, a RE reúne todas as condições para proporcionar um conjunto de actividades interdisciplinares que promovem uma aprendizagem transversal dos diversos temas [6].

De facto, o nosso sistema de ensino parece não estar preparado para resolver os grandes desafios e problemas globais devido ao ensino cada vez mais fragmentado e especializado criando um desajuste entre a ciências e as humanidades [9]. A RE cria espaços ou ambientes onde poderá ocorrer inovação e interdisciplinaridade, em que todas as áreas se toquem e partilhem do mesmo objectivo. Nestes ambientes, quando os alunos estão perante problemas que têm de solucionar estão a invocar conhecimentos de distintas áreas.

3) Aprendizagem baseada em projectos

Actualmente, as experiências robóticas que se implementam vêm de direcções distintas: eventos robóticos que promovem competições entre robôs, a RE usada como apoio curricular para trabalhar temas da sua disciplina ou iniciativas sazonais tais como pequenos cursos de verão em que os alunos estão envolvidos num projecto de RE. Em todos estes casos, os alunos podem criar projectos onde façam simulações de lugares e situações que lhes sejam conhecidas.

A aprendizagem baseada em projectos implica uma motivação e envolvimento diferentes nas tarefas, incluindo a abordagem de várias áreas curriculares e do conhecimento. O trabalho a desenvolver, deverá ser relevante para a aquisição de conteúdos e desenvolvimento de competências e ter ligações com a vida real onde se possa promover o trabalho entre pares. Os alunos são os sujeitos activos do desenvolvimento dos projectos tomando as diversas decisões para uma boa prossecução do trabalho.

4) Trabalho colaborativo e competências de comunicação

Em quase todas as actividades de Robótica os alunos trabalham em equipas de forma colaborativa com um objectivo comum. Neste processo, envolvem-se na resolução de problemas, o que implica a discussão em grupo das melhores estratégias. Todo este processo é um esforço interessante de comunicação e trabalho de grupo. Para que um

trabalho tenha sucesso é necessário que se reúnam ideias de diferentes sujeitos, que se aceitem sugestões dos demais elementos, que se analisem as questões em conjunto, que se dividam as tarefas e que se trabalhe em parceria [10].

A RE proporciona uma interacção em grupo que por sua vez promove uma interdependência positiva (cada indivíduo preocupa-se com o desenvolvimento do trabalho do grupo e de si próprio), o desenvolvimento dos níveis de segurança (todos os membros partilham da responsabilidade), a aprendizagem da obtenção de consensos, o reconhecimento da afectividade através da argumentação e o aprender a trabalhar sem o controlo do professor [1].

5) Imaginação e criatividade

Com esta ferramenta educativa os alunos desenvolvem a criatividade ao desenharem e criarem os seus protótipos, bem como tendo que atender à finalidade com que o desenho é idealizado. Os processos de construção e programação de robôs envolvem todo este processo de criatividade convidando os alunos a inovarem no processo de resolução de situações problemáticas [6]. Ao partirem das peças de construção e dos componentes electrónicos (motores e sensores), de forma a construírem o seu robô, bem como ao desenharem programas que executem as tarefas previstas, os alunos estão a desafiar a sua criatividade.

6) Raciocínio lógico e pensamento abstracto

Nos ambientes de RE, os alunos desenvolvem uma capacidade de abstração ao terem que planear os robôs e desenhar os programas pensando como se fossem o próprio robô. Ao projectar-se no robô, na forma como ele aprende e como ele pensa, a criança está a pensar sobre o pensamento (metacognição) [11]. O processo de programação processa-se com base numa linguagem simbólica e visual, que o aluno terá que ser capaz de mapear no comportamento físico do robô. Isto implica a capacidade de prever o comportamento do robô a partir dos símbolos abstractos incluídos na programação (e.g. diagrama do Lego Mindstorms) [6].

7) Autonomia na aprendizagem

Quando os alunos estão perante o desenvolvimento de um projecto robótico em que este é concebido e estruturado por si próprios, procuram resolver os problemas com os quais se deparam em todo o processo de uma forma autónoma. Assim, perante desafios de vária ordem, eles procuram os conhecimentos já adquiridos e outros empíricos para os auxiliaram na sua busca. Ao professor cabe a tarefa de proporcionar ambientes de aprendizagem onde o aluno se sinta seguro na elaboração das suas ideias criativas e na busca pelo conhecimento. A RE permite ambientes com os recursos necessários para que o aluno interaja com os robôs e pelas suas próprias acções amplie o seu conhecimento e crie autonomia na aprendizagem [10].

B. A RE e o ensino/ aprendizagem da Matemática

1) A RE e as competências da Matemática do Ensino Básico

A Robótica tem sido utilizada, ao longo do seu percurso educativo, como ferramenta para a aprendizagem dos mais diversos conteúdos, bem como para a aquisição de inúmeras competências. Dentro deste conjunto alargado ressaltam as áreas da Física, da Electrónica, da Mecânica e da Informática, como aquelas que mais directamente estão ligadas à Robótica. Subjacente a ambas as áreas referidas está a mãe de todas as ciências: a Matemática. A RE fornece um excelente meio de tornar concretos e úteis muitos conceitos matemáticos aos mais diversos níveis. Especialmente trabalhados ao nível da RE poderão ser as áreas da Geometria e da Trigonometria onde as aplicações são bastante óbvias. Também a Aritmética e o Cálculo encontram na Robótica uma fonte de desafios, por exemplo ao nível do cálculo mental e da elaboração de estimativas. Em qualquer uma destas áreas, a Robótica torna possível a elaboração de actividades que contemplam a aprendizagem baseada na resolução de problemas.

Ao nível do Ensino Básico (EB), a ênfase na aprendizagem da Matemática não deverá estar na aquisição de conhecimentos ou no domínio de regras ou técnicas, mas antes na sua utilização para a resolução de problemas, o raciocínio e a comunicação.

Neste sentido, a Robótica oferece um campo pleno de oportunidades permitindo planear, construir e programar os robôs com base nas competências em diversas áreas da Matemática que os alunos já possuem, identificar competências necessárias ainda não adquiridas e, eventualmente, tentar adquiri-las em paralelo com o projecto. A RE ilustra claramente a relação entre a Matemática e as suas aplicações, fornecendo diversos exemplos.

A Robótica envolve competências matemáticas essenciais como sejam: medidas, contagens, cálculo mental. Estas estão incluídas nas áreas base de aritmética, estimação, álgebra e geometria. Para além disso, estas não são apresentadas como competências de forma isolada, mas integradas de forma autêntica, como nenhum livro de texto pode conseguir [3].

Em seguida, identificam-se alguns aspectos, no âmbito das competências essenciais do EB nos vários domínios da Matemática, para os quais a RE pode oferecer a sua contribuição:

- *Números e cálculos*: efectuar cálculos mentalmente; aptidão para estimar valores aproximados de resultados e decidir da sua razoabilidade; dar sentido a problemas numéricos e para reconhecer as operações necessárias à sua resolução, assim como explicar os métodos e o raciocínio usados;

- *Geometria:* planificar e realizar construções geométricas e analisar as suas propriedades, recorrendo a materiais manipuláveis e a software; utilizar a visualização e o raciocínio espacial na análise de situações e na resolução de problemas; compreender os conceitos de perímetro,

área, volume e amplitude; efectuar medições e estimativas; formular argumentos recorrendo à visualização e raciocínio espacial;

- *Álgebra e funções*: analisar as relações numéricas, explicitá-las em linguagem corrente e representá-las simbolicamente; construir e interpretar tabelas de valores e gráficos; entender e usar as noções de correspondência e de transformação.

2) *A resolução de problemas*

A RE ao apresentar diversos problemas e desafios para os alunos solucionarem está a potenciar uma competência deveras importante, que é a resolução de problemas. Estes estão, imersos num ambiente de aprendizagem, constantemente, perante a necessidade de resolver problemas. Desde o projectar, ou desenhar o seu protótipo, ao construir o robô, ao programar as soluções para as várias tarefas, os alunos têm de encontrar soluções para os diversos problemas que se apresentam em cada etapa.

Kantowski (1974) [12] refere que "um individuo está perante um problema quando encontra uma questão à qual não consegue responder ou uma situação que não é capaz de resolver usando o conhecimento imediatamente disponivel. Tem que pensar num caminho de combinação da informação de que dispõe, no sentido de poder chegar à solução do problema". Polya [13], por sua vez defende que na escola se deverá fomentar a resolução de problemas e não ensinar somente os algoritmos aos alunos e dar-lhes exercícios repetitivos. Assim, resolver problemas implica buscar soluções, justificá-las e fazer demonstrações. [16]

Gaulin (1982) [14] e Callejo (1990) [15] mostram algumas características de como saber se estamos perante um problema: à primeira vista não se sabe como abordar o problema e resolvê-lo, por vezes não se demonstra claro em que consiste o problema; para resolver um problema não é suficiente aplicar uma regra, mas sim elaborar uma solução mergulhando nos conhecimentos e experiências anteriores; a resolução de um problema exige tempo, energia e afectividade: desapontamento inicial, desejo de resolvê-lo, perseverança na investigação; o problema pode ser mais ou menos aberto ou fechado.

É no 1º ciclo do EB que as crianças aprendem a dar valor à Matemática, a ganhar confiança nas suas capacidades, a alcançar aptidão para resolver problemas de matemática, a aprender a comunicar matematicamente e a aprender a raciocinar matematicamente [15].

III. Recursos para a resolução de problemas de matemática no Ensino Básico

Nesta secção descreve-se em mais detalhe o material desenvolvido para a abordagem da resolução de problemas envolvendo as operações aritméticas da multiplicação e da divisão. Este será disponibilizado à comunidade educativa no âmbito de um portal de RE com um conjunto de conteúdos mais alargado[1].

1) *Plataforma Lego Mindstorms e outros pré-requisitos*

O conjunto de sessões proposto neste trabalho foi desenvolvido para alunos do 4º ano de escolaridade do Ensino Básico. Apesar de muitas das actividades poderem ser adaptadas com alguma facilidade para outras plataformas, a implementação das sessões assume a disponibilidade de kits Lego Mindstorms NXT, tendo sido esta a plataforma de RE usada para o desenvolvimento das sessões. Trata-se, sem dúvida, da plataforma de RE mais conhecida actualmente, na tradição de mais de 30 anos da Lego neste tipo de componentes. O kit actual (baseado no processador NXT) surgiu em 2006 tendo substituído o anterior RCX.

O bloco central possui um microcontrolador de 32 bits com 256 Kbytes de memória, ligações Bluetooth ou USB a um computador pessoal, 4 portas de entrada para ligação de sensores, 3 portas de saída para ligação de motores (ou outros actuadores) e um monitor LCD. Os kits trazem adicionalmente um conjunto de sensores de vários tipos (de toque, de som, de luz e de ultra-sons) e de servo-motores. Para a construção dos robôs e, para além das peças Lego tradicionais, é disponibilizada uma gama variada de peças técnicas incluindo, entre outras: vigas, engrenagens, roldanas, buchas, rodas, parafusos, juntas, diferenciais, roscas, cavilhas, conectores, suportes, etc.

Por outro lado, em conjunto com todos estes componentes, é disponibilizado software para a programação dos robôs quer no próprio robô para tarefas simples, quer no PC para tarefas mais complexas. Este ambiente permite a programação visual do robô disponibilizando vários blocos predefinidos que interligados entre si permitem desencadear uma sequência lógica de movimentos, introduzir atrasos, tocar sons, estado dos sensores e temporizadores internos. Este software tem uma interface intuitiva que permite ao utilizador selecionar os objectos desejados e arrastá-los para a sua área de trabalho. O ambiente de programação gráfica torna-se fácil para um utilizador iniciado e bastante poderoso para um especialista.

No sentido de permitir a formação inicial nesta plataforma, o portal de RE referido fornece um conjunto de materiais (cursos, planificação de sessões, tutoriais) que facilitarão esta aprendizagem quer para os alunos desta gama etária quer para os professores. Esta ambientação à plataforma será um pré-requisito importante para o uso dos materiais propostos.

2) *Organização*

O material proposto corresponde à planificação de um conjunto de actividades a realizar pelos alunos durante um período aproximado de 8 a 10 horas. É disponibilizado a planificação das actividades para o professor responsável, bem como as fichas a disponibilizar aos alunos para estes irem realizando ao longo das sessões.

[1] (http://darwin.di.uminho.pt/robotica)

3) Conteúdos

O material disponibilizado incide sobre o bloco "Números e Operações - resolução de problemas envolvendo as operações de multiplicação e divisão". Os principais objectivos pedagógicos destas sessões serão os seguintes:

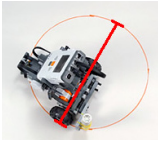
- Compreender o significado das operações da multiplicação e da divisão e como elas se relacionam entre si;
- Calcular fluentemente e fazer estimativas razoáveis no âmbito da multiplicação e da divisão;
- Descobrir, através da experimentação com robôs, relações de proporcionalidade entre várias medidas: distância percorrida, número de rotações da roda/ângulo, tempo;
- Definir um procedimento para converter entre si as diversas medidas, efectuando cálculos usando as operações de multiplicação e divisão;
- Prever o comportamento dos robôs por interpolação e extrapolação usando os procedimentos anteriores;
- Testar hipóteses a partir da experimentação, usando a construção e a programação de robôs.

Os exercícios propostos aos alunos exploram um conjunto de relações de proporcionalidade para cuja compreensão é necessária à resolução de diversos tipos de problemas de programação dos robôs. É usada a estratégia de promover a experimentação por parte dos alunos que motivem a inferência destas relações, promovendo o seu uso posterior para a resolução de problemas e a extrapolação que permite a previsão do comportamento do robô em diversas situações.

Como forma de exemplificar listam-se em seguida dois exercícios ilustrativos:

Exercício 1:
a) Vamos comparar as distâncias percorridas em cada tentativa feita pelos robôs. O robô deverá ser programado para andar em frente o tempo indicado com os motores a 50 rpm. Mede e anota a distância percorrida em cada caso.
b) Calcula em cada caso a divisão entre os valores da distância e do tempo. O que concluis?
c) Sem programar achas que podes adivinhar qual a distância que o robô percorreria se o programasses para andar em frente durante 7 segundos.
d) Verifica se a tua previsão está correcta fazendo o programa e testando-o.
e) Imagina agora que queres programar o teu robô para andar em frente um metro. Quanto tempo terias que colocar na programação do robô para executar isso? Verifica se a tua previsão está correcta fazendo o programa e testando-o.
f) Se tivesses que dar um nome à terceira coluna como lhe chamavas?

Exercício 15.
Agora vamos tentar programar o robô para ele fazer um círculo, rodando sobre si próprio.



a) Programa o robô para rodar sobre si próprio usando como medida as rotações. Experimenta com os valores de 1, 2 e 3 rotações. O que observas?
b) Mede a distância entre as duas rodas do teu robô.
c) Usando a medida anterior calcula o comprimento da circunferência que o robô fará se der uma volta completa sobre si próprio.
d) Mede o diâmetro das rodas do teu robô. Recorda como podes usar este valor para saber como programar o robô para andar uma distância que desejes.
e) Como podes programar o robô para dar uma volta completa sobre si próprio e parar logo de seguida.
f) E se quisesses que ele desse três voltas.

Este tipo de exercícios é complementado com actividades lúdicas, que promovem jogos entre os alunos usando as competências adquiridas. O seguinte exemplo ilustra esta estratégia:

Exercício 12. Vamos jogar a outro jogo. No chão da sala vamos definir um ponto e marcá-lo. A partir desse ponto vamos colocar fitas do mesmo comprimento (1m) e esticá-las em diferentes direcções. Cada equipa colocará o seu robô no extremo de uma das fitas. Cada equipa terá que programar o seu robô para que atinja com o máximo de precisão o ponto central da roda e se imobilize o mais próximo possível. Cada uma das equipas terá que programar com diferentes medidas: graus, segundos e rotações. Cada equipa recebe uma pontuação decrescente conforme a aproximação ao ponto central. As equipas vão alternando as medidas utilizadas.

4) Outros recursos: monitorização e avaliação da experiência

Para além dos materiais de planificação das sessões apresentados anteriormente, serão igualmente disponibilizados outros recursos que permitirão o melhor acompanhamento das sessões, nomeadamente: diários dos alunos para estes descreverem as suas experiências e grelhas de observação para os professores. Para uma avaliação mais cuidada da experiência serão ainda disponibilizados pré e pós-testes sobre as matérias trabalhadas. O professor poderá ainda analisar os ficheiros de programação dos alunos para perceber as estratégias cognitivas desenvolvidas no processo da resolução dos diversos problemas.

IV. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo descreve um conjunto de recursos que promovem a aplicação da Robótica Educativa como ferramenta pedagógica de eleição para a aprendizagem de conceitos matemáticos no Ensino Básico. Assim, pretende ser uma contribuição para o desenvolvimento de materiais pedagógicos na área emergente da RE, promovendo a sua utilização pelos professores na sala de aula. Por outro lado, pretende também oferecer alternativas às técnicas tradicionais no ensino da Matemática no EB, uma área onde os níveis de insucesso permanecem elevados.

Os recursos apresentados, bem como outros que estão a ser desenvolvidos e validados pela investigadora com crianças do 1º ciclo, serão disponibilizados num sítio web. Este trabalho insere-se também num contexto mais alargado de criação e disponibilização de recursos pedagógicos na área da RE que passam pela criação e dinamização de uma Wiki (http://darwin.di.uminho.pt/robotica) promovendo uma área que nos parece estratégica no âmbito das tecnologias educativas.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho teve apoio da Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT) através da Bolsa de Doutoramento com a referência SFRH/BD/36919/2007.

REFERÊNCIAS

[1] Johnson, J. (2003).Children, robotics and education. *Artificial Life & Robotics*, 7(1-2), 16-21

[2] Zapata, G. et al (). La Robótica Educativa como Herramienta de Apoyo Pedagógico. (URL:http://scholar.google.pt/scholar?q=LA+ROB%C3%93TICA+EDUCATIVA+COMO+HERRAMIENTA+DE+APOYO+PEDAG%C3%93GICO&hl=pt-PT&btnG=Pesquisar&lr=)

[3] Gura, M. & King, K. P. (Eds).(2007). Classroom Robotics. *Case stories of 21st Century Instruction for Millennial students.* Charlotte, NC: Information Age

[4] Beer, R.; Chiel, H. (1999). *Using autonomous robotics to teach science and engineering*. Commun. ACM 42, 6 (June 1999), 85-92.

[5] Hirst, A. et al. (2002). What is the Best Environment-Language for Teaching Robotics Using *Lego Mindstorms?* Disponível on-line a 03/10/2007 em: http://mcs.open.ac.uk/bp5/papers/AROB2002/2002-AROB-Hirst.pdf

[6] Ribeiro, C. (2006). RobôCarochinha: Um Estudo Qualitativo sobre a Robótica Educativa no 1º ciclo do Ensino Básico. Dissertação de Mestrado. Braga: Instituto de Educação e Psicologia da Universidade do Minho

[7] Portsmore, M.; Cyr, M.; Rogers, C. (2001). Integrating the Internet, LabView, and Lego Bricks into Modular Data Acquisition and Analysis Software for K-College. *Computers in Education Journal*, 11(2)

[8] Rogers C.; Portsmore, M. (2004). Bringing Engineering to Elementary School *Journal of STEM Education*, 5(3,4)

[9] Morin, E. (2006). Os sete saberes necessários a educação do futuro. São Paulo: Cortez,

[10] Castilho, M. I.(2002). Robótica na educação: com que objetivos?. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul

[11] Lau, K.W., Heng K. Tan, Benjamim, T.Ervin & Pavel Petrovic (1999). *Creative Learning in school with Lego® Programmable Robotics products*. Frontiers in education Conference, 1999. FIE'99.29th Annual, Vol.2, pp. 12d4/26-12d4/31

[12] Kantowski, M. G. (1981). Problen solving. In Fennema (Ed.), *Mathematics education* research: Implications for the 80's (pp. 111-126).

[13] Polya, G. (2003). *Como resolver problemas*. Lisboa: Gradiva.

[14] Gaulin, C. (2001). "Tendencias actuales de la resolución de problemas". Revista sigma, 19, 51-63

[15] Callejo, M. (1990). *La Resolución de problemas en un Club Matemático*. Madrid: Narcea

[16] Afonso, P. et al (2001). Os professores do 1º ciclo do ensino básico face à resolução de problemas. *ProfMat 2001: actas* (p. 211-220). Lisboa: APM.

[17] Jonassen, D. H. (2001). Learning to solve Problems. *A Handbook for designing Problem-solving Learning Environments*. Routledge: New York and London.

Sistema de Integração Moodle e Académicos

Ricardo Moura
Instituto Superior de Engenharia de Coimbra
IPC – Instituto Politécnico de Coimbra
Coimbra, Portugal
rmoura@iscac.pt

Jorge Bernardino
Instituto Superior de Engenharia de Coimbra
IPC – Instituto Politécnico de Coimbra
Coimbra, Portugal
jorge@isec.pt

Abstract—**Algumas instituições de ensino superior têm dificuldades em obter de forma integrada a informação que manipulam, uma vez que, em muitos casos, ainda funcionam com sistemas isolados e sem perspectivas de disponibilizarem serviços integrados. Neste contexto, a Arquitectura Orientada aos Serviços (SOA– Service Oriented Architecture) e em particular os Web Services, são abordagens possíveis para a integração de sistemas de informação através da implementação de serviços reutilizáveis e interoperáveis. Nas instituições de ensino superior a inexistência de integração entre os actuais sistemas de gestão académica e os sistemas de apoio ao ensino à distância representa um problema que tem como consequências a duplicação de dados e a falta de coerência da informação. Este trabalho contribui para a resolução de alguns destes problemas, implementando um modelo de integração dos dois sistemas utilizados em grande parte das instituições de ensino superior, o Moodle e o sistema de gestão académica. Através de Web Services, o modelo implementado permite que o Moodle obtenha, de forma automática, informação do sistema de gestão académica. Deste modo, contribuímos para uma redução significativa das tarefas de administração do sistema Moodle, aumentando a qualidade da informação que é fornecida aos utilizadores, poupando tempo, esforço e reduzindo o número de erros inerentes à execução de tarefas manuais e à manipulação da informação. Este trabalho também contribui de algum modo para o aumento da qualidade do ensino que é ministrado nas instituições de ensino superior porque liberta os docentes de algumas tarefas administrativas, o que lhes permite dedicar mais tempo à sua função principal e por outro lado também fornece aos alunos uma maior e melhor informação sobre os seus dados académicos.**

Keywords-Moodle; SiGES; Sistema de Gestão Académica; Web Services; SOA – Service Oriented Architecture

I. INTRODUÇÃO

A integração de Sistemas de Informação (SI) pode ser definida como a actividade que integra e harmoniza sistemas isolados com o objectivo de permitir a partilha de informação entre estes. A integração de sistemas foi sempre uma importante componente de qualquer SI. Com a popularidade que os ERP (Enterprise Resource Planning) tiveram nos anos 90, era suposto que estes resolvessem a necessidade da integração, mas na realidade agravaram o problema, uma vez que os ERP não conseguiram substituir todos os SI e houve a necessidade de os integrar com os SI já existentes [1].

À semelhança do que acontece com outras organizações, é comum encontrar nas instituições de ensino superior infra-estruturas de informação constituídas por vários sistemas cada um com o seu repositório de dados mas em que não existe qualquer partilha de dados entre estes. Deste modo é urgente olhar para os SI numa perspectiva integradora, procurando soluções que permitam aos sistemas actuais continuar a crescer aumentando a quantidade e a qualidade dos serviços prestados à comunidade. Contudo, isto não deve provocar um maior esforço financeiro ou humano, pelo contrário, deverá até permitir a redução de custos e também o aumento da produtividade. A criação e implementação de modelos que permitam a integração de sistemas, procurando optimizar todas as tarefas de gestão e aumentando a qualidade e consistência da informação existente, é uma preocupação premente, à qual o nosso trabalho pretende dar uma resposta satisfatória.

As instituições de ensino superior possuem sistemas de informação que permitem o registo e acompanhamento dos percursos académicos dos alunos e sistemas de apoio ao ensino à distância. Estes sistemas possuem os seus próprios repositórios de dados mas não os partilham entre si. Sendo certo que lidam com informação comum, as vantagens que obtemos na integração destes dois sistemas são muitas, como por exemplo o acesso da plataforma de ensino à distância aos planos curriculares existentes no sistema de gestão académica, passando pela inscrição dos alunos nas unidades curriculares e o acesso à distribuição de serviço docente. Sem dúvida que com o acesso a esta informação a gestão da plataforma de ensino à distância fica mais simplificada.

Na pesquisa realizada durante este trabalho e dos contactos realizados com algumas instituições de ensino superior não encontrámos quaisquer evidências da existência de um modelo de integração documentado, que permita a interoperabilidade da plataforma de ensino à distância Moodle (Modular Object Oriented Dynamic Learning Environment) com o sistema de gestão académica SiGES (Sistema Integrado de Gestão do Ensino Superior) e com possibilidade de integração com outros tipos de sistemas de gestão académica. Algumas instituições implementam mecanismos de integração mas não estão devidamente documentados e não contemplam especificamente o Moodle e soluções comerciais.

O objectivo primordial deste trabalho é desenvolver um modelo de integração da plataforma de ensino à distância, Moodle com o sistema de gestão académica SiGES através da utilização de uma arquitectura orientada aos serviços recorrendo à implementação de Web Services. Para validação do modelo implementado, este foi instalado num ambiente de testes com acesso à base de dados real de um sistema de gestão académica do Instituto Politécnico de Coimbra. O modelo de integração implementado permite assim integrar duas

plataformas que possuíam as suas bases de dados e não partilhavam qualquer informação entre si. Em resumo, as principais contribuições deste trabalho são as seguintes:

- Simplificação da tarefa de administração da plataforma de ensino à distância reduzindo significativamente o tempo despendido no processo de criação de unidades curriculares.
- Automatização do processo de associação de utilizadores às unidades curriculares. Todos os utilizadores, Docentes e Alunos, são associados às unidades curriculares em função da distribuição de serviço docente e das inscrições, respectivamente.
- Automatização de processos de sincronização que permitem manter coerente a informação existente na plataforma de ensino à distância com a informação existente no sistema de gestão académica.
- Criação automática dos utilizadores na plataforma de ensino à distância a partir da informação do utilizador existente no sistema de gestão académica.
- Disponibilização na plataforma de ensino à distância dos resultados da avaliação inseridos no sistema de gestão académica e disponibilização do calendário de avaliações.

Este artigo está estruturado como se segue. Na secção II é feita a caracterização do sistema Moodle e do sistema de Gestão Académica. A secção III apresenta o modelo de integração e a secção IV descreve a sua implementação num ambiente real de gestão académica. Por fim, na secção V são apresentadas as conclusões e proposto trabalho futuro.

II. Caracterização dos Sistemas a Integrar

As instituições de ensino superior possuem SI que suportam os serviços académicos prestados à comunidade discente e docente, serviços estes que, com mais ou menos funcionalidades, têm como principal objectivo gerir todo o percurso académico dos alunos. As instituições de ensino superior possuem também sistemas de apoio ao ensino à distância, mesmo que muitas vezes não sejam utilizados apenas para esse fim. Apesar da plataforma de ensino à distância utilizada para implementação do modelo ser o Moodle [2] e o sistema de gestão académica ser SiGES [3], o modelo proposto implementa mecanismos que permitem integrar o Moodle com qualquer sistema de gestão académica que possua o seu modelo de dados implementado num dos motores de base de dados: Oracle, MS SQL Server ou MySQL.

A. Moodle

O Moodle é um pacote de software livre baseado em princípios pedagógicos que permite aos educadores criar comunidades virtuais de aprendizagem, fazer a gestão da aprendizagem e do trabalho colaborativo. O Moodle é assim uma plataforma versátil, baseada na Web, adaptável a qualquer tipo de organização de cursos [4, 5]. A disponibilização de uma plataforma LMS (Learning Management System) como o Moodle, obriga não só à produção de conteúdos pedagogicamente adaptados como a um enorme esforço de gestão e organização da informação disponibilizada. A sua flexibilidade permite ainda adaptar a plataforma a qualquer cenário de aprendizagem [6].

O Moodle é caracterizado por uma divisão em blocos e módulos, tal como acontece na maioria dos portais para Web. Através desta arquitectura, novos módulos podem ser desenvolvidos de forma independente, disponibilizados e utilizados de acordo com as necessidades próprias de cada utilizador. Os módulos do Moodle podem ser descritos como subsistemas responsáveis por alguma actividade virtual ou pelo controlo administrativo.

O projecto Moodle, após dois anos de desenvolvimento, apresentou recentemente a versão 2.0 sendo já considerada a versão mais completa de sempre. Esta versão, incluída na terceira geração de plataformas de e-learning [7], apresenta no núcleo base do sistema, profundas alterações que procuram permitir a utilização das suas funções principais por sistemas externos, mantendo a flexibilidade e a segurança características deste sistema.

B. Sistema de Gestão Académica

O SiGES é um produto desenvolvido pela Digitalis, estando instalado em dezenas de instituições de ensino portuguesas [3]. Este sistema possui uma arquitectura cliente-servidor assente em plataforma integrada Oracle e IBM/Lotus. O sistema assenta num motor de base de dados Oracle, estando organizado em duas grandes áreas: Académica e de Recursos Humanos. A área Académica engloba as diversas aplicações que permitem a gestão do corpo discente (candidatos e alunos) e do corpo docente, do ponto de vista da gestão académica. A área dos Recursos Humanos centra-se na gestão dos docentes e funcionários, do ponto de vista da gestão de pessoal [3].

Independentemente do sistema de gestão académica utilizado, existem sempre um conjunto de funcionalidades comuns que passam pela gestão do percurso académico dos alunos, gestão dos planos curriculares, unidades curriculares, inscrições de alunos, avaliações, gestão do corpo docente e distribuição de serviço docente. Com base nestes pressupostos, o modelo de integração pode ser aplicado a qualquer sistema de gestão académica desde que o motor de base de dados seja um dos contemplados no modelo: MySQL, SQL Server ou Oracle.

III. Modelo de Integração

A. Necessidade de Integração

As instituições de ensino superior nos últimos anos têm-se empenhado na melhoria da qualidade e quantidade de serviços disponibilizados *online*. Grande parte dos sistemas de informação destas instituições foram crescendo mas de forma autónoma sem grandes preocupações de integração. Muitas vezes a integração fica-se pelos sistemas de autenticação e pouco mais. Existe por isso, uma necessidade e preocupação crescente em integrar serviços. Integrando sistemas e aplicações, os utilizadores podem usufruir dos serviços de forma centralizada, sem que para isso seja necessário alternar entre aplicações. A disponibilização de serviços *online* também permite reduzir a afluência de utilizadores aos serviços de atendimento presencial, libertando recursos humanos que podem ser usados para outras tarefas.

A integração de SI é um processo complexo que requer uma análise detalhada e um conhecimento profundo dos sistemas a integrar. A informação, os sistemas informáticos e

os processos organizacionais são três áreas complementares que devem ser coordenadas e ajustadas sob pena de não se adequarem à dinâmica da organização [8]. A proliferação de sistemas autónomos dentro da mesma instituição contribuem para um aumento significativo das tarefas de gestão, não só dos próprios sistemas como também da informação que cada um gere. Além disso, com sistemas autónomos facilmente se caminha para a existência de informação inconsistente em consequência dos sistemas necessitarem de trabalhar com a mesma informação replicada em vários sistemas. Informação incorrecta ou mesmo incompleta pode levar a instituição a tomar decisões erradas e com consequências irreversíveis. Todos os esforços de integração de sistemas procuram garantir consistência e qualidade da informação independentemente das tecnologias utilizadas e das aplicações envolvidas.

Com as dificuldades económicas que a grande maioria das instituições de ensino superior atravessam, a implementação de soluções que permitam a reutilização dos sistemas existentes e a integração destes com eventuais novas aquisições, é condição *sine qua non* para a evolução dos serviços disponibilizados à comunidade. Existe por isso, uma necessidade e preocupação crescente em integrar serviços. A integração de sistemas contribui para optimizar os recursos afectos à gestão das aplicações e aumentar a quantidade e a qualidade dos serviços disponibilizados *online*.

Neste caso particular, a integração do Moodle com o sistema de gestão académica apresenta um vasto conjunto de mais-valias. As tarefas de gestão do Moodle que envolvam criação de unidades curriculares, associação dos alunos e docentes às unidades curriculares, registo de utilizadores e outras funcionalidades com menos impacto, ficam simplificadas e a grande maioria passa a ser automática. Aparentemente tarefas simples, por exemplo a criação de unidades curriculares, são tarefas bastante morosas quando replicadas por várias unidades curriculares. É um processo que envolve o administrador da plataforma durante um longo período de tempo, que é variável em função do número de unidades curriculares que é necessário criar no início de cada ano, semestre ou trimestre lectivo. Através da integração dos dois sistemas algumas das tarefas que actualmente são realizadas rotineiramente pelo administrador da plataforma passam a ser realizadas de forma semi-automática ou mesmo automática. Por exemplo, a inscrição dos alunos às unidades curriculares e a associação dos docentes às unidades curriculares é efectuada de forma automática com base na informação existente no sistema de gestão académica.

B. Recurso a Web Services

A arquitectura orientada aos serviços é uma arquitectura de software que tem como princípio fundamental o desenvolvimento de aplicações cujas funcionalidades são implementadas em forma de serviço [9]. Existem muitas definições de SOA, por vezes contraditórias entre si e também um pouco confusas. Definir o SOA como um conjunto de serviços que comunicam entre si é a forma mais simples mas também a menos confusa. O serviço é um recurso abstracto que representa a capacidade para efectuar tarefas coerentes com um determinado objectivo, do ponto de vista da entidade que disponibiliza serviço e da entidade que o requisita.

Os Web Services são uma tecnologia que permite implementar uma arquitectura orientada ao serviço. O aspecto mais importante desta arquitectura é a separação da implementação do serviço da sua interface [10]. Estruturalmente, Web Service é um módulo com entradas e saídas de dados descritas através de WSDL, cujo acesso é efectuado através do protocolo SOAP utilizando a estrutura XML para organização das informações e também para a troca de dados. Este serviço pode ser registado através do protocolo UDDI, que fornece uma infra-estrutura que permite fixar definições de descrição (describing), descoberta (discovering) e integração de serviços Web [11].

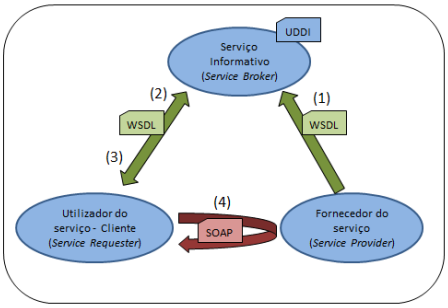


Figura 1. Arquitectura dos Web Services

A utilização de um Web Service é desenvolvida em quatro fases, conforme ilustrado na Figura 1:

(1) O fornecedor do servidor envia os descritores do serviço para o Service Broker para que este proceda à sua publicação.

(2) O cliente em conjunto com o service broker, procura identificar o serviço que melhor responde aos requisitos definidos pelo cliente.

(3) O service broker envia o serviço identificado para o cliente.

(4) O cliente negoceia com o fornecedor do serviço a utilização do serviço.

O SOAP é a linguagem do Web Service. Todas as mensagens dos Web Services são constituídas por uma estrutura XML que depois é colocada dentro do SOAP. O SOAP é semelhante a um envelope no qual as mensagens possuem uma estrutura conhecida e igual a todas as outras: cabeçalho com informação crítica sobre origem e destino da mensagem, e corpo da mensagem com informação necessária ao serviço. O WSDL é um documento XML com uma estrutura padrão definida pelo W3C na qual é descrito exactamente como o serviço funciona, quais as entradas e quais as saídas. Embora existam diferentes formas e tipos de registo dos serviços disponíveis para utilização, o directório UDDI é o padrão mais utilizado para registar um Web Service e disponibilizá-lo numa determinada rede. O UDDI permite identificar o serviço na rede e aceder ao documento WSDL, o qual disponibiliza toda a informação sobre o serviço.

Os Web Services apresentam um conjunto de vantagens, das quais podemos destacar as seguintes:

- Modularidade: serviços complexos podem ser construídos à base de serviços mais simples que em conjunto permitem fornecer serviços complexos.
- Escalabilidade: a utilização de Web Services permite a escalabilidade de serviços à custa da modularidade e interoperabilidade destes.
- Baixos custos de desenvolvimento: os Web Services permitem a integração de aplicações de forma simples e rápida.
- Reutilização de código: como os Web Services são pequenos blocos de software que cumprem com uma determinada função bastante específica, facilmente são reutilizados em outras aplicações que necessitem das mesmas funções.

Pela sua simplicidade de implementação e disponibilização, os Web Services são sem dúvida uma abordagem muito interessante para desenvolvimento de software para integração de plataformas e de sistemas diferentes.

C. Abordagem para Integração e Requisitos

Os sistemas a integrar são autónomos e funcionam sem qualquer nível de integração. Possuem o seu próprio sistema de gestão de base de dados, no caso do Moodle o motor de base de dados é o MySQL e no caso do SiGES é o Oracle 9i. Além do motor de base de dados ser diferente, a nível aplicacional são implementados com o recurso a tecnologias também diferentes.

O SiGES é um aplicação comercial cuja estrutura da base de dados não pode ser alterada nem o código acedido por terceiros. Os acessos de escrita à base de dados são limitados aos procedimentos e funções internas da própria aplicação sendo de todo desaconselhável escrever na base de dados sem o recurso a estes procedimentos. O Moodle por outro lado, é um sistema completamente aberto sendo o acesso ao código e à estrutura da base de dados facilitado a qualquer programador com conhecimentos em MySQL e PHP.

Considerando que estamos a integrar um sistema aberto com um sistema proprietário, cujo acesso aos dados só pode ser de leitura, a abordagem passará pela implementação de mecanismos que permitam ao Moodle aceder aos dados existentes no SiGES, acessos estes apenas de leitura. O objectivo é implementar um modelo de integração que funcione com o maior número de sistemas de gestão académica, e nesse sentido, contemplamos mecanismos que permitem a abstracção do modelo de dados existente no sistema de gestão académica bem como o sistema de gestão de base de dados que suporta esse modelo físico. Por outro lado, o modelo proposto implementa mecanismos que garantem a segurança dos dados acedidos no sistema de gestão académica.

Estas condicionantes e requisitos levaram-nos a incluir no modelo de integração um conjunto de Web Services que têm como principal objectivo proteger os dados disponibilizados no sistema de gestão académica. Considerando que o Moodle é disponibilizado a toda a comunidade académica, sendo inclusivamente na maioria das implementações disponibilizado na Internet, o acesso deste ao sistema de gestão académica tem de ser necessariamente controlado.

Por outro lado, considerando a possível heterogeneidade dos sistemas académicos e da sua estrutura de dados, foi necessário também incluir mecanismos no modelo de integração que permitissem mapear os dados do sistema de gestão académica com as necessidades do Moodle.

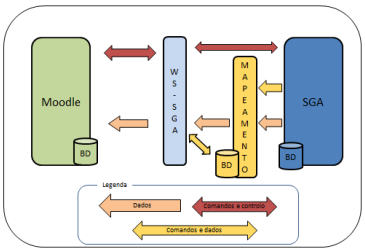


Figura 2. Modelo de integração implementado

A Figura 2 representa esquematicamente o modelo implementado no qual identificámos as seguintes componentes:

- Moodle - plataforma de e-learning;
- WS-SGA – Web Services de acesso ao sistema de gestão académica;
- Mapeamento - Plataforma de mapeamento do modelo de dados do sistema de gestão académica para o Moodle;
- SGA - Sistema de gestão académica.

O modelo implementado permite que a informação existente no Sistema de Gestão Académica (SGA) seja integrada no Moodle. O sistema de gestão de base de dados do SGA poderá ser MySQL, Oracle ou MS SQL Server, sendo a base de dados acedida através de funções implementadas em forma de Web Services e nunca directamente pelo Moodle.

A compatibilidade com vários modelos de dados e motores de base de dados é conseguida através da implementação de uma interface de gestão. Esta permite criar ligações para diferentes sistemas de gestão de base de dados e para cada uma destas ligações, definir o mapeamento entre os atributos do modelo de dados do sistema de gestão académica com os atributos necessários ao funcionamento das funcionalidades implementadas no Moodle. Nesta interface são assim identificados todos os atributos do modelo de dados do sistema de gestão académica com interesse para o Moodle e registados na base de dados para posterior utilização pelos Web Services.

A instalação do modelo de integração poderá implicar mudanças nas actuais instalações do Moodle e do sistema de gestão académica da instituição que o quiser adoptar. Para que seja avaliada e ponderada a utilização do modelo de integração em função do esforço necessário à compatibilização dos sistemas existentes, identificamos de seguida os requisitos para que o modelo de integração proposto seja implementado.

O modelo de integração envolve necessariamente os seguintes componentes já identificados: Moodle 2.0; Sistema de Gestão Académica; Web Services e Plataforma de mapeamento de dados.

O modelo de integração foi desenvolvido para o Moodle versão 2.0, não tendo sido testado para versões anteriores. De salientar que a versão 2.0 apresenta grandes alterações ao

núcleo principal do Moodle bem como na estrutura da base de dados, sendo a versão do Moodle mais avançada tecnologicamente, a actualização dos sistemas existentes para esta nova versão é de todo aconselhável. O processo de actualização poderá ser auxiliado com a informação disponibilizada no portal do Moodle [12].

O Moodle deverá ser o único sistema com acesso público, devendo as restantes componentes do modelo de integração estarem protegidas do acesso público directo. Só o Moodle deve ter permissão para aceder aos Web Services devendo qualquer outro acesso ser impedido, mesmo ao nível da infra-estrutura de rede. Os Web Services implementam mecanismos de segurança que permitem restringir a utilização dos serviços disponibilizados apenas a clientes devidamente autenticados, no entanto a segurança deste sistema deverá incluir restrições de acesso também ao nível da rede.

A interface de mapeamento dos dados do Moodle com o sistema de gestão académica deve igualmente ser acedida apenas pelo administrador do Moodle ou pelo administrador do sistema de gestão académica. Apenas os administradores das plataformas referidas podem ter acesso à interface uma vez que a sua parametrização implica conhecer o modelo de dados do sistema académico e o funcionamento do Moodle.

Os Web Services e a interface de mapeamento podem partilhar o mesmo sistema físico uma vez que estas duas componentes foram desenvolvidas utilizando a mesma linguagem de programação. Os Web Services e a interface de mapeamento devem aceder à base de dados que implementa o modelo de dados do sistema de gestão académica. Só desta forma é possível fazer o mapeamento de dados e fornecer os dados necessários ao Moodle. Os mecanismos de segurança devem garantir a protecção da máquina, onde está a base de dados do sistema académico, de acessos indevidos. No entanto, estes mecanismos também devem possibilitar a comunicação entre os Web Services, a interface de mapeamento e a referida base de dados. As políticas e mecanismos de segurança a implementar são da responsabilidade do gestor da rede e dos sistemas, pelo que não é nosso objectivo fazer tal especificação no âmbito do nosso trabalho. Partilhado pelos dois sistemas a integrar, Moodle e sistema de gestão académica, deve existir um sistema de autenticação único, o qual deve permitir que os utilizadores sejam identificados da mesma forma nos dois sistemas, garantindo a unicidade do utilizador.

O sistema de gestão académica além de associar a cada utilizador um *username* comum ao sistema de autenticação e ao Moodle, deverá ainda associar um número ou código que permita diferenciar o utilizador de todos os restantes. O Moodle deverá igualmente conhecer para cada utilizador o número ou código correspondente para que os mecanismos de integração funcionem.

Ainda nos requisitos de integração, o mapeamento de dados entre os sistemas deverá ser obtido através da criação de *views* no sistema de gestão académica. Esta abordagem permite não só proteger os dados académicos mas também proceder à sua agregação em função das necessidades do Moodle.

IV. Implementação

Considerando que o Moodle está implementado em PHP e que procuramos desenvolver Web Services em tecnologias economicamente vantajosas, sendo condição que a sua utilização não implique qualquer tipo de licenciamento, optou-se pelo PHP como linguagem de programação.

Para facilitar a implementação dos Web Services, recorremos igualmente à utilização de uma framework, também desenvolvida em PHP, designada por NuSOAP. Esta framework é disponibilizada pela NuSphere [13], sendo a implementação compatível com a versão 5.3.0 do PHP [14], versão utilizada na implementação do modelo de integração.

As funcionalidades incluídas no modelo permitem obter do sistema de gestão académica toda a informação necessária à:

- Criação de utilizadores;
- Criação de cursos;
- Criação de unidades curriculares;
- Associação de utilizadores às unidades curriculares;
- Importação do calendário de avaliações.

A compatibilidade do modelo de integração com vários modelos de dados do sistema de gestão académica é conseguida através da implementação de uma interface que permite fazer o mapeamento de dados do sistema académico com os dados necessários ao Moodle. Esta plataforma de mapeamento justifica-se pela necessidade de compatibilizar o modelo de integração com diferentes sistemas de gestão académica. Desconhecendo à partida o modelo de dados existente do lado do sistema académico, será necessário definir um conjunto de vistas necessárias ao funcionamento da plataforma de mapeamento e aos Web Services, na medida em que estes utilizam os dados recolhidos nesta plataforma para aceder aos dados disponibilizados no sistema académico. Com base nas vistas criadas é possível agregar os dados de que o Moodle necessita e na plataforma de mapeamento de dados, fazer a ligação deste ao sistema académico.

O modelo de integração desenvolvido contempla, além da plataforma de mapeamento dados, a implementação de um conjunto de Web Services que, através da informação indicada no mapeamento de dados, acedem à base de dados do sistema académico e obtém os dados necessários às funcionalidades implementadas no Moodle. Através da informação de mapeamento, os Web Services constroem os comandos SQL a executar sobre a base de dados e devolvem o resultado da sua execução para a função de onde foram chamados. A informação indicada no mapeamento de dados é assim essencial e dela depende o correcto funcionamento dos Web Services e das funcionalidades implementadas no Moodle.

No âmbito do trabalho desenvolvido, os Web Services tem como principal função a interoperabilidade entre o Moodle e o sistema de gestão académica. Sendo único o elemento de ligação com o sistema académico, houve necessidade de implementar alguns mecanismos de segurança para prevenir o acesso indevido aos serviços. Todos os serviços recebem uma estrutura de dados a qual inclui obrigatoriamente, além dos dados necessários ao cumprimento do objectivo para o qual o serviço foi criado, três parâmetros obrigatórios: *username*,

password e *clientip*. Estes três parâmetros garantem dois níveis de segurança: autenticação do utilizador e autorização da máquina que acede ao serviço. A password é encriptada utilizando a função *MD5* do PHP antes de ser colocada na estrutura de dados de entrada do Web Service.

A forma mais simples de adicionar funcionalidades ao Moodle é através da criação de Plugins os quais podem ser de diferentes tipos [15]. O recurso ao desenvolvimento de blocos no Moodle para implementação de novas funcionalidades tem a vantagem não só de permitir que estas sejam perfeitamente integradas no seu ambiente de trabalho, como também permite a reutilização de código. Por exemplo, e muito importante é a possibilidade de recurso a funções implementadas no núcleo do Moodle e que através da integração ficam disponíveis para utilização nos blocos, uma vez que estes podem herdar do Moodle todas as variáveis, constantes e funções.

Em síntese, foram implementados três blocos no Moodle que utilizam os *Web Service* para aceder aos dados da base de dados do sistema de gestão académica. Os blocos foram implementados respeitando as regras definidas para o efeito pela comunidade Moodle, sendo possível assim a sua disponibilização em qualquer instalação do Moodle 2.0. As funcionalidades implementadas nos blocos partilham um mesmo ficheiro de configuração e uma biblioteca que inclui todas as funções implementadas no âmbito deste trabalho, além disso, utilizam um vasto conjunto de funções do próprio núcleo do Moodle. A utilização de funções desenvolvidas no Moodle permite aumentar o nível de compatibilidade com versões futuras bem como reduzir a existência de erros de programação uma vez que estas funções, estando já implementadas no Moodle, necessariamente já passaram pelo controlo de qualidade da equipa que mantém o projecto e verifica todo o código que é produzido e incorporado na plataforma.

V. CONCLUSÕES E TRABALHO FUTURO

Neste trabalho apresentámos um modelo de interoperabilidade que permite a comunicação do Moodle não apenas com o SiGES, que é o sistema comercial mais utilizado a nível nacional, mas também com qualquer outro sistema de gestão académica, naturalmente mediante algumas condicionantes, nomeadamente de estrutura de dados e de motor de base de dados. O modelo proposto inclui a implementação de funcionalidades que foram identificadas como mais prementes e com maior impacto nos utilizadores, podendo posteriormente evoluir para novas funcionalidades, tendo sido utilizadas tecnologias que não implicam qualquer tipo de custos de licenciamento. Foi também preocupação nossa utilizar tecnologias próximas das já existentes, nomeadamente das utilizadas no Moodle, facilitando assim a integração de novas funcionalidades nesta plataforma.

No caso das alterações no Moodle, minimizámos a utilização de funções implementadas por nós com elevada dependência das funcionalidades pretendidas. O recurso a funções do núcleo do Moodle associado ao facto de implementarmos o nosso modelo de integração na versão mais recente do Moodle, faz com que, do nosso ponto de vista, as futuras alterações no Moodle não tenham impacto nos blocos implementados. As possíveis alterações à estrutura de dados do sistema de gestão académica também não serão um problema, pois a plataforma intermédia de mapeamento de dados permite que, desde que sejam criadas as *views* necessárias com a estrutura pretendida do lado do sistema académico, o modelo funciona sem qualquer dependência do modelo de dados deste.

Consideramos assim, que o modelo implementado reúne todas as condições para ter sucesso em qualquer instituição de ensino superior que utilize o Moodle e que pretenda o nível de integração proposto. Em termos práticos, a interoperabilidade proposta permite libertar os administradores do Moodle da árdua tarefa de no início de cada período lectivo terem de criar todas as unidades curriculares e repercutir no Moodle toda a distribuição de serviço docente. Além disso, os mecanismos de sincronização implementados permitem manter actualizada toda a informação referente à associação dos utilizadores do Moodle às unidades curriculares e ao calendário de cada unidade curricular, no que concerne aos momentos de avaliação inseridos no sistema académico. Com o modelo proposto todas as alterações realizadas no sistema de gestão académica nas áreas contempladas são repercutidas directamente no Moodle sem intervenção do administrador.

Como trabalho futuro propomos aumentar o nível de interoperabilidade do Moodle com o sistema académico. É nosso objectivo continuar o trabalho agora desenvolvido, implementando outros mecanismos de segurança e fazendo com que a comunicação entre o Moodle e o Web Service seja realizada sobre um canal seguro de comunicação.

REFERÊNCIAS

[1] Vasconcelos, A., da Silva, M.M., Fernandes, A. and Tribolet, J.(2004). An information system architectural framework for enterprise application integration. Proc. of 37th Annual Hawaii Int. Conference.

[2] Moodle, http://moodle.org

[3] SiGES, http://www.digitalis.pt/index.php/produtos/siges

[4] Zenha-Rela, M. and Carvalho, R. (2006). Work in Progress: Self Evaluation Through Monitored Peer Review Using the Moodle Platform. 36th ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference.

[5] Al-Ajlan, A. and Zedan, H. (2008). Why Moodle. Future Trends of Distributed Computing Systems FTDCS'08. 12th IEEE International Workshop on 21-23 Oct. 2008, 58-64.

[6] Wu, B. And Cheng, G. (2007). Moodle – the Fingertip Art for Carrying out Distance Education. Education Technology and Computer Sciencem 2009. ETCS '09. First Int. Workshop on 7-8 March 2009, 927-929.

[7] Dagger, D., O'Connor, A., Lawless, S., Walsh, E., Wade, V.P. (2007). Service-Oriented E-Learning Platforms – From Monolithic Systems to Flexible Services. IEEE Internet Computing, Vol.11 nº3, 28-35.

[8] Martins, Victor M. M. (2006). Integração de sistemas de informação: perspectivas, normas e abordagens. Ed. Sílabo, ISBN 972-618-426-6

[9] Josuttis, N. M. (2007) SOA in Practice-The Art of Distributed System Design. O'Reilly Media.

[10] Valipour, M.H., Maleki, K.N. and Daneshpour, N. (2009). A brief survey of software architecture concepts and service oriented architecture. ICCSIT - IEEE International Conference, 34 – 38.

[11] OASIS. UDDI Spec Technical Committee Draft. Disponível em: http://uddi.org/pubs/uddi_v3.htm. Acedido em 18 de Fevereiro de 2011

[12] Novas funcionalidades e instalação do Moodle 2.0, http://docs.moodle.org/en/Upgrading_to_Moodle_2.0

[13] Nusphere, http://www.nusphere.com/

[14] Download do PHP, http://pt.php.net/downloads.php

[15] Tipos de Plugins que podem ser desenvolvidos para o Moodle, http://docs.moodle.org/en/Development#How_you_can_contribute

Multi-Agent System for Personalization of Location-based Services

Valter Silva
ISEP
Porto, Portugal
valter.carvalhosilva@gmail.com

Benedita Malheiro
ISEP, DEE and LIACC, NIAD&R
Porto, Portugal
mbm@isep.ipp.pt

Abstract — **The current ubiquitous network access and increase in network bandwidth are driving the sales of mobile location-aware user devices and, consequently, the development of context-aware applications, namely location-based services. The goal of this project is to provide consumers of location-based services with a richer end-user experience by means of service composition, personalization, device adaptation and continuity of service. Our approach relies on a multi-agent system composed of proxy agents that act as mediators and providers of personalization meta-services, device adaptation and continuity of service for consumers of pre-existing location-based services. These proxy agents, which have Web services interfaces to ensure a high level of interoperability, perform service composition and take in consideration the preferences of the users, the limitations of the user devices, making the usage of different types of devices seamless for the end-user. To validate and evaluate the performance of this approach, use cases were defined, tests were conducted and results gathered which demonstrated that the initial goals were successfully fulfilled.**

Keywords: Agents; Multi-agent System; JADE; WSIG, Web Services; Location-based services

I. Introduction

Nowadays, network-connect devices include not only the standard workstations, desktops and laptops, but also an exponentially growing number of mobile devices, such as mobile phones, smartphones, tablets and PDAs. This latter group took programming into the anytime, anywhere realm, allowing for context awareness and, consequently, fostering the development of user-centric applications intended for regular consumers, *i.e.*, that must provide friendly, simple and seamless user interaction experiences. Additionally, the users should be able to use services with minimum interruption even when changing devices [1].

A current trend is to develop integration or composition services from finer grained counterparts, requiring a high level of interoperability between the heterogeneous pre-existing components. In this scenario, the Web services technology plays a key role by guaranteeing interoperability and, thus, transforming the Web into a service-oriented architecture.

Finally, to allow for service composition, service personalization, continuity of service, device adaptation and data reuse, the agent-based computing paradigm was adopted. In this context, a proxy agent will be created for each successfully authenticated end-user with the sole goal of acting on his behalf, liberating the end-user from tedious device dependent (re)configuration tasks, repeated service selection and specification of user preferences, performing service composition and promoting data reuse whenever possible.

II. Background

Several slightly different definitions of agency can be found in the literature. IBM provides a definition fitting our concept: an agent is "a software entity that fulfils a set of instructions on behalf of a user or a program with a degree of independence or autonomy that has some knowledge or representation of the desires and objectives of that user" [2].

On the other hand, a Multi-Agent System (MAS) can be defined as a computational system consisting of two or more agents where each agent works or interacts with other agents in a cooperative, competitive or independent way in order to achieve his own objectives. In our case, the agents act independently as proxies of end-users.

In the last years, agent technology has proved to be a reliable solution for multiple domains including location dependent solutions such as tourism related applications [3]. Turist@ [3], for example, is a multi-agent system focused on the intelligent personalized proactive recommendation of cultural activities based on the user location, obtained via GSM technology, and on the user profile, which is inferred from the user preferences. The Multi-Agent Tourism System (MATS) [4] is another MAS that allows users to make touristic information searches, reservations and plan the activities for a given day.

Our approach, like Turist@, builds and maintains user profiles based on preferences and obtains the user geo-context (user location) via GNSS technology, which provides better accuracy than GSM technology. Furthermore, while in Turist@ and MATS services can only be accessed through mobile devices (mobile phones or PDAs), in our case, services can be consumed from both from mobile and fixed devices.

A. Multi-Agent Development Platform

Several frameworks have been developed for creating and deploying agents. Open source solutions include, among others, JADE, Jini or JASON. The Java Agent DEvelopment Framework (JADE) [5] envisages the creation of interoperable

intelligent multi-agent systems by supporting the development of agents compliant with the Foundation of Intelligent Physical Agents (FIPA) specifications [6]. Jini [7] proposes a service-oriented architecture approach for developing distributed systems in Java. JASON is an open source platform for the development of agents that adopt the Belief-Desire-Intention (BDI) model of agency [8]. On the commercial side, JACK [9] is presented as a high performance platform for the development of commercial, industrial and research multi-agent systems [10].

In order to choose the multi-agent system development platform, a comparative study between JADE, Jini, JASON and Jack was carried out. This study is presented in [11] and took into account the following criteria:

- Easiness of agent creation, which is quantified in terms of availability of Application Programmable Interfaces (API) providing an internal model for agents and protocols for inter-agent communication;
- Provision of standard support services for multi-agent systems, *e.g.*, naming and yellow pages services;
- Compatibility and portability, *i.e.*, compliance with existing agent standards, *e.g.*, the Foundation of Intelligent Physical Agents (FIPA) specifications, platform independence and software requirements, *e.g.*, the installation of the Java Virtual Machine (JVM) or Dynamic-Link Libraries (DLL);
- Existence of development support information and documentation, *i.e.*, user manuals, discussion forums, *etc.*

This study led us to select the JADE framework. Not only it is one of the most popular platforms [12], but it also provides all standard support services, is FIPA compliant, offers good documentation and support and enables the integration between agents and Web services [6]. Both Turist@ and MATS were developed in JADE and use LEAP, a JADE add-on, to implement agents for mobile devices. We rely on the WSIG add-on to transform agent functionalities into Web services.

JADE is a platform for development of MAS, compliant with the FIPA specifications and entirely developed in Java [13]. Actually, JADE is a middleware that facilitates the creation, debugging and management of agents as well as inter-agent communication. The agent platform can be distributed across multiple machines (independently of the underlying hardware and operating system) and its configuration can be controlled through a single remote graphical user interface (GUI). Agents can modify the platform's configuration and migrate between machines whenever necessary during run-time. Since JADE is completely implemented in Java, it only requires the pre-installation of the Java Virtual Machine (JVM). This framework is based on the interoperability, uniformity, portability, easiness to use and configure as needed principles.

In terms of architectural model, JADE includes the libraries required to develop application agents and, in terms of run-time environment, provides the standard support services for running agents. Each instance of the JADE runtime is called a container, since it "contains" agents. The set of all containers is called a platform and provides a homogeneous layer that hides, both to the agents and to the application developers, the complexity and diversity of the underlying layers, *e.g.*, the various types of network interfaces and protocols or operating systems.

B. Web Service

A Web service is, as defined by the World Wide Web Consortium (W3C), "a software system designed to support interoperable machine-to-machine interaction over a network. It has an interface described in a machine-processable format, specifically Web Services Description Language (WSDL). Other systems interact with the Web service in a manner prescribed by its description using SOAP messages, typically conveyed using HTTP with an eXtensible Markup Language (XML) serialization in conjunction with other Web-related standards" [14].

Web services are intended to be consumed by other applications and not directly by humans. They are based on open and standard protocols, *i.e.* are independent of operating systems, platforms and development languages, are self-describing (WSDL) and can be discovered in Universal Description Discovery and Integration (UDDI) repositories.

One of the main features of this new paradigm is the notion that any existing functionality can be viewed as a Web service and, consequently, for the sake of interoperability, should have a published interface and communicate through standard messages. These services can be implemented on any platform and programming language since they will produce and consume the messages defined in the published interfaces. As long as the interface remains unchanged, it is possible to update and modify any internal functionality without affecting the client applications.

C. Web Service Interface

Another requirement of this project is that services must be provided through a Web service interface. There are three options to integrate JADE agents and Web services:

- Web Service Agent Integration (WSAI) project – allows JADE agents to be seen as a Web services;
- WSDL2AGENT tool – creates, after analyzing the WSDL file of any Web service, a proxy agent that is able to accept agent requests, invoke the Web service, and sends the results back to the client agent;
- Web Service Integration Gateway (WSIG) add-on – exposes the services of agents published in the JADE Directory Facilitator (DF) Agent as Web Services with a minimal additional effort.

The choice fell on the WSIG add-on based on the following reasons: (*i*) the WSAI project has been deactivated; and (*ii*) WSIG implements the full stack of the Web services standard and turns agents into Web services in an elegant way for the programmer.

The WSIG supports the standard Web services stack, consisting of WSDL for service description, SOAP message transport and UDDI interaction for publishing Web services

[15]. This add-on is composed of two main elements: (*i*) the WSIG Servlet, which is the communication front-end, *i.e.*, is responsible for processing incoming and outgoing SOAP messages; and (*ii*) the WSIG Agent, which interacts closely both with the WSIG Servlet and the JADE agents, forwarding the received action requests from the WSIG Servlet to the appropriate JADE agents and the action results from the JADE agents to the WSIG Servlet, respectively.

The WSIG requires the previous installation of Apache Axis, which is an open source Java platform for creating and deploying Web services applications, and, optionally, of Apache Tomcat that is an open source applications server implementing Java Servlet and JavaServer Pages technologies.

III. Development

The development of the proxy server (MAS) and client applications, both for fixed (desktop/laptop) and mobile personal devices, was based on open source solutions: J2SE, J2ME, NetBeans, JADE, the WSIG add-on, Apache Tomcat, Apache Axis, the MySQL database server and the eSpeak speech synthesizer.

A. Architecture

Figure 1. presents an overview of the system architecture. This distributed architecture is structured in three main blocks which model the pre-existing services, the proxy MAS server and the client applications. Our contribution is located on the last two blocks. The three blocks encapsulate the following system entities:

- Data Sources – the pre-existing location-based services;
- Multi-agent System – the proxy agents that, on one hand, expose the meta-services to the client applications trough Web service interfaces and, on the other hand, interact with the data sources. Additionally, the MAS maintains the information required to provide the intermediary meta-services (service composition, personalization, continuity of service and device adaption) in a database;
- Client Applications – the developed end-user applications that consume the available Web services.

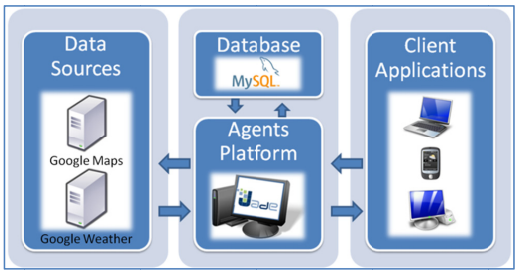


Figure 1. Conceptual diagram of the architecture

The data sources consist of following location-based Google services:

- Geocoding Service: used to translate addresses to geographic coordinates;
- Reverse Geocoding Service: used to translate geographic coordinates into addresses;
- Directions Service: used to get the different directions between two locations;
- Weather Service: used to get weather information for a location.

The proxy agents perform service composition and reuse maps when providing Navigation and Tracking services, which are composite services based on the Geocoding, Reverse Geocoding and Directions Google services. Map reuse occurs whenever the Tracking Service is selected: the follower and the followed share the same map.

The MAS proxy server module, which is supported by the JADE agent platform and MySQL, an open source database server, provides end-users with the full suite of services: composition, mediation, continuity of service, device adaption and customization.

The client applications, which are the end-users system interface, include fixed and mobile client applications. In the case of mobile platforms, the client application is a J2ME MIDlet and, in the case of desktop or laptop platforms, it is a J2SE Applet, which is accessed via the user browser. In the latter case, the initial Web page and Applet are served by Apache Tomcat.

B. Functionalities

The client applications offer, not only, access to location-based meta-services, but also a set of additional functionalities intended to maintain the user preferences and provide continuity of service and device adaption. The user interface includes graphical, voice and text modes. Figure 2. shows the MIDlet user interface.

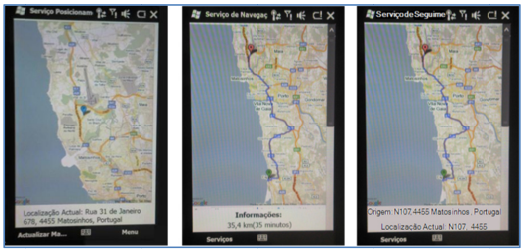


Figure 2. Mobile client application: MIDlet user interface

Figure 3. presents the Applet user interface.

The available functionalities include: (*i*) a Authentication Service; (*ii*) a Positioning Service, which provides information about the location of a client; (*iii*) a Navigation Service, which delivers information about destination, current location and a route between these two places; (*iv*) a Tracking Service, which allows tracking any connected client that is navigating; (*v*) a Weather Service, which delivers Weather information of a specified location; (*vi*) a Differential GPS (DGPS) service,

which receives DGPS information; (*vii*) a User Profile Service, which allows the user to change his own service preferences; and (*viii*) a Add User Service, to add new users.

The Navigation and Tracking composite services have been optimised to request as few maps as possible: all maps are reused until the user reaches a pre-defined margin and, in tracking mode, follower and followed share the same map.

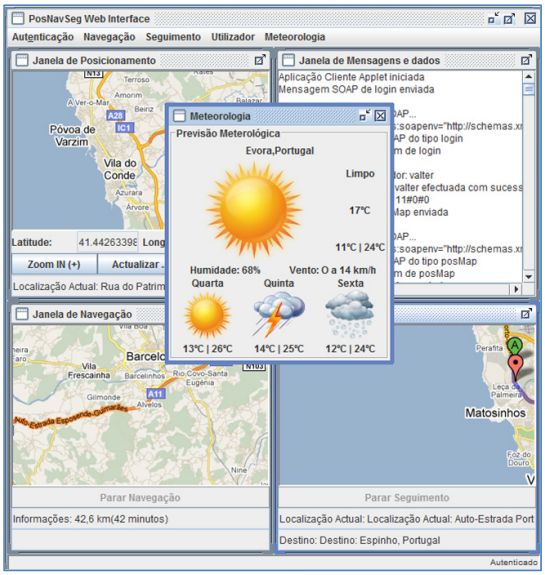


Figure 3. Fixed client application: Applet user interface

The personalization, device adaption and continuity of service are achieved by defining and maintaining a permanent data structure holding the relevant parameters. Personalization is based on the expressed user preferences that include the selected *service* (Positioning, Navigation, Tracking or Weather) and *interface modes* (text and/or voice). Device adaption is based on the *type* and *screen size* of the device.

C. Application Level Protocol

For the communication between client and server modules, we defined an application level protocol specifying the SOAP messages that are exchanged over HTTP via the Web service interfaces. The lists of operations presented in TABLE I. correspond to the collection of SOAP messages implemented.

TABLE I. LIST OF IMPLEMENTED OPERATIONS

Operations	Operations Parameters		Description
	Name	***Data type***	
login	user	String	Method for authenticating a client and creating the agent of that user
	pass	String	
	dev	String	
addUser	user	String	Method for creating a new user
	newUser	String	
	pass	String	
	level	int	
	servicesIntRef	String	
changeUser	cliId	int	Method to modify the data of a user
	newUser	String	
	pass	String	
	level	int	
pref	cliId	int	Method for updating the user preferences
	servicesIntRef	String	
posMap	latMarker	String	Method for using the Positioning Service, returns graphical and textual information
	lngMarker	String	
	zoom	int	
posText	latMarker	String	Method for using the Positioning Service, returns textual information only
	lngMarker	String	
prepareNav	cliId	int	Method to get the destinations found taking into account the specified location
	destination	String	
navMap	user	String	Method for using the Navigation Service, returns graphical and textual information
	origin	String	
	destination	String	
navUpdate Map	routeInfo	String	Method to request a Navigation Service update
	latMarker	String	
	lngMarker	String	
navText	origin	String	Method for using the Navigation Service, returns textual information only
	destination	String	
navUpdate Text	routeInfo	String	Method to request a Navigation Service update
	latMarker	String	
	lngMarker	String	
navStop	cliId	int	Method to stop the Navigation Service
	routeInfo	String	
followUsers	user	String	Method to discover users using the Navigation Service
followMap	cliIdFol	int	Method for using the Tracking Service, returns graphical and textual information
	user	String	
followUpdate	routeInfo	int	Method to request a Tracking Service update
followText	cliIdFol	int	Method for using the Tracking Service, returns textual information only
	user	Stting	
followUpdate Text	routeInfo	int	Method to request a Tracking Service update
followStop	routeInfo	int	Method to stop the Tracking Service
	user	Stting	
tts	type	String	Method to create voice instructions
	text	String	
meteo	destination	String	Method to stop the Weather Service
logout	cliId	int	Method to terminate the agent of an authenticated user

Each time there is a successful end-user authentication, a dedicated proxy agent is automatically launched at the JADE platform. This agent is then responsible for providing the user, via the Web service interface, the implemented meta-services: service composition, continuity of service (the provided service is, by default, the previously used *service*), personalization (user selected *interface modes*) and device adaptation (interface *size* and *type* of device in use).

IV. EVALUATION

A set of tests was performed to evaluate the fulfilment of the initial objectives. The focus was set on two essential performance related indicators: response time and network traffic.

The tests were carried out in a public environment. The multi-agent system and the Applet code were installed on a standard personal laptop platform and the MIDlet application was installed on a smartphone (HTC Touch Diamond2). No

tests were carried out in a production environment, since this would imply the acquisition of several devices to distribute among users.

The Navigation Service and Tracking Service tests were performed on a route of approximately 30 km and included 45 *NavUpdateMap* request operations. All tests assume that the user authentication was successful.

A. Response Time

Time is a critical factor. In particular, in the case of user centric applications, it dictates success or failure. For this reason, tests were conducted to determine the response time of the location-based services offered for both fixed and mobile client applications. The overall service time values presented are the sum of the duration of several tasks/operations involved in the provision of each service.

1) Fixed Devices

The response time values presented in TABLE II. results from service requests originated from fixed clients and incorporate the following contributions:

- Positioning Service uses 76 % of the total time to obtain the answer message, 7 % in message processing and the remaining 17 % in displaying the information;
- Navigation Service consumes 1 % of the total time in the *prepareNav* operation, 3 % in the *navMap* operation, 95 % in the *navUpdateMap* operation and the remaining 1 % in the *navStop* operation;
- Tracking Service spends 1 % of the total time in the *followUsers* operation, 3 % in the *followMap* operation, 95 % in the *followUpdateMap* operation and the remaining 1 % in the *followStop* operation;
- Weather Service consumes 84 % of the total time to obtain the response message, 12 % in message processing and the remaining 4 % in displaying the information.

TABLE II. RESPONSE TIME WITH FIXED DEVICES

Services	Time		
	Minimum	***Average***	***Maximum***
Positioning Service	1.05 s	1.89 s	3.74 s
Navigation Service[1]	28.83 min	30.29 min	31.76 min
Tracking Service[1]	28.93 min	28.97 min	29.01 min
Weather Service	0.23 s	0.37 s	0.70 s

2) Mobile Devices

The response time results presented in TABLE III. correspond to service requests issued from mobile devices and include the following contributions:

- Positioning Service uses 48 % of the total time to get a response message, 51 % in message processing and the remaining 1 % in displaying the information;
- Navigation Service spends 1 % of the total time in the *prepareNav* operation, 3 % in the *navMap* operation, 95 % in the *navUpdateMap* operation and the remaining 1 % in the *navStop* operation;
- Tracking Service uses 1 % of the total time in the *followUsers* operation, 3 % in the *followMap* operation, 95 % in the *followUpdateMap* operation and the remaining 1 % in the *followStop* operation;
- Weather Service consumes 34 % of the total time to get the response message, 32 % in message processing and the remaining 34 % in displaying the information

TABLE III. RESPONSE TIME WITH MOBILE DEVICES

Services	Time		
	Minimum	***Average***	***Maximum***
Positioning Service	6.16 s	7.07 s	8.48 s
Navigation Service[1]	28.22 min	28.62 min	29.01 min
Tracking Service[1]	28.93 min	28.97 min	29.01 min
Weather Service	1.26 s	1.71 s	2.19 s

The comparison between the results of TABLE II. and TABLE III. show that mobile clients are considerably slower in straightforward requests such as a Positioning Service or a Weather Service request. However, in the case of the Navigation and Tracking services, this difference fades and the overall response time is identical for fixed and mobile clients. This means that our approach is particularly well suited for providing a seamless personalised tracking and navigation experience.

B. Network Traffic

The quantity of information exchanged between modules is another relevant system feature. On one hand, the traffic generated may have a financial impact on users, particularly for mobile users, and, on the other hand, in a scenario involving a large number of users, the amount of information consumed by the client applications may affect the overall system performance. Therefore, tests were made to quantify the traffic generated by the server module when one client is connected both during download and upload. TABLE IV. summarizes the results obtained.

TABLE IV. REQUESTED DATA

Services	**Data** (KiB[2])		
	Minimum	***Average***	***Maximum***
Positioning Service	130.0	178.0	270.0
Navigation and Tracking Service[1]	11 611.3	11 781.1	11 951.1
Weather Service	4.1	4.6	5.0

Depending on the service, the generated traffic has the following contributions:

- Positioning Service produces 41 % of the traffic during download and the remaining 59 % in upload;
- Navigation and Tracking Services generate 15 % of the traffic during download and the remaining 85 % in upload;

[1] Tests conducted for a route of approximately 30 km.

[2] 1 KiB = 1024 B

- Weather Service creates 70 % of the traffic during download and the remaining 30 % in upload.

As expected, the Navigation and Tracking services are data intensive: a route of approximately 30 km, which included 45 *NavUpdateMap* request operations, generates in average 11.8 MiB[3] of data. The Positioning Service, which involves obtaining just one map, generates in average 178 KiB of data. Finally, a Weather Service request generates in average just 4.6 KiB of data (no maps are transferred).

V. CONCLUSIONS

The agent-based proxy service performs service composition and provides the end-user with a continuity of service experience and seamless device adaption by taking into account the individual user preferences and limitations of each device.

The developed client applications provide access to Positioning, Navigation, Tracking and Weather services via an user-friendly interface including graphical components, text and voice (Navigation) both for mobile and traditional devices.

The JADE platform together with the WSIG add-on ensures platform independence and interoperability. Additionally, JADE allows scaling-up by means of platform migration, which could be an important feature.

The MySQL database holds the relevant system information: the user credentials for authentication; the user preferences for personalization and continuity of service; and device characteristics for device adaption.

To validate and evaluate the features implemented different use cases and usage scenarios were identified. A set of tests was performed to demonstrate the provision of personalized location-based services and to analyze the response time and traffic generated. As expected, the traffic depends largely on the selected service, *i.e.*, if it involves or not map requests. Navigation and Tracking, which are map intensive services, are parsimonious due to the map reuse and sharing mechanisms implemented: a route of 30 km requested 45 different maps. Additionally, the response time tests showed that the implemented Navigation and Tracking services have, due to their nature, identical response times both for fixed and mobile devices.

This approach relies exclusively on open source technologies and, as such, can be replicated and used together with any fixed or mobile devices which provide real time positioning and are Java enabled.

Possible practical application domains include those that imply the provision of context-aware (location-based) applications such as open-air guided tours or fleet tracking.

To improve our system we envisage the refinement of the user profile (including the input from social networks), the automatic identification of the type of device in use and the implementation of additional services such as the pro-active generation of location-based suggestions (monuments, restaurants, exhibitions, *etc*. located in the vicinity of the user).

[3] 1 MiB = 1024 KiB

REFERENCES

[1] I. Jorstad, D. V. Thanh, and S. Dustdar,"An Analysis of Service Continuity in Mobile Services", Proceedings of the 13th IEEE International Workshop on Enabling Technologies: Infrastructure for Collaborative Enterprises (WETICE 2004), 2004, 121–126.

[2] G, D., Aparicio, M., Atkinson, B., Brady, S., Ciccarino, J., Grosof, B., O'Connor, P., Osisek, D., Pritko, S., Spagna, R. and Wilson, L. IBM Intelligent Agent Strategy, White Paper, 1995.

[3] A. Moreno, Agent Applications in Tourism. Issues in Multi-Agent Systems, Whitestein Series in Software Agent Technologies, 2008, 179-206.

[4] F. Bustos and J. Lopez, MultiAgent Tourism System: An Agent Application on the Tourism Industry. Proceedings of the International Joint Conference IBERAMIA/SBIA/SBRN 2006 - 1st Workshop on Industrial Applications of Distributed Intelligent Systems, 2006.

[5] F. Bellifemine, G. Caire and D. Greenwood, Developing Multi-Agent Systems with JADE. Wiley, 2007. Available: http://onlinelibrary.wiley.com/book/10.1002/9780470058411.

[6] F. Bellifemine, A. Poggi and G. Rimassa, JADE: A FIPA compliant agent framework. Proceedings of 4th International Conference on Practical Application of Intelligent Agents and Multi-Agent Technology, London, UK, 1999. Available: http://jade.cselt.it/papers/PAAM.pdf.

[7] Sun Microsystems. Jini. Available: http://www.jini.org/wiki/Main Page.

[8] J. Hübner and R. Bordini, JASON, 2010. Available: http://jason.sourceforge.net/Jason/Jason.html.

[9] AOS Group. Jack, 2011. Available: http://aosgrp.com/products/jack/index.html.

[10] N. Howden, R. Rönnquist, A. Hodgson, and A. Lucas, JACK Intelligent Agents - Summary of an Agent Infrastructure, Proceedings of the 2nd Workshop on Infrastructure for Agents, MAS, and scalable MAS, 5th International Conference on Autonomous Agents, 2001.

[11] V. Silva, "Sistema Multi-agente de Prestação de Serviços de Seguimento Adaptados ao Requisitos do Utilizador", M.Sc. Thesis in Electrical Engineering and Computers, Instituto Superior de Engenharia do Porto, November 2010.

[12] P. Fernandes and U. Nunes, Multi-agent Architecture for Simulation of Traffic with Communications, Proceedings of the Fifth International Conference on Informatics in Control, Automation and Robotics, Robotics and Automation 2, 2008, 215-218.

[13] Telecom Italia. JADE. Available: http://jade.tilab.com/.

[14] World Wide Web Consortium. http://www.w3.org/TR/wsa-reqs/. Available: http://www.w3.org/TR/wsdl20/.

[15] JADE Board, "Jade web services integration gateway (wsig) guide," Telecom Italia, Tech. Rep., 2008.

O impacto da rotatividade na Gestão do Conhecimento Organizacional. A rotatividade nas actividades imobiliárias em Portugal

Filipe Fidalgo
Instituto Politecnico de Casltelo Branco
Escola Superior de Tecnologia
Castelo Branco - Portugal
ffidalgo@ipcb.pt

Luis Borges Gouveia
Universidade Fernando Pessoa
Faculdade de Ciências e Tecnologia
Porto - Portugal
lmbg@ufp-edu.pt

Abstract— **Assiste-se nos dias de hoje a grandes transformações nas organizações. Do ponto de vista organizacional, entre as transformações mais significativas está a elevada rotatividade dos colaboradores. Este fenómeno de rotatividade, provoca sempre perdas para a organização, não só de competências, mas também da imagem e das relações com os clientes, sendo que as mesmas são mais significativas nuns casos do que em outros. Estas perdas são acentuadas no caso de organizações onde o trabalho não é realizado maioritariamente por máquinas mas sim por pessoas – como o é nas organizações de mediação imobiliária. Acresce ainda que, o tempo de absorção dos imóveis, tem subido nos últimos anos. O que faz com que muitas vezes o acompanhamento de uma venda tenha de ser realizado por diferentes mediadores. Se por um lado, será fácil reter dados sobre a realização das tarefas dos colaboradores que saiem da organização (o que fez, quando fez – conhecimento explícito), o mesmo não se pode dizer do processo de realização dessas tarefas (como fez, de que forma fez – conhecimento tácito). Surge então a necessidade de por parte da organização criar mecanismos que permitam a retenção desse conhecimento, de modo a que mesmo com a saída do colaborador, esse conhecimento perdure, e possa ser utilizado, na organização. O contributo deste trabalho, é estudar, em conjunto com profissionais da área imobiliária, formas da actuação perante este fenómeno. Avaliar o contributo das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC), formulando um modelo conceptual para a Captura, e Transferência de Conhecimento, com recurso ao uso da Teoria Fundamentada de Dados (*Grounded Theory*) para informar o modelo.**

Keywords- Gestão do Conhecimento, Conhecimento tácito, Conhecimento explícito, TIC, Rotatividade nas organizações, mediação imobiliária.

I. INTRODUÇÃO

Desde sempre que as questões relacionadas com o conhecimento foram preocupações nas organizações, mas nos dias de hoje assumem um papel crítico, em virtude das constantes alterações. Segundo o que Peter Drucker [10] já previa em 1988, esta importância assenta em três pontos. Por um lado a base do emprego afasta-se dos trabalhadores manuais e de escritório para trabalhadores do conhecimento, que resistem aos modelos de comando herdado das organizações militares; por outro a economia exige às organizações que sejam inovadoras e empreendedoras, e por último (e segundo o autor o mais importante), o papel crescente e respectivo impacto das tecnologias de informação.

A velocidade a que ocorrem alterações nos dias de hoje é muito maior. Em termos organizacionais, "tudo tem um tempo de vida cada vez mais curto". As transacções passaram de uma amplitude local para regional, e de regional para internacional, tornando-se cada vez mais intensas e menos previsíveis, acentuando a competição das organizações [5]. Há algum tempo atrás, os produtos eram lançados e tinham uma presença/durabilidade no mercado muito maior, observemos por exemplo os aparelhos de televisão. Por volta de 1930, falávamos de tubos de raios catódicos, que deram origem aos famosos televisores CRT, foi preciso chegar às décadas de 1960/70, para se ouvir falar dos primeiros passos dos televisores LCD e Plasmas. Nos dias de hoje as tecnologias LED's e 3D, são lançadas com intervalos de tempo muito mais curtos.

Esta realidade não se reflecte apenas nos produtos, mas é transversal a toda a organização, nos processos, na tecnologia, nas pessoas. Vivemos um tempo que "menos é mais".

No caso particular das pessoas, assiste-se a um fenómeno de rotatividade mais acentuado. Até há algumas décadas atrás o emprego era considerado uma relação para toda a vida, quer do lado da organização quer do lado das pessoas. Nos dias de hoje, essa duração, é na maior parte dos casos, muito reduzida. Como podemos observar, na tabela 1, mais de metade da

população activa em Portugal, está ligada a uma organização, menos de 4 anos.

Tabela 1 - Antiguidade, em anos, das pessoas nas organizações em Portugal [20][21].

Ano	Pessoas no activo	Menos de 1 ano	1 a 4 anos	5 a 9 anos	10 a 14 anos	15 a 19 anos	20 e mais anos
2007	2967559	713897	883286	633051	272900	221758	242667
		24%	30%	21%	9%	7%	8%
2008	3016571	696045	954170	606046	294669	213196	252445
		23%	32%	20%	10%	7%	8%

O que indicia que após essas saídas, em muitos casos, a empresa encontra-se confrontada, por um lado com um processo de contratação que é sempre moroso e oneroso, por outro, com a perda do capital intelectual que esses activos representavam. Acresce ainda o tempo necessário para que o trabalhador seja efectivamente produtivo. Se no processo de contratação pouco a organização pode fazer, no caso da perda de capital intelectual, deve a organização criar mecanismos para que esta seja minimizada. Esses mecanismos, passam pelo recurso à gestão do conhecimento. A organização deve promover a captura e transferência desse conhecimento, de modo que, o impacto da saída de um determinado activo, não represente a perda de memória organizacional.

Estas questões, têm particular relevo, nas organizações em que as actividades não sejam maioritariamente realizadas por máquinas, mas por contacto entre pessoas. São exemplo disso mesmo, as organizações de actividades imobiliárias, onde a relação entre o mediador imobiliário e o cliente (comprador ou vendedor), depende muito directamente da relação entre ambos.

Se centramos a nossa atenção, em idêntica análise dos dados da antiguidade nas organizações, mas agora no caso particular das actividades imobiliárias (em Portugal), vemos que os valores são ainda mais significativos (tabela 2).

Tabela 2 - Antiguidade, em anos, das pessoas nas organizações de actividades imobiliárias em Portugal [20][21].

Ano	Pessoas no activo	Menos de 1 ano	1 a 4 anos	5 a 9 anos	10 a 14 anos	15 a 19 anos	20 e mais anos
2007	21905	6135	8675	4223	1286	772	814
		28%	40%	19%	6%	4%	4%
2008	22539	5646	9496	4366	1485	704	842
		25%	42%	19%	7%	3%	4%

Enquanto no panorama geral, até 4 anos de antiguidade na empresa, tínhamos valores da ordem de 55%, neste caso particular esses valores rondam os 70%.

Não perdendo de vista as técnicas tradicionais de *coaching* e *shadowing*, a proposta deste projecto é avaliar o contributo dos sistemas e tecnologias de informação para este problema.

A questão que se coloca é, o que devem fazer as organizações, para minimizar o impacto resultante da elevada rotatividade, na perda de memória organizacional. Por memória organizacional entendemos a extensão e a ampliação do conhecimento como o principal activo de uma organização do conhecimento através da captura, organização, disseminação e reutilização do conhecimento gerado por seus empregados [8]. Dalkir também se refere ao impacto que a perda de funcionários tem na organização, dando o exemplo da NASA, onde "*60% dos trabalhadores da indústria aeroespacial atingiriam a idade de reforma com poucos anos de diferença entre eles, estando por isso ameaçada pela perda de valiosos conhecimento da era das missões Apollo*" [8].

Este estudo relata os esforços de pesquisa inicial de forma a propor um modelo de retenção de conhecimento tácito nas organizações de mediação imobiliária. O artigo está organizado de forma a apresentar o problema, defendendo uma abordagem de gestão do conhecimento para reter o conhecimento tácito, de modo a minimizar os impactos económicos e comerciais resultantes da rotatividade de funcionários.

II. Revisão Bibliográfica

A. Gestão do Conhecimento

O valor do conhecimento é, dos activos organizacionais, o mais decisivo na produção [11], [26], [27], [9]. Seja qual for o bem de que formos donos, uma transacção comercial que envolva a sua venda, faz-nos perder qualquer poder sobre esse bem – imagine-se, por exemplo, a venda de um carro, depois de o vendermos, não o podemos voltar a usar. E com o conhecimento? O princípio não é o mesmo, ao transaccionarmos o conhecimento, o comprador passa a poder usá-lo, mas a grande diferença é que nós também o podemos fazer. Uma transacção que envolva o conhecimento, não nos faz perder a possibilidade de o poder continuar a explorar.

Nos últimos anos as alterações nas organizações foram muito profundas. Por um lado a abertura de mercados impulsionadas por fenómenos como os da globalização. Por outro lado, o aparecimento de uma sociedade baseada no conhecimento. As organizações são constituídas por pessoas e muitas estão a sentir que o conhecimento dos seus recursos humanos é o seu recurso mais valioso [25].

Embora sendo uma problemática recente, o seu reconhecimento é anterior. Segundo Loureiro [18] poderíamos mesmo situar a problemática da "gestão" do conhecimento nas primeiras civilizações. De facto, as civilizações mais antigas sempre fizeram grandes esforços para preservar o conhecimento ganho através de experiências e reflexões ao longo do tempo. Esta necessidade de captação, armazenamento e distribuição de conhecimento conduziu ao desenvolvimento de novas tecnologias. Cada novo avanço nas tecnologias de comunicação e aprendizagem aumentava a possibilidade de captação e distribuição de conhecimento e, em cada caso, demorava algum tempo a compreender as suas potencialidades e quais os requisitos de utilização.

A teoria da gestão do conhecimento organizacional de Nonaka e Takeuchi defende que a criação de conhecimento é um processo contínuo de socialização, explicitação, combinação e internalização [22]:

- *Socialização*, partilha do conhecimento tácito individual;
- *Explicitação*, do conhecimento tácito para conhecimento explícito (codificação do conhecimento tácito em metáforas, analogias, figuras e histórias para criar novos

conceitos e depois justificá-los perante os imperativos corporativos);

- *Combinação*, na qual os protótipos dos novos conceitos são desenvolvidos e incorporados na organização;

- *Internalização*, deste conhecimento através da aprendizagem fazendo e experimentando, tornando o conhecimento gerado novamente tácito.

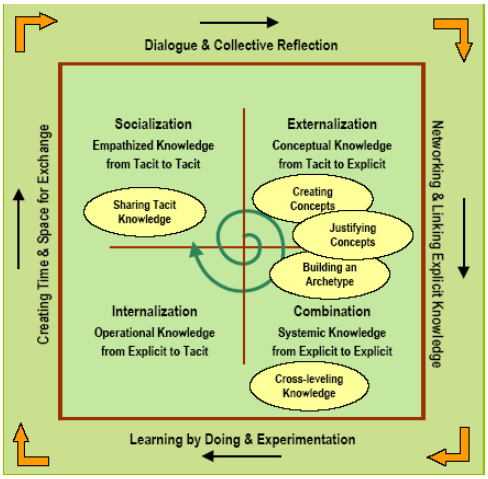


Figura 1 - Modelo SECI - Socialização, Explicitação, Combinação e Internalização [22].

No âmbito deste projecto, o principal foco centra-se no quadrante da Externalização. Estudando o contributo das TIC's na passagem de conhecimento tácito (detido por profissionais mais experientes) para conhecimento explícito (passível de ser reutilizado na organizção).

B. Captura, Representação e Transferência de Conhecimento Tácito

Na maior parte das vezes, as pessoas não se apercebem do conhecimento que realmente possuem. Nem de como esse conhecimento pode ser útil, quer para elas próprias quer para outras pessoas, bem como para as organizações que representam. Nas palavras de Michel Polany, um dos pioneiros no conceito de conhecimento tácito, "*sabemos mais do que somos capazes de dizer*" [23], dando como exemplo a facilidade que temos para o reconhecimento facial, e a dificuldade que temos para descrever essa mesma face. No passado foi dada muita importância ao conhecimento explícito, e relegada para segundo plano a importância do conhecimento tácito. Na verdade, o conhecimento tácito, muitas vezes acaba por ser o conhecimento mais valioso numa organização. A investigação sobre conhecimento tácito não só pode ajudar a explorar e utilizar o conhecimento humano, como a potenciar a captura do conhecimento individual, favorecendo a partilha do conhecimento [16]. O grande objectivo da Gestão do Conhecimento, é que possibilidade de reutilização do conhecimento. Segundo Lynne Markus, o processo de reutilização do conhecimento envolve as seguintes fases: captura e documentação, armazenamento, e distribuição ou divulgação e finalmente a sua reutilização [19]. É necessário criar condições para que as pessoas se sintam motivadas e confortáveis na participação de cada uma das fases, bem como com todos os elementos envolvidos. Segundo Lins, existem elementos cognitivos, centrados nos modelos mentais, esquemas conceptuais, paradigmas, perspectivas, crenças e pontos de vista; e elementos técnicos, incluem experiência concreta, capacidade técnica e capacidades práticas [17].

Uma implementação de Gestão do Conhecimento com sucesso requer compromissos de longo prazo por parte da administração; uma liderança atenta à cultura corporativa; funcionários motivados e uma adequada utilização das tecnologias da informação e comunicação [3].

C. Papel das Tecnologias da Informação e Comunicação

Tradicionalmente os sistemas e tecnologias de informação e comunicação entraram nas organizações para dar suporte aos processos. Hoje, o grande desafio é que passem a dar suporte às competências profissionais dos indivíduos e transformar a sua adopção para que esta seja mais colectiva. Isto representa um grande desafio, modelar o comportamento que os profissionais das organizações precisam de ter num ambiente cada vez mais competitivo – num contexto de grande pressão e em constante mudança. A utilização de sistemas e tecnologias de informação e comunicação, não podem ficar apenas dentro do quadro das tarefas operacionais, devem agregar valor para as novas formas de comunicação, de conversação e de aprendizagem *on-the-job*, apoiar as comunidades de prática, e fornecer acesso às ideias e experiências necessárias ao dia-a-dia da vida organizacional.

Como afirmado por Davenport e Prusak, "*A capacidade dos computadores tem pouca relevância para o trabalho do conhecimento, mas os recursos de comunicação e armazenamento de computadores ligados em rede fazem deles propiciadores do conhecimento*" [9], isto reforça o papel que os recursos humanos têm na gestão do conhecimento, como o activo mais importante.

Sem a aquisição de conhecimento, a transferência de conhecimento não faz sentido. Enquanto a transferência de conhecimento pode ser promovida pela tecnologia, a aquisição do conhecimento deve ser orientada pelas pessoas, pelo que os sistemas devem ser desenvolvidos centrados nas pessoas, e não centrado na tecnologia [1]. As Tecnologias de Informação e Comunicação continuam a ser componentes importantes na forma como as pessoas e as organizações operam. Os sucessivos avanços nas TIC tornam-nas elementos importantes, promovendo mudanças contínuas e às vezes imprevisíveis para as estruturas organizacionais e processos, incluindo serviços prestados, práticas de gestão e de governança [2]. A evolução tecnológica permite uma enorme liberdade para o pensamento criativo e uma enorme expansão dos relacionamentos, mas também como um efeito multiplicador na promoção de processos colaborativos [17].

As TIC podem abrir novos caminhos na Gestão do Conhecimento e desempenham um papel importante na superação dos desafios existentes relacionadas com a partilha,

troca e divulgação de gestão do conhecimento. Como é normalmente aceite, uma parte importante do conhecimento não é explícito, mas tácito. Isto verifica-se no conhecimento do negócio imobiliário, onde uma grande parte das boas práticas é transferida sem estar documentada em livros, papéis ou documentos. As TIC auxiliam e são mesmo necessárias para uma boa gestão do conhecimento.

D. Rotatividade

Quando se abordava o emprego há alguns anos atrás, genericamente a ideia era a de uma ligação para toda a vida entre a organização e o trabalhador. Nos dias de hoje esta ideia está completamente ultrapassada. Uma reflexão acerca do emprego e o seu papel social, é apresentada por Giddens [15]. Todas as organizações para desenvolverem a sua missão e alcançarem os seus objectivos, consomem e produzem recursos. Os consumidos poderão ser matérias-primas, energia, entre outros: os produzidos apresentam-se na forma de produtos ou serviços para os seus clientes. O que causa o equilíbrio no seu funcionamento, é uma boa gestão dos mesmos. Para satisfazer os recursos produzidos, podemos necessitar de aumentar ou diminuir os recursos consumidos. Se em alguns casos estas relações poderão ser directas, no que diz respeito às pessoas não podemos dizer o mesmo. É neste aspecto que a questão da alta rotatividade dos dias de hoje assume particular importância, pois entrada e saída de pessoas representam custos para as organizações. Para Chiavenato, estes são divididos em primários, secundários e terciários sendo os primeiros quantitativos, os segundos qualitativos e os terceiros estimativos [5]. A Tabela 3 apresenta os custos associados com a rotatividade de pessoal, para Chiavenato.

Tabela 3 – Custos da Rotatividade de pessoal [5].

Primários	Custos de recrutamento e selecção; Custos de registo e documentação; Custos de integração; Custos de desvinculação.
Secundários	Efeitos na produção; Efeitos na atitude do pessoal; Custo extra laboral; Custo extra operativo.
Terciários	Custos por investimentos extra; Perdas no negócio.

É possível pensar: "*Alguma rotatividade de funcionários é inevitável, até mesmo desejável*." Em alguns casos é necessário, substituir alguns empregados por outros mais produtivos e trazer pessoas com novas ideias e conhecimentos. No entanto, elevados custos com a rotatividade são evitáveis e desnecessárias. Ao mesmo tempo que entram novos membros na equipa outros saem, é fundamental para evitar a perda de informações durante esses períodos de transformações estruturais e de transição [24]. As organizações podem enfrentar uma "fuga de cérebros", este fenómeno ocorre quando se perde pessoal competente a uma taxa maior do que a organização consegue recrutar e treinar novos funcionários. Dependendo do tamanho da organização os efeitos da rotatividade dos empregados são diferentes. As pequenas empresas são mais vulneráveis à perda de volume de negócios e conhecimento do que o são as organizações de maior dimensão. As organizações maiores possuem estruturas mais específicas, procedimentos operacionais padrão e regras mais específicas por isso, é mais fácil aos novos empregados, familiarizarem-se com o seu novo emprego. Alguns dos custos envolvidos poderiam ser facilmente minimizados, caso as organizações disponham de uma forma de retenção do conhecimento dos trabalhadores. É importante desenvolver uma estratégia para reter o conhecimento. O conhecimento perdido de um funcionário que sai da organização, não é um problema de curto prazo, é um problema de longo prazo que gera outros problemas e reduz a eficácia de uma organização [1].

E. Negócio Imobiliário

O negócio imobiliário é um dos maiores motores da economia. É frequente passar por um local que se conhecia como vazio, um lugar onde não existia nada e estar ocupado e modificado por construção. A criação imobiliária mudou-o radicalmente: um exemplo é a zona oriental de Lisboa. De zona degradada, com a Expo98, passou a zona de eleição. As construções que se seguiram à exposição, arrastaram consigo empresas, centro comerciais, entre outros. Podemos estabelecer um raciocino idêntico em relação à zona do TagusPark, em Oeiras. A criação do parque tecnológico, promoveu outras criando grandes oportunidades ao seu redor.

1) Tempo de venda

O conceito de tempo de venda representa a medida de tempo que um determinado imóvel demora a ser vendido. Pode ser apresentado em várias unidades, habitualmente dias ou meses.

Para a entidade independente nacional Confidencial Imobiliário – que opera em duas áreas de negócio complementares, produção editorial e indicadores de análise de mercado, o Tempo de Absorção é o número de meses que mediam entre a primeira colocação em oferta e a realização da venda, entendida como sendo a celebração do contrato-promessa de compra e venda [6]. Já para a rede imobiliária ERA, apresenta-se sob a designação de Média de Dias no Mercado [12].

Seja qual for o caso, a realidade é que este tempo tem aumentado nos últimos anos. Segundo dados da Confidencial Imobiliário, nos últimos três anos o aumento foi mais moderado na zona centro do país, mais acentuado na zona norte do país, enquanto na região do Algarve esse tempo praticamente triplicou.

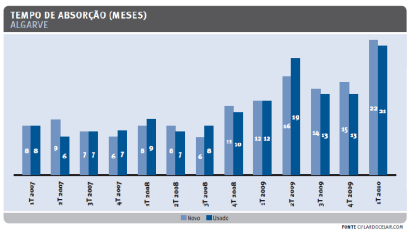


Figura 2 – Evolução do tempo de Absorção - Algarve

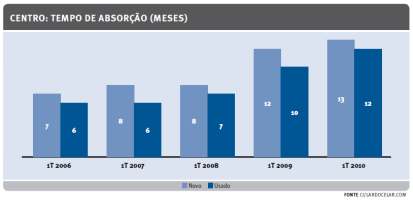


Figura 3 – Evolução do tempo de Absorção – Centro

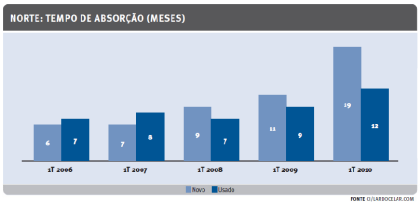


Figura 4 – Evolução do tempo de Absorção - Norte

Os dados apresentados pela rede imobiliária *Era*, na sua mais recente recolha de dados, apontam na mesma direcção, embora neste caso a informação seja apenas apresentada de forma agregada, os valores são globais ao país e não por zonas, como no caso anterior. Indicando 240 dias em média no mercado para 2007 e 270 dias para 2008 [12].

As organizações imobiliárias necessitam de acesso ao conhecimento, em tempo real, em várias situações como, informações sobre o núcleo de negócio (*core business*) e condições que o afectam, objectivos das actuais unidades de negócios, e as últimas novidades em abordagens para o sector imobiliário [24]. Como foi referido anteriormente, neste momento existe um aumento do tempo necessário para vender um imóvel, o que leva a que por vezes o mediador que inicia o processo não é aquele que o finaliza. Existindo assim uma perda de conhecimento resultante dessa separação. Esta é uma questão crítica que não pode ser ignorada. A necessidade de retenção de conhecimento é maior do que nunca. É importante reter o conhecimento do mediador. A forma como conseguiu as suas realizações mais importantes, o estado das suas vendas actuais, e qual a melhor forma para que os seus sucessores possam continuar os negócios pendentes (e outros) com uma perda mínima no dinamismo das vendas. Perante estas saídas, novos funcionários ou outros membros da equipe assumem novas responsabilidades. Os funcionários que saem, raramente têm muito tempo para preparar um sucessor para as suas responsabilidades anteriores.

A retenção de conhecimento não vai ter sucesso, caso seja realizada de forma isolada e não avaliada num ambiente global pelas organizações.

III. METODOLOGIA

Não se pode procurar apenas consistência e validade em dados estruturados, de carácter quantitativo. Num momento em que o paradigma aponta para a importância da pessoa como garante do sucesso – Sociedade do Conhecimento – é cada vez maior, a necessidade de análise textos, entrevistas, discursos entre outros, isto é, procurar realizar uma análise qualitativa.

A abordagem metodológica qualitativa a ser usada neste projecto é a Teoria Fundamentada em Dados. Segundo Fortin esta "*tem por objectivo gerar uma teoria a partir dos dados colhidos no terreno e junto das pessoas que possuem experiência relevante*" [14]. Esta teoria teve o seu início com Glaser e Strauss em 1967 e continuidade mais expressiva, mais tarde com Strauss e Crobin em 1990.

O método usado para a recolha de dados escolhido será a entrevista. Esta é indicada para casos em que existem poucos conhecimentos sobre um determinado fenómeno, onde o investigador pretende obter dados relativos às questões de investigação. No caso em estudo, optou-se por uma entrevista parcialmente estruturada. Nestas o investigador apresenta uma lista de temas a cobrir, fórmula questões a partir destes temas e apresenta-os ao entrevistado segundo a ordem que lhe convém [14].

Neste trabalho, vai procurar-se interagir através de entrevistas com profissionais da área do imobiliário, que detenham uma vasta experiência, o que lhes confere um conhecimento profundo do assunto em análise.

Porque o universo de actores é imenso, vai ser definida uma amostra não probabilística por selecção racional, determinada pelo propósito do estudo e pela relevância teórica, ou seja, pelo seu potencial para o desenvolvimento da teoria. A amostragem teórica visa não a representatividade da amostra, mas a "representatividade dos conceitos" [28]. Os indivíduos são seleccionados de acordo com o seu nível (esperado), de gerarem novas ideias para a elaboração da teoria [13]. O perfil dos entrevistados, que assentará em duas premissas distintas. Por um lado uma experiência profissional na área superior a 10 anos, e por outro, uma antiguidade na organização de pelo menos 5 anos. Quanto à primeira, ela é garante de um conhecimento profundo da área em estudo, bem como de todos os elementos necessários ao sucesso na actividade. Na segunda, a antiguidade dá-nos a dupla visão do conhecimento profundo da organização e da importância do impacto da rotatividade na perda de competências.

Na fase de análise de um estudo com Teoria Fundamentada em Dados, Strauss e Crobin propuseram o método, de comparação constante, composto por três tipos de codificação [28]:

1) Codificação Aberta (São identificados e codificados, todos os enunciados, que o investigador julga significativos, próximos ou afastados do fenómeno estudado);

2) Codificação Axial (Os códigos preliminares vão ser comparados e reagrupados segundo as suas propriedades e dimensões e vão permitir a construção de categorias conceptuais);

3) Codificação Selectiva (A codificação selectiva, visa reagrupar categorias para a construção de algumas categorias principais. Estas categorias principais, irão tornar-se conceitos centrais e integradores, formando a teoria fundamentada a formular).

Em suma, o investigador faz ligações entre todos os factos obtidos, para construir uma teoria.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho propõe uma tentativa inicial de reunir evidências sobre a existência de um problema – Alta rotatividade no sector da mediação imobiliária e o seu potencial perigo para as organizações que não o considerem. De igual forma, é realçada a importância do papel das TIC na Captura e Transferência de Conhecimento e o auxílio que pode prestar na sua Reutilização de Conhecimento. Por último é apresentada uma metodologia para a construção de uma teoria da reutilização do conhecimento bem sucedida – Teoria Fundamentada de Dados (*Grounded Theory*).

A rotatividade de pessoas, sempre foi e sempre será um fenómeno com o qual as organizações se têm de confrontar. A questão é que nos dias de hoje, com tempos de mercado cada vez mais reduzidos, essa realidade é mais significativa. O facto do tempo em que um imóvel fica no mercado para ser transaccionado estar a aumentar, contribui para a questão central deste projecto de investigação, isto é, aumentam a probabilidade de que, em muitos casos, o mediador imobiliário que inicia o processo de venda, poderá já não ser o mesmo que a termina. Surgindo assim, a necessidade de criar mecanismos que permitam reter o conhecimento de modo a que este possa ser reutilizado pelo novo mediador como valor agregado. Num mercado em que a imitação ou a colagem de produtos impera, o que o faz optar é o valor agregado que cada produto ou serviço lhe é apresentado ao cliente. Muito do sucesso e das vantagens competitivas das organizações, vem do conhecimento individual, pelo que a capacidade de o capturar e difundir pela organização é fundamental. As valências que um dado activo representam para uma organização, devem ser retidas nas organizações, para que a sua saída não seja uma perda para a organização de que sai e uma mais-valia para a organização de acolhimento. A reprodução de modelos de sucesso, tem-se vindo a revelar pouco eficiente. Essencialmente porque a produção desses modelos deve envolver directamente todos os intervenientes, desde os operacionais aos decisores. A gestão do conhecimento aliada aos sistemas e tecnologias de informação e comunicação pode alavancar o sucesso organizacional.

REFERENCES

[1] Beazley, Hamilton; Boenisch, Jeremiah; Harden, David (2002). Continuity Management: Preserving Corporate Knowledge and Productivity When Employees Leave. Ed. John Wiley & Sons.

[2] Berce, Jaro; Lanfranco, Sam; Vehovar, Vasja (2008). eGovernance: Information and Communication Technology, Knowledge Management and Learning Organisation Culture. Informatica an International Journal of Computing and Informatics. Eslovenia.

[3] Bergeron, Bryan P. (2003). Essentials of Knowledge Management. Ed. John Wiley & Sons, Inc.

[4] Chiavenato, Idalberto (1999). Gestão de Pessoas – O novo papel dos recursos humanos nas organizações. Editora Campus.

[5] Chiavenato, Idalberto (2001). Administración de Recursos Humanos 5ªed. Editora MC Graw Hill.

[6] CI (2006). Confidencial Imobiliário – Metodologia SIR [Online: http://www.confidencialimobiliario.com/sites/default/files/Metodologia_SIR.pdf Consultado em 4/11/2010].

[7] CI (2010). Confidencial Imobiliário – Press Release [Online: http://ci-iberica.com/?q=content/press-release-tempo-de-absorcao-da-habitacao-no-algarve-triplica-em-3-anos Consultado em 4/11/2010]

[8] Dalkir, Kimiz (2005). Knowledge Management in Theory and Practice. Elsevier. Butterworth Heinrmann.

[9] Davenport Thomas H.; Prusak Laurence (1998). Conhecimento Empresarial – Como as organizações gerenciam o seu capital intelectual 8ª Edição. Editora Campus.

[10] Drucker, Peter F. (1998). O Advento da Nova Organização – Gestão do Conhecimento 13ª Ed. Harvard Business Review. Editora Campus.

[11] Drucker, Peter F. (2003). Sociedade Pós Capitalista. Editora Actual.

[12] ERA (2009). ERA Europe Market Survey 2008/2009 [Online: http://www.eraeurope.com/assets/pdf/ERAEuropeMarketSurvey_0809.pdf Consultado em 4/11/2010].

[13] Flick, Uwe (2005). Métodos Qualititvos na Investigação Cientifica. Editora Monitor.

[14] Fortin, Marie-Fabienne (2009). O Processo de investigação – da concepção à realização 5ªEd. Ed. Lusociência.

[15] Gidden, Anthony (2008). Sociologia. 6ª Edição. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.

[16] Li, G., Lu, K., (2007) in IFIP International Federation for Information Processing, Volume 252, Integration and Innovation Orient to E-Society Volume 2, eds. Wang, W., (Boston: Springer), pp. 60-67.

[17] Lins, Sérgio (2003). Transferindo Conhecimento Tácito – Uma abordagem construtivista. E-papers Serviços Editoriais. Brasil.

[18] Loureiro, J. L. (2003). Gestão do Conhecimento. Centro Atlântico.

[19] Markus, M. Lynne. (2001). Toward a Theory of Knowledge Reuse: Types of Knowledge Reuse Situations and Factors in Reuse Success, Journal of Management Information Systems, 18, 1 (Summer): 57-93.

[20] MTSS (2007). Ministério do Trabalho e da Solidariedade Social: Colecção Estatísticas – Quadros de Pessoal 2007 [Online: http://www.gep.mtss.gov.pt/estatistica/gerais/qp2007pub.pdf Consultado em 12/09/2010].

[21] MTSS (2008). Ministério do Trabalho e da Solidariedade Social: Colecção Estatísticas – Quadros de Pessoal 2008 [Online: http://www.gep.mtss.gov.pt/estatistica/gerais/qp2008pub.pdf Consultado em 12/09/2010].

[22] Nonaka Ikuhiro; Takeuchi Hirotaka (1997). Criação de Conhecimento na Empresa – Como as empresas Japonesas geram a dinâmica da inovação 20ª Edição. Editora Campus.

[23] Polanyi, M. (1998). The tacit dimension. London: Routledge & Kegan Paul.

[24] Samuells, J. 2001. Putting knowledge management to work for real estate organizations. Real Estate Issues, 26(1):35–38.

[25] Serrano, A., & Fialho, C. (2003). Gestão do Conhecimento - O novo paradigma organizacional. Editora FCA.

[26] Stewart, Thomas A. (1999). Capital Intelectual – A nova riqueza das Organizações. Editora Silabo.

[27] Sveiby, Karl Erik. (1998). A nova riqueza das organizações – Gerenciando e Avaliando patrimónios de conhecimento. Editora Campus.

[28] Strauss, A. Corbin, J. (1990). Basics of qualitaty research. Sage Publications.

Blog como ferramenta colaborativa na interação em aulas presenciais: investigando a aceitação dos alunos de formação técnica

Josilene Almeida Brito
IF-SERTÃO Pernambucano – Brasil
UFPE – Centro de Informática – Pernambuco – Brasil
josilene.brito@ifsertao-pe.edu.br

Rosângela Saraiva Carvalho
Escola Superior de Relações Públicas de Pernambuco – Brasil
UFPE – Centro de Informática – Pernambuco – Brasil
rosangelac@gmail.com

Ivanildo José de Melo Filho
IFPE – Campus Belo Jardim – Pernambuco – Brasil
UFPE – Centro de Informática – Pernambuco – Brasil
ivanildo.melo@belojardim.ifpe.edu.br

Alex Sandro Gomes
UFPE – Centro de Informática – Pernambuco – Brasil
asg@cin.ufpe.br

Rosangela Maria de Melo
ITEP – Instituto de Tecnologia de Pernambuco – Brasil
rmdemelo@gmail.com

Alessandra da Silva L. Latorre
IF-SERTÃO Pernambucano – Brasil
alessandra.latorre@ifsertao-pe.edu.br

Abstract— **This reaserch aimed to investigate the acceptance of technical training students in the using of the *blog* as a collaborative tool. To that end, we conducted a case study with students from the technical computing IFPE – Campus Belo Jardim in the discipline of ethics in computing, in traditional teaching. The results indicate that using this tool as a collaborative tool is well accepted by participants, and these, considered a relevant factor in building their knowledge.**

Keywords-component; blog; interaction; Computer Supported Colaborative Learning

I. INTRODUCÃO

De acordo com [1], no último trimestre de 2009, 67,5 milhões de brasileiros utilizavam à Internet, considerando as mais diversas atividades. Este crescimento abre um leque de opções para sua utilização como ferramenta de auxílio à prática pedagógica de forma a propiciar uma flexibilização do ensino presencial.

Para [2], o aluno que navega no ciberespaço possui uma forma diferenciada de lidar com o conhecimento. Através das redes eletrônicas estabelecem-se novas formas de comunicação e de interação entre grupos, o que favorece a aprendizagem colaborativa.

Dentre os *softwares* sociais existentes tais como: mensageiros instantâneos, wikis, ferramentas de edição colaborativa, entre outros, o *blog* segundo [3] permite que o aluno deixe de ser um mero receptor, passando a ter uma função ativa na construção do seu saber. Esses possuem algumas características como permitir criação e manipulação de uma rede de contatos, fornecimento de locais onde pessoas com interesses comuns podem trocar idéias, como também, compartilhar conhecimento, propiciar uma forma de aprendizado diferenciada através da colaboração entre indivíduos com interesses comuns.

Neste contexto, o processo de ensino aprendizagem pode como alternativa beneficiar-se dessa ferramenta, objetivando estimular a aprendizagem colaborativa e fomentar a construção do conhecimento coletivo. Assim, acredita-se que o seu uso como meio de interação, pode auxiliar na construção do conhecimento coletivo.

Partindo desta premissa, é possível fazer uma junção do uso de *blogs* com as metodologias de trabalho sugeridas pelos estudos de CSCL – *Computer Supported Colaborative Learning* – onde, de modo geral, um grupo comunica-se através de computadores, para realizar um projeto comum, de forma colaborativa, através da trocas de experiências. Neste estudo de caso, as interações fomentam uma espécie de fusão entre a teoria e a prática, utilizando ferramentas que já são parte da rotina dos alunos, tais como computadores, e-mails, *chats*, entre outros.

Desta forma, este trabalho investiga a aceitação dos alunos de formação técnica quanto ao uso do *blog* como ferramenta colaborativa na interação em aulas presenciais.

II. A INTERAÇÃO EM AMBIENTES COMPUTACIONAIS

A interatividade não é meramente um produto da tecnicidade informática. Este adjetivo tem sua raiz anterior à década de 70, e na virada para o século XXI apresenta-se como um novo ambiente comunicacional, como um novo paradigma que pode substituir o da transmissão que é próprio da mídia de massa [4].

Atualmente, tem-se utilizado o termo "interativo" para qualificar: computador e derivados, brinquedos eletrônicos, eletrodomésticos, shows, programas de rádio e TV, etc., cujo funcionamento, permite ao usuário-consumidor-espectador-receptor algum nível de participação, de troca de ações e de controle sobre acontecimentos.

Diferentes estudos descritivos em [5], [6], [7] e [8] têm se preocupado em demonstrar as possibilidades de interação em ambientes educacionais *online*, estabelecendo relações entre o ambiente e o usuário, o papel do professor, o papel do aluno e os fatores psicopedagógicos.

Neste trabalho o estudo da interação tem como base as ferramentas disponíveis nos *blogs (Blog UOL, Blog do Google e Blog Spot)* que foram utilizados pelos alunos, explorando as possibilidades de interação pela linguagem escrita disponibilizada nas informações postadas nas ferramentas.

III. *BLOGS*: UMA NOVA FORMA DE INTERAÇÃO NA WEB

Os *blogs* surgidos ao final dos anos 90 difundiram-se rapidamente, pela facilidade de produção, que não exige profundos conhecimentos de linguagem HTML. Diferentemente de uma página pessoal, o *blog* pode ser atualizado diariamente, de forma datada e apresenta registros de situações diárias de quem o escreve. Por esta razão, de acordo com [4], os *blogs* ainda são classificados como diários pessoais em formato eletrônico, por apresentarem características como: relatos sobre a pessoa que escreve, "sua família, seus gostos, atividades e sentimentos, crenças e tudo que for conversável".

Por ser uma ferramenta interativa, os *blogs* apresentam características técnicas que podem ser consideradas pedagógicas, embora não tenham sido criados com este objetivo. Apresenta a possibilidade de publicação instantânea de textos, imagens, músicas, a capacidade de arquivamento de mensagens anteriores, disponível ao leitor, além de hiperlinks, que tanto podem complementar o assunto em debate, da mesma forma que pode relacionar um *blog* a outros *blogs*. Sendo assim, tais características, sinalizam ser este um excelente contexto de comunicação mediada por computador para ampliar a expressão individual, e interações colaborativas entre grupos.

IV. APRENDIZAGEM COLABORATIVA

A aprendizagem colaborativa apoiada por computadores – CSCL – é um método de ensino mediado por recursos computacionais onde um grupo formado por duas, ou mais pessoas, reconstroem conhecimentos a partir de discussões e reflexões coletivas. De acordo com [9] tal fato só é possível porque o CSCL oferece as ferramentas tecnológicas necessárias para um "compartilhamento virtual" dos entendimentos sobre os temas propostos.

A colaboração é vista como o processo de construção de significado de modo compartilhado. Essa construção de significado não é vista como uma expressão de representações mentais dos participantes individuais, mas sim, como o resultado da interação entre os indivíduos durante a realização de uma atividade em conjunto. A construção de significado pode ser analisada como se ocorresse durante as sequências de declarações ou mensagens dos múltiplos participantes. "O significado não é atribuível às declarações individuais dos alunos porque o significado tipicamente depende das referências indexadas à situação compartilhada, das referências elípticas para declarações anteriores e das preferências que serão usadas em declarações futuras". [9].

Segundo [9] "os participantes não se isolam para realizar atividades individualmente, mas mantêm-se engajados em uma tarefa compartilhada que é construída e mantida pelo e para o grupo como tal". O fenômeno central da atividade colaborativa é a negociação e o compartilhamento social de como o grupo entende o tema que está em discussão. Dessa forma, o conhecimento é construído pelo indivíduo a partir de sua interação com os demais integrantes do grupo durante a realização de atividades.

De acordo com [10], os indivíduos têm capacidade de desenvolvimento diferente em situações colaborativas das que eles apresentam quando estão trabalhando sozinhos. Os seres humanos, como seres sociais, vivem em constante interação entre si e com o meio no qual estão inseridos. Para [9] essa relação é dialética no sentido que o meio afeta o indivíduo, provocando mudanças neste, que serão refletidas novamente no meio. Ao transformar o meio, os seres humanos criam cultura, refinam técnicas, instrumentos e transformam a si mesmos: desenvolvem suas funções mentais. [9] considera a aprendizagem como um processo social, no qual os indivíduos constroem seus conhecimentos através da interação com o meio e com os demais indivíduos. A interação social representa um elemento necessário ao processo de aprendizagem e de desenvolvimento do indivíduo.

V. ESTUDO DE CASO

O presente trabalho é resultado de uma pesquisa qualitativa e quantitativa, no qual foi realizado um estudo de caso com ênfase na investigação da aceitação na utilização de *blogs* como ferramenta de auxilio para a educação e aprendizagem colaborativa em aulas presenciais do curso de formação técnica.

O estudo foi desenvolvido baseado nas seguintes hipóteses:

- Hipótese 1: os alunos aprovariam o uso, dado o caráter inovador da discussão da ética na aplicação;
- Hipótese 2: a ferramenta se mostraria eficaz como apoio à aula presencial;
- Hipótese 3: a ferramenta viabilizaria a construção do conhecimento e aprendizagem colaborativa;
- Hipótese 4: haveria diferenças significativas entre a opinião dos alunos do curso de formação Integrado ao Ensino Médio e do Subseqüente;

O tema discutido buscou ultrapassar os muros da escola na discussão da ética através da utilização dos recursos da web 2.0.

Os participantes foram alunos de três turmas da disciplina Ética em Informática: duas turmas do ensino técnico subseqüente e uma turma ensino técnico integrado com ensino médio

A decisão pelo uso do *blog* ocorreu em virtude da sua funcionalidade, justificando-se pela sua dinamicidade e interação possibilitadas pela facilidade de acesso e de atualização. Com poucos cliques, qualquer internauta pode criar seu próprio diário virtual, mesmo que não tenha conhecimentos de programação. A manutenção também é simples. Pois, o sistema organiza automaticamente as mensagens (*posts*) do usuário, ainda de ser bem mais fácil acrescentar textos a um *blog* do que a um site tradicional. Além

disso, é possível criar diários coletivos, mantidos por vários usuários [11].

Para sistematização do trabalho, inicialmente, foram apresentados conceitos teóricos acerca da ética em computação, visando construir subsídios teóricos para a defesa de um comportamento ético e exemplar compatível com as exigências da profissão e da sociedade. Após apresentação dos conceitos teóricos referentes à Ética Profissional, Ética no Cotidiano, Ética no Serviço Público e Código de Ética da ACM (*Association for Computer Machine*), os alunos foram estimulados pelo professor a expandirem tal discussão de forma colaborativa em grupo utilizando a ferramenta *blog*.

Cada equipe definiu qual a ferramenta disponível na web seria utilizada, dentre elas, foram utilizadas: *Blog UOL, Blog do Google e Blog Spot*, por serem ferramentas livres. Cada grupo escolheu a ferramenta que mais lhe foi conveniente. Alguns optaram pela familiaridade com a ferramenta, outros grupos aceitaram a indicação da ferramenta que foi apresentada pelos próprios colegas. Para os grupos que não dispunham de conhecimento sobre a ferramenta *blog*, os participantes se solidarizaram na apresentação de alternativas para estes.

A. Pesquisa de Campo

A pesquisa de campo foi realizada entre junho e agosto de 2009, com alunos do curso Técnico em Informática em duas modalidades de ensino – Integrado com o Ensino Médio (diurno) e subseqüente (noturno), do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco – Campus Belo Jardim, teve como objetivo investigar a aceitação dos alunos de formação técnica quanto ao uso do *blog* como ferramenta colaborativa na interação em aulas presenciais.

Após a apresentação teórica dos conteúdos em aulas presenciais, os alunos foram divididos em grupos de três ou quatro membros, cada grupo recebeu um tema relacionado com a Ética no Cotidiano, Ética no Serviço Público, Ética Profissional e Código de Ética da ACM (*Association for Computer Machine*), e, sob a orientação do professor, foram estimulados a ampliar a discussão da ética além dos muros da escola, utilizando a ferramenta *blog*.

Para validar a aprendizagem colaborativa, os grupos foram orientados que, durante o processo de produção dos *blogs*, colaborassem entre si na construção de significado, compartilhando nas atividades em grupo. Como produto final, seus trabalhos deveriam viabilizar a ampliação das competências construídas no decorrer das aulas teóricas para os demais grupos (trazendo algo de novo para a discussão) bem como, oportunizar a interação entre os colegas de classe, comunidade interna e externa através de atividades interativas.

Os trabalhos foram construídos durante as aulas práticas, com apoio do professor. Após a conclusão, cada grupo disponibilizou para o restante da classe seus *blogs*. Durante uma semana todos foram orientados a contribuir com os *blogs* dos colegas de forma interativa, favorecendo, desta forma, a ampliação dos conhecimentos através das matérias postadas, estudos de casos, enquetes, questionários, vídeos, dentre outros.

B. Metodologia da Pesquisa

Para realização do estudo de caso, aplicou-se um questionário *online* com os alunos das três turmas que estavam cursando a disciplina de Ética em Informática, que totalizaram 60 alunos – 30 do Integrado – ensino médio (diurno) e 30 de subseqüente – noite – resultando em um universo de 56 questionários respondidos e válidos, ou 93% do total de alunos, correspondendo a 53% para os alunos de formação Integrado ao ensino médio e 47% para os alunos de formação subsequente noite.

O questionário foi elaborado e continha um conjunto de perguntas que buscava verificar se havia conhecimento prévio da ferramenta, também foi perguntado a respeito do uso de outros meios de interação *online* pelos participantes.

Para auxiliar a análise, os dados coletados foram categorizados em três áreas, a saber:

- **Utilização de ferramentas *online* de interação:**
  - Identificação de conhecimento da ferramenta *blog*;
  - Identificação da facilidade/dificuldade do uso proposto.
- **Utilização como material de apoio à aula presencial:**
  - Identificação do interesse pelo uso do recurso;
  - Reconhecimento do *blog* como complemento de conteúdo da disciplina.
- **Aprendizagem colaborativa:**
  - Identificação do interesse de contribuir para a atividade proposta;
  - Identificação da importância de conhecer a opinião de outros colegas acerca dos temas de estudo.

Adicionalmente foi disponibilizado no questionário um espaço para que os alunos fizessem comentários.

VI. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A análise dos dados apresentou que cerca de 79% dos alunos participantes desta pesquisa conheciam a ferramenta *blog* e que 70% a consideravam de fácil uso. Contudo demonstraram haver algumas dificuldades quando ao uso no que diz respeito à criação de questionários, bem como, quanto a definição do layout da página, principalmente em relação a organização do texto e das imagens

Outro ponto que analisado esteve relacionado à percepção dos alunos sobre o suporte que o uso dessas ferramentas pode trazer as aulas presenciais. Dos alunos que responderam ao questionário, 88% acharam que o uso dos *blogs* foi importante para complementar as atividades dos momentos presenciais, sobretudo por possibilitarem a interação entre os participantes, através da troca de conhecimentos e opiniões fora da sala de aula. Desse modo, os alunos tiveram a oportunidade de discutirem o assunto entre si, como também, com outras pessoas que não estavam cursando a disciplina, mas que

deixaram opiniões e comentários nos *blogs* criados pelos participantes da disciplina.

Desta forma, a análise dos dados obtidos possibilitou observar que:

1) A maioria dos participantes avaliou a ferramenta como interessante e importante, por permitir conhecer a opinião dos colegas;

2) A maioria dos alunos aprovou o uso do *blog* como ferramenta de apoio à aula presencial;

3) Os alunos do ensino integrado afirmaram, em sua maioria, não conhecer a ferramenta, no entanto, consideraram a ferramenta de fácil uso comparado aos alunos do ensino subsequente;

4) 50% dos participantes consideraram que as informações postadas nos *blogs* complementaram o conteúdo da disciplina. Vale ressaltar que nenhum aluno desprezou o valor das informações postadas, enquanto 7% relataram que a contribuição das informações foi parcial no que tange a construção do seu conhecimento;

5) Quanto à participação das atividades através da contribuição de materiais e comentários, o questionário revelou que apenas 5% não consideram interessante, 5% apenas em parte e em sua maioria 50% considera interessante;

6) Ao serem questionados sobre o interesse em conhecer a opinião dos pares com relação aos conceitos postados 93% acham interessante, por outro lado, apenas 2% não vêem importância em tal fato, enquanto 5% acreditam ser interessante em parte;

7) Sobre a construção do conhecimento através da discussão, utilizando o *blog*, 80% afirmaram que esta ferramenta aprimorou seus conhecimentos, enquanto que 7% afirmaram que não contribuiu e 11% disseram que contribuiu parcialmente, 2% não opinaram sobre este ponto.

Sendo assim, há indícios de que os alunos acharam a atividade de criação e manutenção de *blogs* útil como ferramenta para a troca de informações e construção. Há sinais de que o *blog* é uma ferramenta útil como ferramenta colaborativa na interação em aulas presenciais. Sendo possível sua utilização com alunos adolescentes e adultos, porém percebeu-se, nesta pesquisa, uma sensível preferência dos alunos da formação subsequente em utilizar tal ferramenta.

VII. CONCLUSÕES

Este trabalho teve como objetivo investigar a aceitação dos alunos de formação técnica quanto a utilização da ferramenta *blog* como ferramenta colaborativa na interação em aulas presenciais.

Este estudo sinaliza que a ferramenta *blog* contribui para a construção do conhecimento individual e coletivo, pois funciona como um veículo de disseminação e troca da informação através das diversas possibilidades de atividades que podem ser propostas. Através da inserção de links pode-se direcionar o aluno para a pesquisa de maneira ordenada, minimizando a ocorrência de desvios na navegação, o que pode resultar em um maior aproveitamento no estudo *online.* Disto pode resultar a ampliação da interação necessária para construção do conhecimento, por mediar às relações entre os alunos.

Com relação às necessidades de melhorias das ferramentas *blog* utilizadas, podem-se evidenciar alguns pontos relevantes que foram identificados durante a execução deste estudo e estão relacionados ao limite de caracteres para postagem dos comentários dos usuários; a falta de suporte técnico; a impossibilidade de contabilizar os acessos; a instabilidade do sistema; a demora na edição do *template* para inserção de outros recursos que não são oferecidos originalmente pelas ferramentas utilizadas.

As conclusões das análises pelos pesquisadores, na amostra, indicam que a utilização da ferramenta, enriqueceu as discussões em aula, favorecendo a aprendizagem dos alunos. Do ponto de vista da colaboração, há indícios que a ferramenta permitiu que a aprendizagem ocorresse a partir do momento que os alunos passaram a participar ativamente do processo de aprendizagem.

Os resultados obtidos, nesta pesquisa, forneceram uma visão dos participantes em relação a aceitação do *blog* como ferramenta de apoio ao ensino presencial. Entretanto, uma limitação deste trabalho concentra-se em não fornecer uma visão de outros grupos, participantes, com características diferentes das que foram apresentadas. Isto permitiria identificar, comparar e validar outras necessidades que, por ventura, surgissem.

REFERENCIAS

[1] IBOPE (2010). "67,5 milhões de pessoas têm acesso à internet no Brasil". Disponível em: http://www.ibope.com.br/calandraWeb/servlet/CalandraRedirect?docid=581CAAB33B5EB6CF832576F700654339&temp=6&nome=home_materia&db=caldb&pub=T&proj=PortalIBOPE. Acesso em: 17 fev. 2011.

[2] Lévy, P. (1996). "O que é o virtual". SP: Editora 34. 2ª edição.

[3] Baltazar, N. e Germano, J. (2006). "Os WeBlogs e a sua apropriação por parte dos jovens universitários. - O caso do curso de Ciências da Comunicação da Universidade do Algarve" - Escola Superior de Educação – Universidade do Algarve – Revista da Ciência de Informação e Comunicação – Outubro 2006. Disponível em:http://prisma.cetac.up.pt/artigospdf/1_neusa_baltazar_e_joana_germano_prisma.pdf. Acesso em: 19 ago. 2009.

[4] Grotto, E. M. B.,et all. (2005). "Interação em ambientes baseados na web: uma reflexão necessária". Disponível em:< http://www.cinted.ufrgs.br/ciclo3/af/13-interacao.pdf>. Acesso em: 26 mar.2009.

[5] The Horizon Report – New Media Consortium and Educause Learning Initiative – Edition 2007. Disponível em: < http://www.nmc.org/pdf/2007_Horizon_Report.pdf>. Aceso em: 09 out. 2010.

[6] TORI, R. – Educação sem distâncias - Tecnologias interativas na redução de distâncias em ensino aprendizagem. Escola do Futuro – Universidade de São Paulo. Editora SENAC. São Paulo. 2010.

[7] Litto, F. M. – Aprendizagem a distância. Editora Imprensa Oficial. São Paulo. 2010.

[8] Brito, J. A. (2010). "Engajamento em atividades assíncronas na modalidade de ensino a distancia: requisitos de interfaces colaborativas". Dissertação de mestrado em computação. Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Cin. Ciência da Computação (UFPE).

[9] Stahl, G., Koschmann, T., Suthers, D. (2006). "Aprendizagem colaborativa com suporte computacional: Uma perspectiva histórica". Traduzido por Hugo Fuks, Tatiana Escovedo (Português do Brasil).

[10] Vygotsky, L. S.(1994). “Formação Social da mente”. 3ª edição. São Paulo.

[11] Folha Online (2009). “Diários virtuais se popularizam na Internet”,. Disponível em:< www1.folha.uol.com.br/folha/informática/ult124u12364.shtml>. Acesso em: 19 ago. 2009.

Modelo para Avaliação da Qualidade de Sítios Web

Álvaro Rocha
Universidade Fernando Pessoa
Porto, Portugal
amrocha@ufp.pt

José Avelino Victor
Instituto Superior da Maia
Maia, Portugal
javemor@ismai.pt

Patrícia Leite Brandão
Paulo Teixeira
Joaquim Gonçalves
Instituto Politécnico do Cávado e do Ave
Barcelos, Portugal
plbrandao@ipca.pt
pteixeira@ipca.pt
jgoncalves@ipca.pt

Abstract— **A qualidade de sítios Web é de importância estratégica para as organizações e para a satisfação dos seus clientes. Neste artigo propomos uma estrutura de alto nível para avaliação da qualidade global de um sítio Web. Essa estrutura assenta em três dimensões principais (conteúdos, serviços, técnica), características, sub-características e atributos, que potenciarão o desenvolvimento de metodologias abrangentes de avaliação, comparação e melhoria da qualidade de sítios Web, alinhadas com sectores de actividade específicos.**

Keywords- Sítios Web; Avaliação da qualidade; Modelo de avaliação.

I. INTRODUÇÃO

Com a proliferação de sítios Web e investimentos efectuados nos mesmos, a avaliação da qualidade de sítios Web tem-se tornado uma actividade importante [23]. As organizações investem tempo e dinheiro para desenvolverem e manterem a qualidade dos seus sítios Web. Estes sítios Web devem proporcionar um canal efectivo de informação e comunicação entre as organizações e os seus clientes. Nalguns casos, são parte do produto oferecido, disponibilizando serviços úteis aos clientes [7].

Obviamente que um sítio Web deve reflectir claramente os esforços de qualidade levados a cabo por uma organização, uma vez que é uma parte importante da ligação com os clientes. Os sítios Web modernos apresentam uma variedade significativa de características, complexidade de estrutura e pluralidade de serviços oferecidos [17]. Como no caso de todos os sistemas de informação, a avaliação de sítios Web é um aspecto do seu desenvolvimento e operação que pode contribuir para o aumento da satisfação dos utilizadores [7] e para a maximização dos recursos investidos [6].

Com esta investigação pretendemos propor uma estrutura de alto nível para avaliação da qualidade global de um sítio Web. Essa estrutura poderá servir de base ao desenvolvimento de metodologias específicas de avaliação, comparação e melhoria da qualidade de sítios Web, para diferentes sectores de actividade. Assim, nas próximas secções introduzimos o conceito de qualidade, propomos três dimensões principais para a qualidade de sítios Web e identificamos as formas de avaliar a qualidade em cada uma destas dimensões, apresentamos a proposta de estrutura para avaliação da qualidade global de um sítio Web e, por último, elencamos algumas conclusões.

II. QUALIDADE DE SOFTWARE

As pessoas procuram qualidade em cada artefacto que criam, não sendo excepção o software. O software é um dos artefactos estratégicos da Sociedade da Informação. Com a explosão da Internet e consequente disponibilização exponencial de conteúdos e serviços por meio de sítios Web, uma revolução de qualidade foi-se espalhando rapidamente por todo o mundo [23].

Os assuntos relacionados com a qualidade de sítios Web vêm, pois, preocupando muitos sectores de actividade. Contribuições diversas para o campo da qualidade de sítios Web assim como diferentes escolas de pensamento têm-se focado principalmente na definição de qualidade, na sua estrutura e na forma de ser medida [e.g., 11, 21].

Neste artigo adoptamos a definição de qualidade da mais recente norma da ISO (Organization for Standardization) para a qualidade de software, quer por se enquadrar nos objectivos do mesmo, quer pela sua abrangência e completude, quer pelo prestígio da entidade em causa. Assim, entendemos a qualidade de software como "*a capacidade de um produto de software para satisfazer necessidades explícitas e implícitas, quando usado sob condições especificadas*" [16].

III. DIMENSÕES DE QUALIDADE DE SÍTIOS WEB

Os conteúdos e os serviços são as razões da existência de um sítio Web. Assim, considerando os resultados de investigações conduzidas e/ou orientadas por um dos autores [e.g., 30] e ainda a sistematização do conhecimento disponível em bibliografia diversa, a qualidade de sítios Web é susceptível de se agrupar em três dimensões principais (*Figura 1*): Qualidade de conteúdos; Qualidade de serviços; e Qualidade técnica.

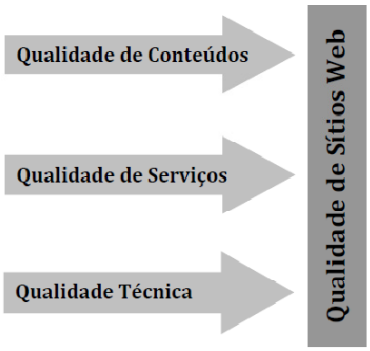


Figura 1 – Dimensões Principais da Qualidade de Sítios Web

Na primeira dimensão as preocupações estão centradas na qualidade dos conteúdos e não na sua existência, que deve ser uma preocupação da dimensão qualidade técnica. Na qualidade dos conteúdos são avaliadas atributos como, por exemplo: exactidão, completude, pertinência, oportunidade, consistência, coerência, actualidade, ortografia e sintaxe.

Na segunda dimensão as preocupações estão centradas na qualidade dos serviços disponibilizados nos sítios Web. Na qualidade dos serviços são avaliados atributos como, por exemplo: segurança, fiabilidade, privacidade, realização, competência, eficiência, exactidão, oportunidade, disponibilidade, tempo de resposta, economia de tempo, empatia, reputação e personalização.

Finalmente, na terceira dimensão, as preocupações estão centradas na qualidade técnica dos sítios Web, ou seja, nos atributos de qualidade que normalmente são considerados em normas de qualidade de software como a ISO/IEC 9126 [14] e a sua sucessora ISO/IEC 25010 [12]. Assim, são avaliados atributos como, por exemplo: mapa de navegação, caminho, motor de pesquisa, tempo de descarregamento das páginas, compatibilidade com browsers, ligações quebradas e acessibilidade.

A partir da bibliografia e da nossa experiência temos constatado que não existe uma metodologia de avaliação que foque transversal, integrada e abrangentemente estas três dimensões principais da qualidade de sítios Web.

IV. AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE CONTEÚDOS

A avaliação da qualidade de conteúdos recorre sobretudo a metodologias assentes em escala de Likert, para aferir junto de respondentes (utilizadores, linguistas e peritos relacionados com os conteúdos apresentados nos sítios Web) a qualidade dos conteúdos. Nesta dimensão destacam-se esforços de investigação como, por exemplo: Bernstam et al. [3], Hargrave et al. [9], Parker et al. [26], Richard et al. [29], Caro et al. [4] e Moraga et al. [22].

Uma possível estrutura a utilizar num instrumento de medição da qualidade de conteúdos poderá adoptar um formato similar ao sugerido por Moraga et al. [22] (Tabela 1), o qual já está alinhado com a norma ISO 25012 [13], e que é o contributo mais relevante que encontrámos para esta dimensão.

Tabela 1 – Estrutura para medição da qualidade de conteúdos [22].

Pontos de Vista	Categorias	Características	Sub-características
Inerente	**Intrinseco:** Denota que os dados têm qualidade, por direito próprio	Exactidão	
		Credibilidade	Objectividade
			Reputação
		Rastreabilidade	
		Actualidade	
		Expiração	
		Completude	
		Consistência	
		Acessibilidade	
		Conformidade	
		Confidencialidade	
		Eficiência	
		Precisão	
		Compreensibilidade	
Dependente do sistema	**Operacional:** Sublinha a importância do papel dos sistemas, isto é, o sistema deve ser acessível, mas seguro	Disponibilidade	
		Acessibilidade	Interactivo
			Facilidade de operação
			Suporte ao cliente
		Verificabilidade	
		Confidencialidade	
		Portabilidade	
		Recuperabilidade	
	Contextual: Sublinha que a qualidade dos dados deve ser considerada no contexto da tarefa em mãos	Validade	Fiabilidade
			Âmbito
		Mais-valia	Aplicabilidade
			Flexibilidade
			Novidade
		Relevância	Novidade
			Oportunidade
		Especialização	
		Utilidade	
		Eficiência	
		Eficácia	
		Rastreabilidade	
		Conformidade	
		Precisão	
	Representacional: O sistema deve apresentar os dados de tal forma, que sejam interpretáveis, de fácil compreensão, e representados de forma concisa e coerentemente	Representação concisa	
		Representação consistente	
		Compreensibilidade	Interpretabilidade
			Quantidade de dados
			Documentação
			Organização
		Atractividade	
		Legibilidade	

Para classificar cada um dos atributos os avaliadores deverão ler e analisar atentamente o conteúdo de cada uma das páginas dos sítios Web ou então somente das páginas até um nível de profundidade pré-definido.

Os avaliadores poderão classificar a qualidade dos conteúdos dos sítios Web, por exemplo, numa escala de Likert de 5 pontos (1- Má; 2 – Medíocre; 3 – Razoável; 4 - Boa; 5 – Muito Boa).

V. AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE SERVIÇOS

A avaliação da qualidade de serviços on-line, que inclui, por exemplo, na área da saúde, a qualidade do agendamento de actos de saúde, da renovação de prescrições, ou da aquisição de medicamentos, normalmente recorre a metodologias que avaliam os procedimentos no back-office e/ou a satisfação dos utilizadores sobre serviços disponibilizados nos sítios Web. Nesta dimensão destacam-se esforços de investigação como, por exemplo: Parasuraman et al. [27], Zhao [31], Arshad et al. [2], Li & Suomi [19], Al-Momani. & Noor [1], Cernea et al. [5], Li & Suomi, R. [19] e Hamadi [8].

Uma possível estrutura a utilizar num instrumento de medição da qualidade de serviços poderá adoptar o formato do exemplo que disponibilizamos na Tabela 2, adaptada da escala de qualidade de serviços de Parasuraman et al. [27], e que é o contributo mais relevante que encontrámos para esta dimensão. As variáveis (2ª coluna) encontram-se agrupadas por características (1ª coluna).

Os avaliadores podem classificar a qualidade dos serviços dos sítios Web, por exemplo, numa escala de Likert de 5 pontos (1- Discordo Totalmente; 2 – Discordo; 3 – Não Concordo Nem Discordo; 4 - Concordo; 5 – Concordo Totalmente).

Tabela 2 – Estrutura para medição da qualidade de serviços [27].

		1	2	3	4	5
Eficiência *A facilidade de utilização e a velocidade de acesso ao site*	Este site faz com que seja fácil encontrar o que eu preciso					
	Torna fácil chegar a qualquer lugar no site					
	Permite-me concluir uma transacção rapidamente					
	A informação neste site está bem organizada					
	Carrega as páginas rapidamente					
	Este site é simples de usar					
	Este site permite-me chegar a ele rapidamente					
	Este site está bem organizado					
Cumprimento *A extensão em que o prometido no site sobre a disponibilidade dos itens e as entregas de encomendas são satisfeitos*	Satisfaz as encomendas quando prometido					
	Este site tem itens disponíveis para entrega dentro de prazos adequados					
	Ele fornece rapidamente o que eu encomendei					
	Ele envia/entrega os artigos encomendados					
	Ele tem em stock os itens que a empresa alega ter					
	É verdadeiro sobre a sua oferta					
	Faz promessas precisas/exactas sobre a entrega de produtos					
Disponibilidade do Sistema *O correcto funcionamento técnico do site*	Este site está sempre disponível para negócio					
	Este site lança e executa imediatamente					
	Este site não cai					
	As páginas neste site não bloqueiam depois de introduzir a informação do pedido/encomenda					
Privacidade *A extensão na qual o site é seguro e protege a informação do cliente*	Protege as informações sobre o meu comportamento de compras na Web					
	Não compartilha minhas informações pessoais com outros sites					
	Este site protege as informações sobre o meu cartão de crédito					
Receptividade *Tratamento eficaz de problemas e devoluções através do site*	Proporciona-me opções convenientes para a devolução de itens					
	Este site trata as devoluções de produtos bem					
	Este site oferece uma garantia significativa					
	Diz-me o que fazer se a minha transacção não for processada					
	Cuida dos problemas rapidamente					
Compensação *A extensão em que o site compensa os clientes por problemas*	Este site compensa-me por problemas que cria					
	Compensa-me quando não chega a tempo o que eu pedi					
	Vem buscar os itens que eu quero devolver desde a minha casa ou empresa					
Contacto *A disponibilidade de assistência por telefone ou representantes online*	Este site disponibiliza um número de telefone para chegar à empresa					
	Este site tem representantes disponíveis online para assistência aos clientes.					
	Ele oferece a possibilidade de falar com uma pessoa presencialmente, se houver um problema					

VI. AVALIAÇÃO DA QUALIDADE TÉCNICA

A dimensão técnica está relacionada com o modo como os conteúdos e os serviços são montados e disponibilizados num sítio Web.

A avaliação da qualidade técnica recorre a modelos ou normas da qualidade de software e a métodos focados na usabilidade, derivados de investigação na área da interacção homem-computador (HCI). As metodologias do primeiro grupo incluem, entre outras, as normas ISO/IEC 9126 [14] e ISO/IEC 25010 [12]. O segundo grupo inclui a abordagem que emergiu com a natureza hipermédia da Web e a importância da concepção da interface para acelerar o acesso à informação e aos serviços, melhorando no global a interacção homem-computador, e inclui normas como a ISO/IEC 9241 [15]. Esta abordagem define qualidade em termos de usabilidade, tendo em consideração a visão do utilizador [e.g., 10, 24].

1.Usabilidade
- 1.1 Entendimento global do site
  - 1.1.1 Esquema de organização global
    - 1.1.1.1 Mapa do site
    - 1.1.1.2 Tabela de conteúdos
    - 1.1.1.3 Índice alfabético
    - 1.1.1.4 Localizador no mapa
  - 1.1.2 Tarefas de navegação
    - 1.1.2.1 Navegabilidade
      - 1.1.2.1.1 Orientação
        - 1.1.2.1.1.1 Indicador do caminho
        - 1.1.2.1.1.2 Marcador da posição atual
    - 1.1.2.2 Objetos de controle de navegação
      - 1.1.2.2.1 Apresentação dos controles contextuais
        - 1.1.2.2.1.1 Permanência dos controles
        - 1.1.2.2.1.2 Intuitividade dos controles
      - 1.1.2.2.2 Mecanismos de rolagem
        - 1.1.2.2.2.1 Vertical
        - 1.1.2.2.2.2 Horizontal
    - 1.1.2.3 Intuitividade da navegação
      - 1.1.2.3.1 Título do link
      - 1.1.2.3.2 Qualidade da frase do link
  - 1.1.3 Visita guiada para estudantes
  - 1.1.4 Mapa de imagens
- 1.2 Ajuda ao usuário
  - 1.2.1 Qualidade da ajuda
    - 1.2.1.1 Ajuda geral direcionada para o estudante
    - 1.2.1.2 Ajuda para busca
  - 1.2.2 Indicador de atualização
    - 1.2.2.1 Global
    - 1.2.2.2 Por subsite ou página
  - 1.2.3 Acesso aos endereços
    - 1.2.3.1 Endereço eletrônico
    - 1.2.3.2 Telefone/fax
    - 1.2.3.3 Ramais internos
    - 1.2.3.4 Endereço para correspondência
  - 1.2.4 FAQ
  - 1.2.5 Formulários de retorno
    - 1.2.5.1 Questionários
    - 1.2.5.2 Livro de visitas
    - 1.2.5.3 Comentários

Figura 2 – Excerto da estrutura para medição da qualidade técnica [28].

A qualidade técnica é, de entre as três dimensões principais, a que tem recebido mais atenção da parte dos investigadores, havendo muitas propostas metodológicas que focam a sua avaliação. De entre essas propostas, o trabalho de Olsina [25] e outros por si inspirados (e.g., Reis [28], Machado e Rocha [20]) parecem-nos dos mais significativos, porque assentam as suas metodologias nas características de qualidade de alto nível da ISO 9126 [14] que interessam aos utilizadores dos sítios Web (usabilidade, funcionalidade, fiabilidade, eficiência). A Figura 2 apresenta um excerto da estrutura adoptada por Reis [28] para avaliação da qualidade técnica.

A medição da qualidade técnica também poderá ser efectuada com base numa escala de Likert de 3 ou 5 pontos, sendo a primeira normalmente denominada de uma avaliação por semáforo.

VII. ESTRUTURA PARA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE GLOBAL DE UM SÍTIO WEB

Considerando as três dimensões principais da qualidade de sítios Web propostas neste artigo, derivado da sistematização de literatura e da na nossa experiência enquanto utilizadores de sítios Web e peritos e investigadores na área da sua engenharia, propõe-se agora uma estrutura de alto nível para avaliar de forma abrangente, transversal e pormenorizada a qualidade global de um sítio Web.

Esta estrutura organiza-se nas três dimensões principais da qualidade de sítios Web, constituídas por características e estas, por sua vez, constituídas por atributos, como exemplificado na Figura 3. Por vezes as características poderão ser constituídas por mais do que um nível de sub-características.

As metodologias de avaliação, comparação e melhoria da qualidade de sítios Web que sejam desenvolvidas com base na estrutura proposta devem estar configuradas para acomodarem adaptações alinhadas com o sector de actividade em que sejam aplicadas, porque a estrutura adequada de sub-características e atributos de qualidade é, normalmente, diferente entre sectores de actividade. Por outro lado, devem estar configuradas de modo a não existirem sobreposições entre as características, sub-características e atributos das três dimensões da qualidade.

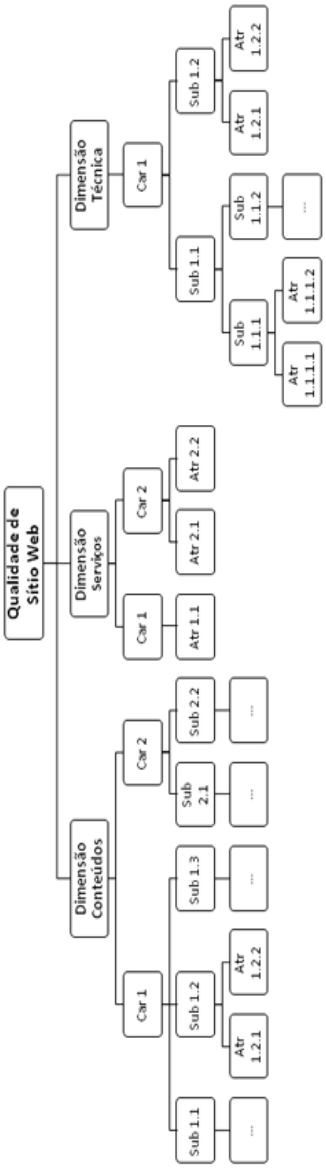


Figura 3 – Excerto de estrutura de alto nível para a medição da qualidade global de um sítio Web.

VIII. CONCLUSÃO

Com este artigo pretendemos apresentar uma proposta de estrutura de alto nível para avaliação da qualidade global de um sítio Web. Como conclusão alguns aspectos poderão ser salientados:

a) A qualidade de sítios Web é de importância estratégica para as organizações e para a satisfação dos seus clientes;

b) A qualidade de sítios Web deve assentar na medição da qualidade de três dimensões principais: conteúdos, serviços e técnica;

c) Uma estrutura assente nestas três dimensões, características, sub-características e atributos potenciará uma avaliação transversal, integrada e pormenorizada da qualidade de um sítio Web;

d) Uma boa metodologia de avaliação, comparação e melhoria da qualidade de sítios Web deve integrar adequadamente as três dimensões de qualidade consideradas e proporcionar a possibilidade de adaptação ao sector de actividade visado.

O próximo passo da nossa investigação consistirá no desenvolvimento de uma metodologia de avaliação, comparação e melhoria da qualidade de sítios Web institucionais de hospitais, baseada na estrutura de alto nível proposta neste artigo, e será construída e validada com a ajuda de peritos em Engenharia Web e utilizadores de sítios Web hospitalares. A necessidade desta metodologia justifica-se pelo facto de não conhecermos nenhuma que proporcione uma avaliação abrangente e pormenorizada, integrando as três dimensões principais de um sítio Web: conteúdos, serviços e técnica.

REFERENCES

[1] Al-Momani, K. & Noor, N. (2009). E- Service Quality, Ease of Use, Usability and Enjoyment as Antecedents of E-CRM Performance: An Empirical Investigation in Jordan Mobile Phone Services. *The Asian Journal of Technology Management*, 2, 2, 2009, 11-25.

[2] Arshad, N., Ahmad, F. & Janom, N. (2007). Empirical Study on Electronic Service Quality. *Public Sector ICT Management Review*, 2, 1, pp. 29-37.

[3] Bernstam, E. V., Shelton, D., Walji, M., Meric-Bernstam, F. (2005). Instruments to assess the quality of health information on the World Wide Web: What can our patients actually use? *International Journal of Medical Informatics*, 74, pp. 13-19.

[4] Caro, A., Calero, C., Caballero, I., Piattini, M. (2008). A proposal for a set of attributes relevant for Web portal data quality. *Software Quality Journal*. 16, pp. 513-542.

[5] Cernea, S.O., Sîrbu J. & Mărginean, N. (2009). Determination of Users Satisfaction Level Regarding the Quality of E-Services Provided by Bogdan-Voda University. *Annales Universitatis Apulensis Series Oeconomica*, 11, 2, pp. 652-661.

[6] Cheung, C and Lee, M. (2008), The Structure of Web-Based Information Systems Satisfaction: Testing of Competing Models. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 59, 10, pp. 1617-1630.

[7] Grigoroudis, E., Litos, C., Moustakis, V., Politis, Y. and Tsironis, L. (2008), The assessment of user-perceived web quality: Application of a satisfaction benchmarking approach, *European Journal of Operational Research*, Vol. 187, No. 3, pp. 1346-1357,

[8] Hamadi, C. (2010). The Impact of Quality of Online Banking on Customer Commitment, *Communications of the IBIMA*, Vol. 2010, pp. 1-8.

[9] Hargrave, D.R., Hargrave, U.A. and Bouffet, E. (2006). Quality of health information on the Internet, *Neuro-Oncology*, 8, pp. 175–182.

[10] Hinchliffe, A. and Mummery, W.K. (2008). Applying usability testing techniques to improve a health promotion website, *Health Promotion Journal of Australia*, 19 (1), pp. 29-35.

[11] Ho-Won, J. Seung-Gweon, K. and Chang-Shin Chung (2004). Measuring Software Product Quality: A Survey of ISO/IEC 9126, *IEEE Software*, Vol. 21, nº.5, pp. 88-92

[12] ISO/IEC (2011). *ISO/IEC 25010:2011, Systems and software engineering -- Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) -- System and software quality models*, International Organization for Standardization.

[13] ISO/IEC (2008). *ISO/IEC 25012:2008, Software engineering -- Software product Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) -- Data quality model*. International Organization for Standardization.

[14] ISO/IEC (2001). ISO 9126-1:2001, *Software engineering -- Product quality -- Part 1: Quality model*. International Organization for Standardization.

[15] ISO/IEC (1998). *ISO 9241-11:1998 - Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs) -- Part 11: Guidance on usability.* International Organization for Standardization.

[16] ISO/IEC. (2005). ISO/IEC 25000: *Software Engineering -- Software product Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) -- Guide to SQuaRE*. International Organization for Standardization.

[17] Kappel, G., Proll, B., Reich, S. and Retschitzegger, W. (2006), *Web Engineering: The Discipline of Systematic Development of Web Applications*, Wiley.

[18] Li, H. and Suomi, R. (2007) Evaluating Electronic Service Quality: A Transaction Process Based Evaluation Model. In Remenyi, Dan (editor) *Proceedings of ECIME 2007 The European Conference on Information Management and Evaluation*. Montpellier, France, 20-21 September 2007, 331-340. ISBN 9781905305551.

[19] Li, H. and Suomi, R. (2009). A Proposed Scale for Measuring E-service Quality, *International Journal of u- and e-Service, Science and Technology*, 2, 1, 1-10.

[20] Machado, R. e Rocha, A. (2008). Avaliação da Qualidade de Sítios Web Institucionais: Aplicação de Métrica às Faculdades de Medicina do Espaço Ibérico. *Revista da Faculdade de Ciência e Tecnologia da Universidade Fernando Pessoa*, Nº. 3, pp. 76-87. ISSN: 1646-0502.

[21] Mich, L., Franch, M. and Gaio, L. (2003). Evaluating and Designing Web Site Quality. *IEEE Multimedia*, 10, 1, pp. 34-43.

[22] Moraga, C. Moraga, M.A., Caro, A. & Calero, C. (2009). SPDQM: SQuaRE-Aligned Portal Data Quality Model, *Proceedings of 2009 Ninth International Conference on Quality Software*, Jeju, Korea, August 24-August 25, 2009, pp. 117-122, ISBN: 978-0-7695-3828-0.

[23] Naik, K. & Tripathy, P. (2008). *Software Testing and Quality Assurance*. Wiley.

[24] Obeso, M. (2004). *Metodología de Medición y Evaluación de la Usabilidad en Sitios Web Educativos*. Tesis Doctoral. Universidad de Oviedo.

[25] Olsina, L. (2000). *Metodología Cuantitativa para la Evaluación y Comparación de la Calidad de Sitios Web*. Tesis Doctoral. Universidad Nacional de La Plata, Argentina.

[26] Parker, M. B., Moleshe, V., De la Harpe, R. & Wills, G. B. (2006). An evaluation of Information quality frameworks for the World Wide Web. In: *8th Annual Conference on WWW Applications*, 6-8th September 2006, Bloemfontein, Free State Province, South Africa.

[27] Parasuraman, A., Valarie A. Zeithaml, and Arvind Malhotra (2005). E-S-QUAL a multiple-item scale for assessing electronic service quality. *Journal of Service Research*, 7, 213–233.

[28] Reis, T. (2004). *REQE - Uma Metodologia para Medição de Qualidade de Aplicações Web na Fase de Requisitos*. Dissertação de Mestrado, Universidade de Pernambuco, Brasil.

[29] Richard JL, Schuldiner S, Jourdan N, Daurès JP, Vannerau D, Rodier M, Lavit P. (2007). The Internet and the diabetic foot: quality of online information in French language. *Diabetes & Metabolism*, 33, 3: 197-204.

[30] Rocha, A. and Victor, A. (2010). Quality of Hotel Websites - Proposal for Development of an Assessment Methodology. *TOURISMOS - An International Multidisciplinary Journal of Tourism*, 5, 1: 173-178.

[31] Zhao, P. (2005). *Relationship between Online Service Quality and Customer Satisfaction: A Study in Internet Banking*. Master Thesis, Luleå University of Technology, Sweden.

Adolescents and Mobile Telephones in Rural Areas

A Case Study in Galicia

C.Ferrás, Y.García, C.Pollán, Mª. Pose
Gist-Idega
University of Santiago de Compostela
Galicia. Spain
Gist-formacion@usc.es

Abstract— **The present article shows the findings of research on a group of secondary school students from an agricultural district in inland Galicia. Research methods used include quantitative and qualitative techniques as well as participant observation. The authors analyze to what degree and for what purpose rural youth communicate via mobile telephone and if gender accounts for any significant differences in this usage. Our findings show that rural youth are indeed avid users of mobile telephones and suggest that because of this they are getting around the physical and technological inaccessibility and isolation inherent in rural areas.**

Keywords-component; mobile telephone, text message, adolescents, digital divide, rural isolation, Galicia.

I. INTRODUCTION

The isolation of rural communities has been a recurring topic throughout time (Copus 2001). Rural youth have never had ready access to means of communication as urban youth have because the arrival and spread of innovation and technology to rural and outlying areas has always lagged behind (Cairncross 1997). Likewise, because of pure physical distance and low population density, face-to-face communication has also been greatly limited. That is why the habits of social relationships and communication have always been different in rural and urban areas (Cairncross 1997; Kalantaridis 2006). But now we are currently witnessing a completely new social scene where rural youth participate fully in mobile communication and the possibilities of future economic development that this might mean will no longer depend on nor will be determined by inaccessibility and isolation (Friedman 2006). Conventional telephones were slow to arrive to Galician towns and villages, but our findings show that mobile telephone usage is quickly spreading and with it the possibility of overcoming the geographical and social isolation and inaccessibility inherent in rural areas.

The present article offers the findings of research carried out on a group of secondary school students from the district of Santa Comba, an agricultural region found in the interior of A Coruña, Galicia. Our research methods include quantitative and qualitative techniques as well as participant observation in group work sessions held on various occasions in the students' school. These findings show that mobile communication is fully in place in rural communities raising interesting questions regarding rural isolation and the future of communication. Our objective is to verify why rural adolescents use mobile telephones, if there is any significant gender difference in their usage, and if the language used in the virtual space of text messages is the same they normally use in real situations.

A. How do today's youth communicate?

Mobile telephones are one of the most widespread forms of technology used among adolescents in the Information Society and the one with the greatest functional impact in terms of gender (Martínez et al. 2009).

In general, data from the literature refer to the existence of a digital gender divide in the use and integration of new information and communication technologies (Wajcman 2006; Castaño 2008). Mobile phones, however, possess a special set of attributes which make them particularly appealing to the feminine public, especially to adolescents. These characteristics are related to the qualitative features of the mobile, which Martínez et al. (2009) sum up as follows: its personal nature as an extension of social life; its relationship to the formation of identity, aesthetically as well as functionally; its influence on the redistribution of the time and place of social interactions; and its extremely powerful quality as a socializing agent and facilitator of the reconciliation between family and social life. Apart from these, there are equally important factors related to exclusivity, intimacy, privacy, and safety (Inkinen 2008; Martínez et al. 2009).

Apart from these features, there are quantitative ones as well which contribute to the widespread use of the mobile among all adolescents: freedom of movement, easy accessibility, text messaging, language efficiency, multifunctionality, and leisure activities. One must also add that parents are equally involved in mobile use, for they see mobile phones as a way to keep tabs on their children. In adolescence, young people find themselves on the road to adulthood, a road where everything is confusing and the formation of identity is a troubling and turbulent process. They thus place far greater importance on friends than they do on family (Naval 2005). In this sense, and according to Ling (2002), mobile phones give them a way to communicate with their social network of peers free from parental control.

Along with their socialization aspect, in that they allow people to maintain immediate contact with their social networks, mobiles have also meant a sort of liberation for adolescents from their parents. Besides, having a mobile is a way for adolescents to define their identity, not only through its numerous functional features which can be customized in so many different ways, but also through the creation of their own codes of communication (Ling 2002. As Martínez et al. (2009) confirm, in many cases mobile phones are not used for actual conversation but rather as a search for emotional involvement or a kind of virtual co-presence. "This is especially important for the rural youth in our study who, because of geographical distances and low population density, cannot physically "be there."

Already for some years now, many linguists have found it more appealing to deal with communication than with language and to concern themselves with all those aspects, codes and phenomena that intervene in the communicative process. For this reason, pragmatics has gained followers among language scholars: how the communicative situation surrounding the speakers --their shared understanding of the world, deductions, inferences and implications-- also forms part of the message and gives "meaning" to its production. We can decipher the meaning of an isolated utterance if we understand the code in which it was produced. But we are only able to truly understand its meaning if we understand in what context and situation it was produced; what purpose it serves in the interaction; and who used it and under what social, personal, and cultural circumstances.

II. Metodology And Field Work

Our case study takes place in a secondary school in Santa Comba, a rural agricultural district in Galicia located some 35 kilometers from Santiago de Compostela. From a socioeconomic perspective, the regional surroundings of Santa Comba respond to rural patterns of low demographic density. It has a total population of some 10,500 inhabitants distributed throughout dozens of farms and villages. It has clearly undergone pronounced rural flight and has become demographically recessive in the last four decades. Nonetheless, Santa Comba has highly fertile land for cattle ranching and specializes in dairy cattle and milk production.

In the first phase of data collection we employed focus group techniques to gather the opinions of 19 tenth-grade students (seven boys and 12 girls) all between the ages of 14 and 15. Among the topics debated were the following:

- Ownership of digital technologies
- Ability and experience using digital technologies
- Patterns of interaction and communication
- Expression of identity
- Invasion of privacy and control in mobile telephone usage
- Physical and emotional safety
- Addictive behavior in the use of digital technologies

During the debate, we systematically introduced general information about the topics to be discussed. From there, each student gave his or her individual opinion on and subjective evaluation of that information. These opinions and evaluations would then serve to open group dialogs and orderly discussions. As observers, although we attempted not to influence the participant's opinions, we have no way of knowing exactly to what extent our presence as researchers conditioned the results.

In the second phase of research, we collected, observed and analyzed the mobile text messages of 16 seventh-grade students (eight boys and eight girls). To do so, students were asked to complete an open survey in which they reproduced the text messages they had sent prior to completing the survey and that were saved in "sent messages" on their mobiles. The students chose which messages to include and reproduced the text exactly as it had been sent. In addition, they also rewrote the text as it would appear in its full form using formal rules of writing. We also collected data regarding their age (all were born between 1996 and 1997), sex, language of choice, and approximate time they spend sending text messages every day.

III. Young People Permanently Connected. The Telephone That Is Never Turned Off.

The findings of this study show that adolescents use a wide variety of mobile phone functions: making voice and missed calls, taking and downloading photos, listening to music, exchanging files, and playing games, among others. For the majority of adolescents, mobile phones represent an extension of their social life, a form of making their presence known and of displaying their personality to their peers. This expression of identity occurs both in the usage of the phone as well as through the actual phone itself (such as customized faceplates, ringtones, icons, and wallpapers).

In general, mobile phones have become an everyday object for adolescents which they have fully integrated their lives. All of the adolescents who participated in the focus groups have their own mobile phone. They do admit, though, that in some places, like at school, they knowingly run the risk of having them taken away. The following type of comment was frequent among participants: "At school we can't have mobiles. Either you hide it really well or they take it away from you. But everyone takes one anyway."

In addition, we observed that of all the functions that mobile phones offer, the one adolescents use most is text messaging. However, this has more to do with an economic decision than with a personal choice. In fact, the majority of

the students surveyed, especially the boys, prefer to call their friends rather than to make the effort to compose a text message. The following types of comments were frequent in the focus group discussions:

- Girl: "We send more messages, lots more, all of them."
- Boy: "I also prefer to call, I'm really lazy. It takes me forever to type a message."

What is striking in many cases is that mobiles are not used to talk per se but rather to set up an alternative interaction through physical contact or another technological device (the Internet or a landline phone). Here, it is the context that gives meaning to the interaction:

We observed that girls value their intimacy and privacy in their communications more and that mobiles certainly form part of this private sphere. As one girl explains, "You can't use the Internet to actually talk, you always have to type. And if, let's say, you're talking to someone and are afraid that someone else might see you, or something like that, it's better to talk on the phone.

For the majority of the participants, mobiles are indispensable to communicate with their peers, not because they can actually say things, but because they can maintain contact with each other. Mobile technology is seen as an extension of their body; it is never switched off and goes wherever they go. They need to be permanently connected:

- Girl: "I hardly talk on Tuenti [1]... you're never connected at the same time unless you say that you'll call and hang up so they know to connect, and basically when I want to set up a time to talk with people, I do this, I say: 'Give me a missed call (on my mobile) and we can talk on Tuenti." It's easier. It's like we use our mobile to send to notify each other about something, but we talk on the Internet. Mobiles are for when you don't have Internet right then."

In this sense, using a mobile has more to do with being connected than with the specific content of the message itself. This gives mobile communication a phatic-appellative function. The speaker appeals to the receiver to make his/her presence known while simultaneously making his/her own presence known to the group.

- Boy: "But it's like lots of times, OK, you can think about what you're going to say, but you talk just to be talking, you say silly things, just because it's free and you want to use up the messages you've got left [referring to the free message offers by mobile phone companies], and so you write "Hey! what's up?" and you send it to various numbers."

We also confirmed that only on rare occasion do mobiles constitute an invasion of privacy. Precisely because they are in contact with their parents and the fact that there whereabouts are known, adolescents have more "freedom of movement". This means that adolescents feel that having a mobile actually grants them more independence.

- Girl: "I don't feel like my parents control me more. They don't call me so much, and besides, if I want to arrive a little late I call them and that's it. It's better."

Related to this last statement, mobiles quite often provide reassurance and peace of mind since the participants can always be located by their relatives or for their own safety, should they need help or assistance. This view is more widely held by girls:

- Girl: I feel safer, I know that if something happens to me I can call my parents so they can come and get me."

In terms of the level of dependency adolescents have on their mobiles, we observed that in general boys and girls demonstrate a certain degree of anxiety if they do not have their mobiles, though this is greater for girls. In extreme cases, mobiles even become a kind of "appendage to their biological body":

- Girl: "I would die! Once they took it away from me from Friday to Monday, and without a mobile I can't exist It's as if they had cut off my arm. I really have a fit."

IV. Analyzing The Function Of The Text Messages

The independent variable underlying this study is gender, the verification of identities or gender differences in the construction of mobile text messages. Along with gender, and as a dependent variable that might be influenced by it, we analyzed the linguistic function predominant in each message, that is, for what purpose and with what intention it was produced.

For adolescents, text messaging is a comfortable, affordable, and quick system of communication which it requires little time or money investment. It does, however, have its limitations: one cannot maintain lengthy and complex exchanges of any substance because of the frequent turn-taking required to do so. This does not seem to be their function for adolescents. In fact, occasionally text messages sent by young people, especially by boys, are used to redirect contact to an Internet chat room. In this way, text messages are used to meet in another communicative space, equally technological but more dynamic:

- RU gona cnnct 2day: Are you going to connect today? [Oxe vas contrite: Hoxe vas conectarte?] This is the only message in our sample from a girl.

A. *The "function of the message" variable*

The first problem when analyzing this variable is the lack of a context for the communicative exchange itself, a concrete conversational situation in which to interpret the message. Given the way in which we obtained our sample, it is not possible to reconstruct a hypothetical dialog (necessarily brief and simple) which each message forms a part of. In mobile text messages writing is radically altered because what is of interest to the sender is the context of the dialog, why and for whom the message is produced, and what the cheapest way, both economically and linguistically, is to do it. Consequently, the sender only needs those formal rules of language (and not very many at that) that guarantee that his/her intention is understood.

And what is this intention? In some cases, it is clearly to open or close an exchange; consequently, its function is phatic:

- Hi sweet <3. Hru.: Hi sweetheart. how are you. (opening)

But, a greeting does not always indicate this intention. There are messages where the sender uses a greeting to request something of the receiver, the message thus having an appellative function:

- Hi wen u cum cn u brng me d cam cord plz: Hi when you come can you bring me the camera cord please.

There are indeed numerous messages formulated as questions that request information but whose intention in the communicative context of the text message we intuit as being mostly phatic: to stimulate or incite an exchange, confirm a presence, or reaffirm a social relationship:

- WRU&? : Where are you at?

Messages consisting of only a greeting have this same function, sometimes openly stated by their author:

- WUP: What's up?

Although it is true that the dividing line between the appellative and phatic functions is what has generated the greatest number of doubts and difficulties in this study, on occasion there are other lines which are equally blurred [2] for one of the following two reasons:

1). There is a combination of various functions in a single message, sometimes because economy extends to turn-taking itself. Observe these examples:

- Dd u buy a gft 4 Noelia? Lmk. I alrdy dd.→ Did you buy a gift for Noelia? Let me know. I already did.
- Hlo Luchi! 2Day u cnt come cuz I'm nt home, sry. lY. :-) . Hi, Lucía! Today you can't come because I'm not home, sorry. Love you (smiley face).

2). There is an absence of punctuation marks which, although is not a problem for the participants in the dialog, does impede our understanding of the text. Again, knowing the complete dialog would be most helpful:

- Dyk whuz gonna b & d Montouto fstvl. → Do you know who's going to be at the Montouto festival.

In summary, we can affirm the following about the function of the text message:

- Although the intention behind the text message is clear for its users.
- The absence of punctuation does not impede understanding because it seems to be compensated by the context, the situation and the shared understanding of the world of the people involved in the exchange.
- The dividing line which has caused the most doubts is that separating (or approximating) the appellative and phatic functions in the formulation of the message. A significant proportion of the messages have a phatic-appellative function.
- It seems evident that the production of text messages means important economy both monetarily (curiously, some informants do not fully exploit this possibility, perhaps out of insecurity) and linguistically.

V. The Correlation Between The "Function Of The Message" And Gender

We correlated gender to the function of the message, acting as the independent and dependent variables, respectively. To do so, we used VARBRUL [3] computer software, the Goldvarb X version for Windows. The findings of how these two variables interact with each other are highly significant: VARBRUL, through multiple regression, reached convergence in the fifth iteration giving a value of significance of 0.002.

A percentage analysis of the cross-tabulation tables yielded the following results: almost half of the messages have an appellative function, 45.7 percent; 21.4 percent a phatic function; 17.1 percent a representative function; and 15.7 percent an expressive function. The most significant differences in terms of gender are the following: 65.6 percent of the messages with an appellative function are by boys compared to 34.4 percent by girls. These percentages are inverted for the phatic function: 63.3 percent for girls compared to 36.7 percent by boys. The expressive function is much more frequent among girls (77 percent compared to 23 percent), and the representative function the same (50 percent) for both.

There are 42 messages with an appellative function by boys, 32 of which contain a question and 10 an imperative. Crosstabulation of the variables question + imperative yields only one occasion where the two variables occur together. These results thus seem to indicate that boys prefer to use only one of these two resources, their preference being the interrogative. There are 22 messages with an appellative function by girls. Of these, 21 are formulated with a question and nine with an imperative. Coincidence of question and imperative is found in 9 girls messages. Thus, the use of both an interrogative [4] and an imperative for appellative function is more frequent in messages by girls, (found in at least eight messages).

As stated earlier, we also analyzed the appearance of politeness formulas and their relationship to the appellative function, if there was one, of the message. We were likewise interested in determining if boys and girls demonstrated different attitudes to them. The statistical analysis of this variable did not yield significant results given the scarce number of occurrences of these formulas. It seems there is little room for courtesy in text messages by adolescents: of 140 total messages only 15 contain expressions such as please, thanks, a model verb with an infinitive (can you tell me), among others. All but four of these messages correspond to girls.

We also examined if the use of the vocative [5] could be used to tone down the appellative force of the message and coded its use by differentiating between the absence of the vocative and the presence of a denotative or affective vocative. Here, the findings were equally insignificant, for 80.5 percent of the messages analyzed lack a vocative of any kind. Only 26 of the 140 messages contain a vocative, 19 of which are affective (cutie, hon, beautiful, sexy, sweetie) and seven denotative (the receiver's name). There are not any notable gender differences in the use of the affective vocative (eight cases by boys and 11 by girls). Likewise, the presence of the vocative is not associated with the appellative function of the message given that of the 19 messages containing affective vocatives, 10 are phatic, five appellative, and two expressive. The seven denotative vocatives that appear in the sample belong to messages with diverse linguistic functions.

VI. Conclusion And Final Remarks

- Obtaining data from female participants was much easier than from male participants; girls seem to take more advantage of this method of communication (text messaging) or at least are more willing to share their texting experience with greater enthusiasm. The reasons for this are unclear to us (perhaps boys have a greater sense of discretion, prefer other methods of communication, or have greater supervision by their families). One possibility contemplated and confirmed in this study is that boys and girls use text messaging for different reasons; therefore, it is more interesting and effective for one group than for the other. What our data reveal is that girls take particular advantage of this system of communication especially for expressive and phatic functions.
- The time these adolescents say they spend text messaging a day is clearly greater for girls than boys. we are witnessing that the digital divide is narrowing in rural areas, at least where the mobile phone is concerned.
- With text messaging lengthy and complex processes of interaction are not possible. When this is what adolescents want, they usually redirect the communication to more dynamic systems. Text messages do serve, albeit in the distance, to confirm a social relationship, the presence of the sender in the receiver's life that one is “there”.
- It is frequent, therefore, to see phatic messages (whose intention is to confirm that one is on line, connected, present and available) and appellative messages (whose intention is to solicit something from the other, to justify the opening of the channel with a demand). In many cases the phatic and appellative functions are inseparable: the request is to communicate, to say something to confirm the receiver's presence while making the sender's known.
- Working with a corpus of text messages instead of complete sequences of dialogs greatly limits our understanding of the messages and their true intentions. Only by having the sequence of turn-takings that comprise the complete communicative exchange can we begin to understand those messages whose intentions are ambiguous[6], analyze the presence of greetings and leave-takings, detect code-switching caused by external factors, and understand why so many punctuation marks have become superfluous in real communicative situations through written channels.
- The preference of boys is to use text messaging to construct messages with an appellative function, the number of messages with an expressive function being quite low. In their appellative messages, they have an overwhelming preference for interrogatives (properly punctuated or not). This is not the case for girls, who find text messaging even more useful for expressive and phatic intentions than for appellative ones.
- The text messages act as a virtual prolongation of the physical co-presence of the interlocutors, who have the sense of not being separated. Consequently, an abundant use of greetings and leave-takings is unnecessary, which are absent in 80.5 and 91.6 percent of the messages in our sample, respectively.
- Adolescents use text messaging primarily for appellative and phatic functions, a close relationship existing between the two. As Carmen Galán (2002) affirms that “being informed in these new times is nothing more than constantly being online, that is,

available to and locatable by everyone and for the most frivolous things.

- We can argue that traditional rural isolation is being overcome with the mobile telephone. Our case study in Galicia has demonstrated that rural youth show great interest in using mobile phones and use the technology available to be permanently connected, thus feeling closer emotionally to their peers. In the light of all these findings, and looking toward the future, we are left with interesting comparative research on urban youth.

REFERENCES

[1]. Tuenti is a Spain-based, invitation-only private social networking website that has been referred to as the "Spanish Facebook."(Definition from Wikipedia.). [2]. We have coded these cases as no applications because it is impossible to assign a sole linguistic function to them. [3] A software package that is widely used for quantitative studies on linguistic variation. It works with the statistical model of multiple regression. All the VARBRUL applications are free. The one used in this study can be downloaded along with its user manual at http://individual.utoronto.ca/tagliamonte/goldvarb.htm. A complete description of this application and its use in sociolinguistic research is found in Moreno Fernández (1994). [4] The use of a question mark is not necessary to identify this function. Example: "Despois queres vir comprar a tarde conmigo" (Later do you want to go shopping in the afternoon with me.) The modal verb "querer" (want) in the second person singular is adequate to assign an appellative-interrogative value to the utterance. [5] Vocative is the word or expression used indicate the person or thing being addressed. [6]. This happens more among boys than girls (only one case in our sample).

[1] F. Cairncross, The Death of Distance, Cambridge, Ma., Harvard Business School, 1997

[2] C. Castaño, "La segunda brecha digital", Madrid: Ediciones Cátedra, 2008

[3] A. Copus, "From Core-Periphery to polycentric development: Concepts of spatial and aspatial peripheriality", in European Planning Studies, nº. 9-4, pp. 539-552, 2001.

[4] T. Friedman, "La Tierra es plana. Breve historia del mundo globalizado del siglo XXI", Madrid, MR, 2006.

[5] C. Galán, "Qrs k ablms? En el principio era el móvil". Actas V Congreso de Lingüística General, León, pp. 1099-1107, 2002.

[6] T. Inkinen, "Gender and the social use of mobile technologies. From information society policies to everyday practices", in Uteng, P.T. & T. Cresswell (eds.): Gendered Mobilities, pp. 213–228. Ashgate, Aldershot, 2008.

[7] CH. Kalantaridis, "A study into the localization of rural businesses in five European Countries", In European Planning Studies, vol. 14.1, pp. 61-78, 2006

[8] R. Ling, "Chicas adolescentes y jóvenes adultos varones: dos subculturas del teléfono móvil". Estudios de Juventud, vol. 57, pp. 33-46, 2002

[9] I. Martínez, J. Miguel, I. Tortajada, "Movilizad@s: Mujeres y comunicaciones móviles en España", in Feminismo/s, pp. 15-34, December 2009

[10] F. Moreno Fernández, "Sociolingüística, estadística e informática." Lingüística, Vol. 6, pp. 95-154, 1994

[11] C. Naval and C. Sádaba, "Juventud y Medios de Comunicación frente a frente", Revista de Estudios de Juventud, nº 68, pp. 9-16, March 2005

[12] J. Wajcman, "El tecnofeminismo", Madrid, Cátedra, Colección Feminismos, 2006.

Detecção Automática de Faces Humanas em Ambientes não-controlados:

identificação da direcção e do sentido do movimento

Miguel Coelho de Pinho, Nuno Magalhães Ribeiro, Feliz Ribeiro Gouveia
(15526@ufp.edu.pt, nribeiro@ufp.edu.pt, fribeiro@ufp.edu.pt)
CEREM – Centro de Estudos e Recursos Multimediáticos da Faculdade de Ciência e Tecnologia
Universidade Fernando Pessoa, UFP, Porto, Portugal

Resumo — **Este artigo apresenta um caso de estudo sobre detecção automática de faces humanas concretizado em duas aplicações distintas: uma aplicação que actua em tempo real sobre vídeo proveniente de câmaras de vigilância e outra aplicação que actua sobre ficheiros de vídeo previamente recolhidos e armazenados em disco. Este trabalho incide nas situações e locais que possuem câmaras de videovigilância designados por ambientes não-controlados. O artigo inicia-se com uma revisão das técnicas utilizadas para a detecção facial. Em seguida faz-se a definição dos requisitos das aplicações e a descrição do problema, seguida por uma descrição detalhada do desenvolvimento das aplicações, justificando a escolha do sistema de reconhecimento humano e a estrutura de armazenamento dos dados adquiridos durante as detecções. Detalha-se ainda a implementação das aplicações e o respectivo funcionamento, assim como as suas várias funcionalidades. Faz-se igualmente a avaliação das aplicações, analisando o seu desempenho ao longo do processamento e a precisão dos respectivos resultados de reconhecimento, verificando a precisão dos resultados relativos aos trajectos de uma pessoa e das respectivas orientações. A conclusão é globalmente positiva, destacando os pontos fortes e as limitações. Aponta-se ainda um conjunto de melhorias que podem ser introduzidas de modo a melhorar o desempenho.**

Palavras-Chave: Processamento e Análise Multimédia; Processamento e Análise de Vídeo Digital; Detecção Automática de Faces Humanas; OpenCV; Filtros Haar.

I. INTRODUÇÃO

A detecção e o seguimento de faces humanas em sequências de vídeo é uma área muito importante e fundamental na visão computacional[1].É uma das áreas especialmente activa devido às suas inúmeras aplicações e à complexidade a elas inerente. De facto, não existem ainda soluções suficientemente desenvolvidas que permitam que as empresas processem os registos vídeo obtidos através de câmaras de videovigilância de forma a auxiliar a tomada de decisão sobre a actividade humana nas áreas e locais abrangidos pela câmara. Neste contexto, o desenvolvimento deste trabalho apresenta uma solução para este problema, consistindo em duas aplicações de análise de trajectos e orientação de pessoas em ambientes não controlados.

A inexistência de meios automáticos e de baixo custo para se obter informação sobre as orientações do olhar das pessoas e sobre as respectivas deslocações num determinado espaço físico, obriga os profissionais a observar as gravações, ou as imagens captadas directamente pela câmara. Esta forma de proceder conduz a um grande desperdício de tempo e a informação pouco fidedigna devido ao cansaço que produz nas pessoas. Assim, a motivação para este trabalho foi a de tentar reconhecer automaticamente faces humanas e determinar a sua direcção com uma simples câmara de vídeo para que possa ser utilizada em ambientes não-controlados sem introduzir grandes custos. Os cenários de utilização possível são as grandes superfícies comerciais tais como os hipermercados, lojas temáticas, áreas de exposições, estações de comboios ou de transportes terrestres, aeroportos e outras localizações onde seja importante identificar o que prende a atenção das pessoas. Nestes contextos, é útil efectuar o processamento e a análise de imagens (*frames* de vídeo) obtidas a partir de câmaras de videovigilância já instaladas, não sendo necessário recorrer a equipamento mais sofisticado, ou sequer a alterações de equipamentos existentes, limitando assim os custos. Este artigo encontra-se organizado em seis secções. A seguir esta introdução, na secção 2 efectua-se uma revisão sucinta do estado da arte das aplicações de detecção facial. A secção3 descreve a forma como foi abordado o problema. É ainda apresentada a arquitectura das aplicações, designadas por "FaceDetectRT" e "FaceDetectVC". A secção 4 descreve a avaliação que foi realizada sobre as aplicações desenvolvidas. Na última secção são apresentadas as conclusões do estudo descrito neste artigo, as suas limitações e o trabalho futuro.

II. DETECÇÃO DE FACES HUMANAS

Segundo Benezethetal.[1], o interesse da criação de aplicações que detectam humanos tem vindo a aumentar nos últimos anos devido ao aumento da robustez, entre outras, nas áreas da videovigilância, na robótica, e na indexação baseada em conteúdos multimédia. De facto, Kollreideretal.[2] afirmam que a análise facial biométrica pode ser baseada em duas aproximações: (1) Detecção facial e (2) Reconhecimento facial. A detecção facial permite localizar uma ou mais instâncias correspondentes à face humana contidas num vídeo ou numa imagem. Por outro lado, o reconhecimento facial estabelece uma relação única entre dois ou mais traços independentes que correspondem ao rosto dessa mesma pessoa[2]. Os desafios, tanto em relação à detecção humana como à detecção facial, dizem respeito ao ambiente onde essas imagens são retiradas, pois a complexidade do ambiente dificulta a acção da detecção devido a aspectos tais como, entre outros, a iluminação, plano de fundo, cor da pele, e expressões faciais, [1]e[2]. Já a técnica proposta por Viola & Jones[3] dá a possibilidade de efectuar a detecção de qualquer tipo de objecto (neste caso faces

humanas) com uma forma genérica e em tempo real com uma taxa de sucesso bastante elevada. A abordagem proposta baseia-se em algoritmos de aprendizagem automática (*machinelearning*) aplicados de forma a identificar objectos, e capazes de processar imagens com muita rapidez. A utilização das características de um objecto, ao invés dados pixéis contidos numa imagem, permite aumentar a velocidade da análise porque o número de características de um objecto é substancialmente inferior ao número de pixéis de um objecto[3]. Na concepção da sua ferramenta de detecção, os autores principiaram por basear-se na técnica proposta por Papageorgiouetal.[4] na qual a representação do objecto é feita de forma rectangular dentro de uma área de detecção baseada em cálculos semelhantes aos de uma transformada de Haar, designados por *Haar-like* (ver figura 1).

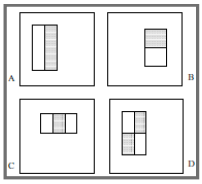


Figura 1. Características Rectângulares

Na figura1 ilustram-se três tipos distintos de características: (1) a característica de dois rectângulos (A e B) cujo valor é a diferença entre a soma dos pixéis numa área com dois objectos rectangulares do mesmo tamanho; (2) a característica de três rectângulos (C) calcula a soma dos dois rectângulos exteriores e subtrai com o do centro; e (3) a característica de quatro rectângulos (D) que faz a diferença entre os pares das diagonais dos rectângulos. De forma a aumentar a rapidez da computação destas características rectangulares, Viola & Jones[3] usaram uma representação intermédia que designaram por imagem integral ("*Integral Image*"). Esta define que numa dada localização, definida por um par de coordenadas *x* e *y*, é efectuado o somatório de todos os pixéis acima e à esquerda do ponto definido. Após obter os cálculos de todos os pixéis nessa área é possível obter os cálculos de qualquer área rectangular através de uma representação matricial de quatro referências, ilustrada na figura 2, onde é possível determinar a região D sabendo que o valor na posição 1 é a soma dos pixéis do rectângulo A, o valor da posição 2 será A+B, a posição 3 será A+C e a posição 4 será A+B+C. Tendo as quatro referências, a soma de D é definida pelos valores das posições 4+1 – (2+3).

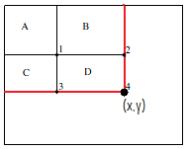


Figura 2. Matriz de quatro Referências

O passo seguinte consiste em treinar os classificadores através de um conjunto de imagens no qual existem imagens positivas e negativas: as positivas contêm o objecto que se deseja encontrar e as negativas evidenciam a ausência desse objecto. Os autores utilizaram uma variante do algoritmo "*AdaBoost*" criado por Freund[5] para seleccionar um pequeno conjunto de características e treinar o classificador. De forma a descartar várias áreas da imagem onde não existe o objecto desejado, os autores utilizaram classificadores em cascata[3] possibilitando assim um maior foco nas áreas mais promissoras da imagem. A cascata de classificadores proposta possui *n* etapas, sendo que em cada etapa se determina se a área de pesquisa pode ou não corresponder a uma face humana. Caso o objecto seja aceite como possível face, passa então para a etapa seguinte; caso contrário será rejeitado. Em cada etapa, os classificadores são cada vez mais precisos. Caso a área em análise na última etapa seja classificada como face, então assegura-se, com uma probabilidade entre 85 e 95%, que nessa área existe o rosto de uma pessoa. No sentido de melhorar este método, Lienhart&Maydt[6] decidiram expandir as representações quadráticas *Haar* através da introdução de novas representações reduzindo a taxa de falsos positivos em cerca de 10% em relação ao método anterior, possibilitando pois um aumento na eficácia da detecção de faces. Já a aplicação proposta por Benezethetal.[1] pretendeu obter um sistema com um elevado grau de desempenho para ser usado em ambientes interiores não controlados. O algoritmo que propuseram para a realização da detecção em tempo real do corpo de um ser humano em vídeos baseia-se em 3 fases distintas. Inicialmente recorreram à técnica de subtracção do plano de fundo (*background subtraction*) que permite limitar o espaço de pesquisa dos classificadores *Haar-like* retirando as áreas de interesse que se encontram na imagem. A escolha destas áreas faz-se através do cálculo da diferença entre a imagem actual e a imagem anterior, permitindo encontrar as movimentações dos objectos presentes na imagem. O passo seguinte corresponde à classificação de cada objecto retirado através da subtracção do fundo (designado por "*blob*"). Cada um destes objectos será posteriormente seguido individualmente, já que pode corresponder a uma pessoa. Finalmente utilizam-se os classificadores *Haar-like* para determinar de forma rápida se na verdade se trata de uma pessoa e, portanto, aceitar ou rejeitar o objecto. Os resultados obtidos por Benezethetal.[1] foram de aproximadamente 97% em ambientes interiores não controlados para os quais os autores afirmam que o método de subtracção permite reduzir o número de falsas detecções via redução do espaço de pesquisa dos classificadores.

III. FERRAMENTAS FACEDETECT

No sentido de conceber uma possível solução para o problema introduzido acima, pretendeu-se tirar partido das tecnologias existentes. Os resultados obtidos permitem afirmar que a adição de novas funcionalidades a tais tecnologias permite melhorá-las em aspectos menos explorados até ao momento. Para tal, foram desenvolvidas duas aplicações:

- A aplicação *FaceDetectRT* que permite detectar faces humanas e outros elementos de cada face (olhos, nariz) de uma pessoa em vídeos adquiridos em tempo real.
- A aplicação *FaceDetectVC* que permite efectuar a detecção e seguimento de rostos humanos em ficheiros de vídeo já existentes, proporcionando assim maior liberdade de utilização em diferentes situações e contextos.

De forma a cumprir os objectivos propostos, apresenta-se a seguir todos os requisitos funcionais e não-funcionais. Em termos dos requisitos funcionais, a aplicação que efectuará a detecção de faces em ficheiros de vídeo existentes deverá (1) permitir ao utilizador o processamento de qualquer vídeo desejado. Ambas as aplicações devem (2) permitir ao utilizador analisar a informação recolhida de uma face à sua escolha após o processamento de um vídeo ou de uma recolha em tempo real. Esta informação será composta pelo trajecto da face detectada que pertence à pessoa em questão, e essencialmente, identificar-se-ão os lados para os quais a pessoa olhou (esquerda ou direita), bem como o tempo passado em cada uma dessas orientações. Para além disso, as aplicações devem (3) indicar claramente quantas orientações ocorreram no sentido da direita ou da esquerda em todas as detecções faciais analisadas.

Em relação aos requisitos não-funcionais, as aplicações devem (1) ser simples de utilizar e devem exigir um grau de aprendizagem tão reduzido quanto possível. O menu principal deve ser facilmente acedido após o processamento das *frames* de vídeo. Ainda (2) a detecção de faces, bem como os respectivos elementos característicos, os olhos e o nariz, devem ser identificados automaticamente sem a intervenção do utilizador. Por outro lado, (3) as informações relevantes recolhidas durante o processamento devem ser visualizadas pelo utilizador. Pretende-se ainda que (4) as aplicações possibilitam um processamento rápido de *frames* para que a visualização em tempo real não seja comprometida. Após a revisão bibliográfica efectuada sobre as técnicas específicas que têm sido utilizadas para o reconhecimento de faces humanas, incluindo, entre outras, a subtracção do fundo e filtros com informações da cor da pele, o método escolhido para a resolução do problema descrito foi o da utilização de classificadores *Haar* em cascata proposto em[3], com os melhoramentos propostos em[6]. Esta escolha deveu-se ao facto destes classificadores realizarem a detecção nos dados após estes serem disponibilizados pelo utilizador sob a forma de um ficheiro de vídeo, ou directamente na *stream* de vídeo proporcionada por uma câmara de vídeo, permitindo assim a possibilidade de efectuar detecções em tempo real para além do bom desempenho, a eficiência da detecção e o baixo custo de computação[1]. Finalmente, os classificadores de *Haar* podem ainda ser treinados para efectuar detecções dos objectos através de um conjunto de amostras positivas e negativas.

A. Estrutura de Armazenamento dos Dados

A estrutura de dados seleccionada para o armazenamento da informação recolhida foi a lista, pois, para além de permitir uma organização dos dados de forma encadeada, possui também os requisitos necessários para as aplicações, já que proporciona uma forma rápida e eficaz de armazenar temporariamente os dados em memória. A figura 3 ilustra a estrutura das listas ligadas desenvolvida para este efeito. Note-se que cada nó da Lista de Faces possui informações relativas à face detectada de cada pessoa. A segunda lista contém todas as coordenadas cartesianas (x,y) adquiridas nas detecções de faces, olhos e narizes de cada pessoa, o que permite obter informação sobre os percursos das pessoas no espaço físico observado, bem como as respectivas orientações, e permitem ainda controlar o processo da detecção na medida em que identificam as faces de pessoas que já foram detectadas em frames anteriores do vídeo que se está a processar. Em termos de informação contida em cada nó existente na Lista de Faces descritas acima, atente-se à descrição apresentada na tabela 1.

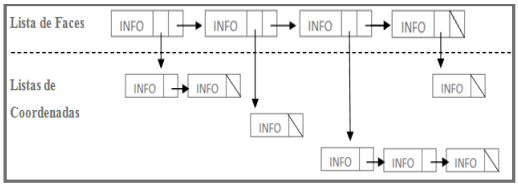


Figura 3. Estrutura das Listas Ligadas

Tabela I. LISTA DE VARIÁVEIS/ INFORMAÇÕES DOS NÓS

Nó da Lista de:	Nome	Descrição
Faces	ID	Valor que permite identificar uma face de forma única.
	NºFrames	Representa o número de *frames*de vídeos que passaram desde a primeira detecção de uma determinada face.
	NºPontos	Número total de pontos guardados na lista de coordenadas desde a primeira detecção de uma determinada face.
	Fim	Variável binária que permite determinar a finalização de detecções referentes a uma determinada face.
	NóPontos	Elo de ligação à lista de coordenadas.
	Elo	Elo de ligação às faces seguintes.

B. Implementação das aplicações

Descrevemos agora a implementação das aplicações *FaceDetectVC* e *FaceDetectRT* detalhando o trabalho em cada uma das seguintes fases: análise de *frames*, visualização de *frames*, eliminação de faces e apresentação do menu de resultados adquiridos. Ambas foram implementadas recorrendo à ferramenta de desenvolvimento *Visual Studio 2008* e à biblioteca *OpenCV v.2.0*da Intel [7].

1) Análise de Frames

Cada *frame* recebida por recolha directa de uma câmara de vídeo, ou adquirida a partir de um ficheiro de vídeo, é analisada de forma a identificar a face, os olhos e o nariz de uma pessoa. Cada identificação será assinalada através da inscrição de: (i) um rectângulo sobre a *frame* de vídeo no caso da face, (ii) um círculo para identificar a localização de ambos os olhos, e (iii) uma linha recta desde o centro da margem superior do rectângulo até ao centro do nariz para identificar a orientação da face. Ainda nesta fase, faz-se a inserção dos dados recolhidos na lista ligada de acordo com a informação que é adquirida durante o reconhecimento, determinando-se igualmente a orientação da face. Inicialmente foi necessário associar variáveis para cada tipo de ficheiro de classificadores *Haar* a utilizar. Estes classificadores constituem a base principal da detecção facial pois cada um deles efectua os cálculos que foram definidos no método sugerido em[3]. Os dados contidos nos classificadores são representações da "imagem integral" de amostras positivas e negativas de um objecto a detectar. Neste caso, os objectos de interesse são as faces, os narizes e os olhos das pessoas. Sabendo da importância da obtenção de um classificador bem construído,

optou-se por utilizar classificadores *Haar* que são fornecidos pela Intel através da instalação da biblioteca *OpenCV*. No decorrer da captura, cada *frame* é analisada de forma individual e reescrita no sentido de indicar as detecções que foram realizadas. Nesta fase de análise, as aplicações começam por criar uma cópia da *frame* original com um tamanho reduzido, sendo as cores convertidas para uma escala de tons de cinzento após aplicar o grau de prioridade BGR. De forma a aumentar a eficácia da detecção, utilizou-se uma função para equalizar o histograma que permite normalizar as escalas de brilho. Dado que o método proposto em[3] possui informações de brilho acerca de um determinado objecto a detectar, isto é necessário para ajudar a reconhecer com mais facilidade esse objecto. A necessidade de redimensionamento da imagem proporciona um aumento do desempenho das detecções devido ao facto de os classificadores terem deste modo menos áreas a percorrer do que na imagem original.

a) Detecções Faciais/Oculares/Nasais

Tomadas as medidas descritas acima, inicia-se a pesquisa de faces através da função "cvHaarDetectObjects()" que aplica o método descrito em[3]. Esta função permite descobrir áreas rectangulares na imagem que são idênticas aos objectos guardados nos classificadores *Haar*. Assim, compara a área da imagem com cada etapa dos classificadores; caso conclua todas as etapas, e se os objectos dos classificadores corresponderem a faces humanas, então o objecto analisado tem grande probabilidade de ser uma face humana. A análise da imagem é efectuada várias vezes com diferentes escalas. Em casos de sobreposição de imagem, tais como a análise de áreas onde já foi efectuada uma análise pelo classificador, a função aplica heurísticas de forma a reduzir o número de regiões analisadas. No final da pesquisa, a função retorna uma sequência de rectângulos que são susceptíveis de conter o objecto para o qual o classificador está treinado. De modo a que o utilizador possa visualizar as faces encontradas, as aplicações desenvolvidas utilizam as coordenadas dos rectângulos reconhecidos pela função anterior para desenhar na imagem original o rectângulo que representa a face. Estas coordenadas são necessárias não só para a representação da face, mas também para diminuir a área de procura relativamente aos reconhecimentos oculares e nasais. O reconhecimento dos olhos e do nariz é efectuado em cada face encontrada, da mesma forma que o reconhecimento de faces. Contudo, requer outro tipo de configuração para melhorar a obtenção de resultados. Tal como no reconhecimento facial, ambos os olhos e o nariz recebem coordenadas rectangulares no caso de reconhecimento, sendo estas utilizadas para a criação de círculos e linhas.

b) Armazenamento de Dados/Informações

O armazenamento dos dados nas listas é efectuado assim que todas as detecções faciais, oculares e nasais estejam concluídas. Cada face identificada é analisada através das coordenadas x e y do canto superior esquerdo do rectângulo que representa a detecção. A análise efectuada pelas aplicações a este ponto permite determinar se a face encontrada na *frame* actual já foi reconhecida numa *frame* anterior. Esta análise é feita através do factor proximidade. Assim, as coordenadas da detecção actual são comparadas com as coordenadas das detecções anteriores, efectuando-se a respectiva subtracção. Esta subtracção é efectuada apenas nas últimas coordenadas de cada face existente na lista, determinando-se se o valor da diferença é ou não muito elevado. Caso o valor seja superior a 20, nas coordenadas x ou y, relativamente a todas a faces contidas na lista, isto significa que a detecção actual está afastada das detecções encontradas nas *frames* anteriores, fazendo com que as aplicações criem um novo nó no final da lista de faces (detectou uma nova face) e criem também uma lista de coordenadas associadas à nova face. Se o valor for inferior a 20, trata-se de uma face já detectada anteriormente, pelo que as coordenadas serão guardadas nessa face, sendo criado somente um novo nó na lista de coordenadas e fazendo-se o incremento de um valor ao número de pontos pertencentes à face. Ainda no sentido de optimizar o armazenamento de faces para que as coordenadas de uma face não sejam colocadas numa face diferente, criou-se uma variável do tipo contador que permite controlar se uma pessoa deixou de aparecer nas *frames* seguintes ou não. Cada face, após ser inserida na lista de faces, herda um contador designado por "fim". Este contador é incrementado se não existirem novas coordenadas para adicionar à face após a análise de uma *frame*. Se o valor do "fim" for igual ou superior a10 *frames*, a face associada deixa de obter novas coordenadas, já que é muito provável que essa pessoa tenha abandonado o espaço em causa.

A informação que é armazenada relativamente aos olhos e ao nariz não requer uma procura pela face correcta, já que, dado que a respectiva detecção apenas é feita após a face ser detectada, as coordenadas dos olhos e do nariz ficam com a sua informação associada a essa face. Apesar desta associação, a informação recolhida acerca dos olhos só é guardada após ser analisada. Isto deve-se à necessidade de determinar a que olho pertence a detecção feita pelos classificadores (esquerdo ou direito). Apesar da utilização de dois ficheiros com classificadores, um destinado à detecção do olho esquerdo e o outro ao olho direito, pode acontecer que por vezes detectem ambos os olhos. Assim, a determinação do olho esquerdo ou direito é feita de forma simples através da obtenção da linha central da janela de pesquisa, sendo classificadas como olho esquerdo todas as detecções obtidas antes do centro e como olho direito as obtidas após o centro. De forma a optimizar estas detecções foi necessário estabelecer prioridades de armazenamento dos dados, pois, nos casos em que um ficheiro de classificadores obtém a detecção de ambos olhos foi necessário estabelecer quais é que seriam guardados. Portanto, como o reconhecimento do olho esquerdo se inicia em primeiro lugar, as detecções assim obtidas serão armazenadas na lista de coordenadas correspondentes à face. Contudo, as coordenadas que foram recolhidas relativamente ao olho direito podem vir a ser substituídas pelas detecções dos classificadores do olho direito. De facto, dado que os classificadores estão dedicados à obtenção do olho direito, estes têm necessariamente maior prioridade do que a detecção anterior. Desta forma, em casos para os quais os classificadores não identificam o olho a que se destinam, estes podem ser auxiliados pelos outros classificadores. Para além disso, para que os dados obtidos possam corresponder realmente ao olho de uma pessoa, foi feita uma filtragem pela localização dos olhos. Assim, todos os valores obtidos que não se encontram dentro da área estabelecida que contém os olhos serão eliminados. Concluindo o armazenamento dos dados, os valores obtidos para a

localização do nariz são guardados após a obtenção das coordenadas fornecidas pelos classificadores, pois os dados referentes ao nariz não necessitam de análise adicional.

c) Determinação das Orientações

A determinação das orientações faciais em imagens (2D) necessita de pelo menos três pontos de referência para a correcta determinação da orientação de uma face. Para este efeito, optou-se pela escolha dos pontos recebidos nas detecções de ambos os olhos e do nariz. A obtenção das orientações é feita através do cálculo da distância das coordenadas no eixo x de ambos os olhos relativamente ao valor x do nariz. A figura 4 ilustra a detecção dos dois tipos de orientação da face: quando uma pessoa possui uma dada orientação, a identificação do nariz surge cada vez mais próxima do olho correspondente a essa orientação. Isto significa que nas orientações à esquerda a distância entre o nariz e o olho esquerdo é menor que a distância entre o nariz e o olho direito, como se mostra no primeiro caso da figura 4 (imagem da esquerda). Para o segundo caso ilustrado na figura 4 (imagem da direita), verifica-se precisamente o inverso - um valor inferior para a diferença entre o olho direito e o nariz, determinando que a orientação da face é para a direita.

Figura 4. Orientação à Esquerda/Orientação à Direita

2) Visualização das Frames e Dados

A fase de visualização da *frame* permite que o utilizador possa, caso pretenda, retirar notas que lhe possam ser úteis durante a execução. Para cada pessoa detectada, ficam visíveis as áreas que representam a face, os olhos, o nariz e apresentam ainda o ID correspondente a cada face detectada. Para além disso, é possível visualizar as orientações que foram tomadas pelas pessoas, sendo cada orientação associada à pessoa a que pertence através do respectivo ID de face. Na figura 5 é possível verificar a apresentação destes dados que são disponibilizados durante a visualização de uma *frame*.

Figura 5. Visualização de uma Frame e Dados

3) Eliminação de Faces

A fase da eliminação de faces é importante para eliminar as falsas detecções que forem obtidas e armazenadas na lista durante a análise da *frame*. De facto, após se ter realizado uma análise exaustiva em vários vídeos guardados, verificou-se que as falsas detecções surgiram somente em duas ou três *frames* de forma consecutiva. Tendo em conta esta observação, determinou-se que as faces armazenadas na lista seriam eliminadas ao fim de cinco *frames* após a sua inserção na lista de faces caso não obtenham pelo menos quatro novos nós de coordenadas. Para além disso, este procedimento ocorre não só para as falsas detecções como também para todas as faces que se encontram com menos de quatro pontos em cada grupo de cinco *frames* analisadas.

4) Menu de Resultados

Finalmente, o menu de resultados que surge no final da visualização do vídeo permite ao utilizador a consulta de todas as detecções feitas durante o decurso do vídeo, ou durante a recolha de vídeo em tempo real. O utilizador recebe informação sobre o número total de faces classificadas como diferentes que foram detectadas podendo visualizar o trajecto de uma face ou verificar o número de orientações de face que foram reconhecidas. A informação completa sobre as faces fica disponível assim que o utilizador escolha a face pretendida. Tal informação diz respeito ao número de *frames* que passaram após ter sido feita a primeira detecção, o número de detecções obtidas para a respectiva face e, finalmente, todas as orientações que foi possível identificar ao longo de todo o percurso, juntamente com o intervalo de tempo tomado pela face em cada orientação. É ainda possível verificar qual foi o trajecto tomado pela pessoa na área abrangida pela câmara, assinalado por uma linha vermelha juntamente com os pontos onde ocorreu a primeira identificação de uma orientação e as mudanças de orientação que foram tomadas ao longo do tempo.

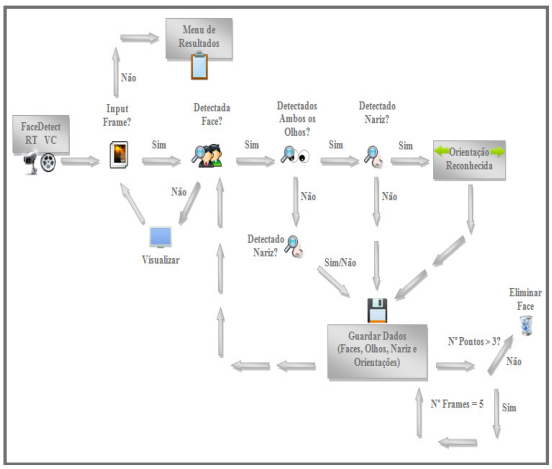


Figura 6. Diagrama de Fluxo

5) Diagrama de Fluxo

Na figura 6representa-seo diagrama de fluxo de ambas as aplicações, resumindo o respectivo processamento. As aplicações iniciam com o envio de uma frame para análise de forma a determinar se existe alguma face presente. Em caso de sucesso, para cada face encontrada realiza-se uma pesquisa a fim de detectar a região dos olhos, seguida da pesquisa pela área do nariz. Se adquirirem os três pontos de referência necessários (ambos os olhos e nariz), então inicia-se a

determinação da orientação da cabeça, ou face, dessa pessoa, terminando com o armazenamento de todos os dados adquiridos sobre a face, os olhos, o nariz e a respectiva orientação. Segue-se a função de eliminação que verifica se a face adicionada cumpre os requisitos mínimos. O ciclo repete-se então para a face seguinte até não existirem mais faces. Mostra-se então ao utilizador as detecções adquiridas na frame actual e adquire-se mais uma frame para análise. No fim, a aplicação termina e apresenta o menu de resultados.

IV. AVALIAÇÃO

Para avaliara aplicação *FaceDetect*, analisou-se e avaliou-se o desempenho dos classificadores para as respectivas detecções, o armazenamento dos dados e as orientações reconhecidas correctamente pelas aplicações. Sendo a análise do desempenho dos classificadores *Haar* um processo complexo devido ao facto de ser necessário avaliar, entre outros parâmetros, (i) as várias etapas dos classificadores, e (ii) as várias dimensões dos objectos a serem detectados, optou-se por considerar resultados mencionados na literatura que permitem aferir o grau de desempenho dos classificadores que foram utilizados no desenvolvimento das aplicações. Relativamente à avaliação do armazenamento das faces e das orientações que foram correctamente obtidas, optou-se pela utilização de um ficheiro de vídeo guardado em disco cujas características principais se identificam na tabela II.O vídeo de teste apresenta um ambiente não controlado no qual é possível identificar as faces de pessoas, bem como as respectivas orientações de face durante a passagem num espaço físico.

Tabela II. CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS DO VÍDEO DE TESTE

Espaço ocupado	Resolução	Taxa de *frames*	Duração do vídeo	Número de *frames*
2.26 MB	768×576	20 FPS	12 s	244 *frames*

De acordo com Castrillón-Santanaetal.[10], vários autores optaram por criar e tornar os seus próprios classificadores públicos desde a publicação do mais recente trabalho de Viola & Jones[11]. De forma a analisar o desempenho dos vários classificadores, os autores utilizaram o conjunto de dados da CMU [12] divididos em quatro categorias diferentes: *test-low*, *test*, *rotated* e *newtest*, sendo cada categoria uma combinação dos dados fornecidos em[13]e[14]. O conjunto é composto por várias imagens *grayscale* que contêm faces diferentes com diversas orientações. Para testar o desempenho dos classificadores calculou-se a taxa de detecções obtidas por número de falsos positivos, tendo obtido resultados bastante promissores[10], quer ao nível de detecções oculares quer às nasais. Para determinar o grau de acertos das detecções nas aplicações desenvolvidas optou-se por registar todas as falsas detecções e todas as eliminações que sucederam ao longo do processamento do vídeo de teste, através da análise visual do vídeo e dos dados armazenados nas listas, tendo-se obtido os resultados indicados na tabela III. Ao longo de todo o processamento identificaram-se e guardaram-se treze faces, sendo cada uma delas considerada como pertencente a uma pessoa diferente. Contudo, no vídeo de teste estavam apenas presentes sete pessoas. Isto sucede nos casos em que, apesar de já ter sido detectada e armazenada uma pessoa nas *frames* anteriores, a mesma pessoa volta a ser armazenada como uma nova face. Esta situação ocorre sempre que uma pessoa deixa de ser detectada e só volta a ser detectada mais tarde, mas também pode ocorrer devido ao posicionamento da câmara, nos casos em que a câmara de videovigilância se encontra muito perto do nível do solo ou numa posição que permite uma grande aproximação de uma pessoa à câmara. Nestes casos, o armazenamento da mesma pessoa como uma nova face ocorre mais frequentemente, pois quanto mais próxima da câmara estiver a pessoa, maior será a diferença entre as coordenadas do ponto que foi armazenado dessa face nas *frames* seguintes.

Tabela III. RESULTADOS DO ARMAZENAMENTO DOS DADOS

Falsas Detecções	Falsas Detecções Eliminadas	Faces Eliminadas com Menos de 3 Pontos
11	11	19

Na obtenção dos resultados relativamente às orientações foi necessário identificar todos os casos para os quais foi possível obter os três pontos de referência (dois olhos e nariz) e determinar se as orientações obtidas pelas aplicações correspondem de facto às orientações tomadas pelas pessoas no vídeo de teste. Os resultados da tabela IV demonstraram que, tendo detectado os três pontos de referência, as aplicações conseguem determinar as orientações de uma pessoa com uma taxa de sucesso de 77.9%. Esta taxa poderá vir a aumentar se as detecções efectuadas pelos classificadores para os olhos e para o nariz também aumentarem, já que, nos casos onde ocorreram orientações incorrectas, verificou-se que sucederam devido a uma falha na detecção do olho esquerdo ou do direito. A falha diz respeito a situações em que um dos olhos fica fora da zona correcta do olho, fazendo com que o respectivo olho tenha uma maior proximidade com o nariz do que o olho oposto, dando assim uma orientação incorrecta para essa pessoa.

Tabela IV. RESULTADOS DAS ORIENTAÇÕES

Orientações Reconhecidas	Orientações Correctas	Orientações Incorrectas
95	74	21

Para averiguar o tempo total do processamento da aplicação *FaceDetectVC*, submeteu-se, em primeiro lugar, o vídeo de teste a vários *frame rates*. Para a segunda avaliação manteve-se o *frame rate* mas alterou-se a resolução do vídeo. Os resultados obtidos ilustram-se na tabela V. Como seria de esperar, verificou-se que à medida que aumenta o *frame rate*, aumenta igualmente o tempo que demora a análise do vídeo completo. Em contrapartida, obtém-se um maior número de detecções. O valor do tempo de execução indicado diz respeito à duração da análise de um número de *frames* igual ao valor do *frame rate*. Para um vídeo de 15 fps, a aplicação demorou cerca de 10 s.

Tabela V. RESULTADOS DO VÍDEO DE TESTE COM DIFERENTES FPS

FPS (*frame rate*)	15 FPS	20 FPS	23 FPS	25 FPS	30 FPS
Tempo de Execução	10 Seg.	12 Seg.	14 Seg.	16 Seg.	19 Seg.
Faces Encontradas	12 Faces	13 Faces	15 Faces	17 Faces	18 Faces
Nº Total de Detecções Guardadas	194	274	359	367	450

Para determinar se a resolução de um vídeo iria afectar as detecções efectuou-se ainda uma análise com várias resoluções diferentes. O vídeo contém 20 fps e a sua resolução original é de 768×576. Os resultados obtidos para diferentes resoluções mostram-se na tabela VI, confirmando que a resolução de um vídeo afecta a velocidade do processamento das *frames* e também as respectivas detecções. Neste caso, verificou-se que resolução de 720×480 foi a que menos afectou o desempenho das detecções e obteve um menor tempo de processamento em relação ao vídeo original. Ainda é possível verificar que as detecções são mais afectadas se os valores de resolução da imagem, na vertical e na horizontal, não forem proporcionais. Por isso, estes valores devem manter, quanto possível, a imagem próxima da realidade. Por exemplo, no caso da resolução 720×576 a detecção foi inferior às detecções com a resolução 720×480 devido à ligeira distorção da imagem.

Tabela VI. RESULTADOS DO VÍDEO DE TESTE COM DIFERENTES RESOLUÇÕES

Resolução	**352×240**	**352×288**	**720×480**	**720×576**	**768×576 original**
Tempo de Execução	2.6 Seg.	3.1 Seg.	10 Seg.	11 Seg.	12 Seg.
Faces Encontradas	5 Faces	5 Faces	12 Faces	10 Faces	13 Faces
Nº Total de Detecções Guardadas	73	99	271	235	274

Finalmente, a aplicação *FaceDetectRT* foi testada com uma simples *webcam* com aproximadamente 1.3 megapixéis, uma resolução de 352×240 e *frame rate* de 15fps. Neste caso mediu-se apenas o atraso que a aplicação evidencia durante as detecções feitas em tempo real. Esses resultados foram bastante positivos tendo-se obtido um atraso entre 0.9 e 1.4 segundos.

V. CONCLUSÃO

O objectivo inicial de desenvolver aplicações para efectuar a detecção e o seguimento automático de pessoas em ambientes não controlados foi atingido. A recolha e análise dos resultados dos testes efectuados possibilitaram a recolha de informação importante, que contribui para determinar a precisão e o desempenho das aplicações na obtenção dos dados sobre as pessoas no ambiente abrangido pelas câmaras de vídeo. Em termos da precisão das aplicações, efectuamos um balanço igualmente positivo pois, apesar do tempo de processamento ser um pouco elevado, as aplicações detectaram deslocações correctas das pessoas nos ambientes não controlados, o que significa que essas pessoas foram detectadas na orientação correcta, evitando as falsas detecções que ocorreram ao longo do processamento, obtendo-se uma taxa de orientações correctas de aproximadamente 78%.Uma das limitações das aplicações descritas neste trabalho tem a ver com o facto de, nos casos para os quais não é possível obter os três pontos de referência (olhos e nariz) de uma face, não ser possível determinar a orientação de uma dada pessoa. Destaca-se igualmente a dependência que as orientações possuem dos resultados obtidos pelos classificadores na obtenção das posições de ambos os olhos e do nariz: caso as posições estejam incorrectas, provocam a incorrecção da orientação.

REFERÊNCIAS

[1] Y. Benezeth, B. Emile, H. Laurent, and C. Rosenberger, "Vision-Based System for Human Detection and Tracking in Indoor Environment," International Journal of Social Robotics, vol. 2, Dec. 2009, pp. 41-52.

[2] K. Kollreider, H. Fronthaler, M.I. Faraj, and J. Bigun, "Real-Time Face Detection and Motion Analysis With Application in 'Liveness' Assessment," IEEE Transactions on Information Forensics and Security, vol. 2, Sep. 2007, pp. 548-558.

[3] P. Viola and M. Jones, "Rapid object detection using a boosted cascade of simple features," IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2001.

[4] C.P. Papageorgiou, M. Oren, and T. Poggio, "A general framework for object detection," International Conference on Computer Vision, 1998, pp. 555-562.

[5] Y. Freund, "A Decision-Theoretic Generalization of On-Line Learning and an Application to Boosting," Journal of Computer and System Sciences, vol. 55, Aug. 1997, pp. 119-139.

[6] R. Lienhart and J. Maydt, "An extended set of Haar-like features for rapid object detection," Proceedings. International Conference on Image Processing, 2002, p. I-900-I-903.

[7] Intel, "Open Computer Vision Library."

[8] G. Bradski and A. Kaehler, Learning OpenCV: Computer vision with the OpenCV library, O' Reilly Media, 2008.

[9] A. Harvey, "OpenCV Face Detection: Visualized," 2010.

[10] M. Castrillón-Santana, O. Déniz-Suárez, L. Antón-Canalís, and J. Lorenzo-Navarro, "Face and facial feature detection evaluation," Third International Conference on Computer Vision Theory and Applications, VISAPP08, 2008.

[11] P. Viola and M. Jones, "Robust Real-Time Face Detection," International Journal of Computer Vision, vol. 57, 2004, pp. 137-154.

[12] H. Schneiderman and T. Kanade, "A statistical method for 3D object detection applied to faces and cars," Proceedings IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition CVPR 2000 Cat NoPR00662, vol. 1, 2000, pp. 746-751.

[13] K.-K. Sung and T. Poggio, "Example-based learning for view-based human face detection," IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 20, 1998, pp. 39-51.

[14] H.A. Rowley, S. Baluja, and T. Kanade, "Neural network-based face detection," IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 20, 1998, pp. 23-38.

Aplicação de Aprendizado de Máquina para a Avaliação de Exames de Cardiotocografia

Rodrigo Augusto Rocha Souza Baluz
Mestrado em Informática Aplicada
Universidade de Fortaleza – UNIFOR
Fortaleza (CE) – Brasil
rodrigo.baluz@edu.unifor.br

Cicero Nogueira dos Santos
Mestrado em Informática Aplicada
Universidade de Fortaleza – UNIFOR
Fortaleza (CE) – Brasil
cnogueira@unifor.br

Resumo - **A frequência cardíaca fetal é aceita como um bom parâmetro para determinar o bem estar fetal. A cardiotocografia é o método que permite o estudo desta frequência e de suas variações em resposta à atividade uterina, permitindo a interpretação dos diferentes estados comportamentais do feto. O objetivo deste artigo é avaliar o desempenho de técnicas de aprendizado de máquina para a classificação de exames de cardiotocografia. Duas tarefas de classificação são investigadas: a primeira, corresponde à caracterização do exame de acordo com o estado fetal; e a segunda, refere-se à classificação do exame de acordo com do padrão morfológico. De acordo com os nossos experimentos, verificamos que os algoritmos obtiveram um bom desempenho para ambas as tarefas. Dentre os algoritmos testados, o *Random Forest* obteve os melhores resultados, atingindo 94,9% de taxa de acerto para a tarefa de classificação do estado fetal e 87,3% para o caso do padrão morfológico.**

Palavras-chave - Frequência Cardíaca Fetal; Cardiotocografia; Aprendizado de Máquina.

I. INTRODUÇÃO

O acompanhamento pré-natal tem como objetivo assegurar o bem estar materno e fetal. Ao observar as relações entre a gestante e o produto conceptual, o obstetra tem a oportunidade de recomendar tratamentos e fornecer orientações com o intuito de assegurar um processo de gestação saudável. Quando a gestante apresenta intercorrências clínicas, a evolução e o resultado final da gravidez podem ficar comprometidos. O controle clínico da paciente é desejável e, em situações em que isso não ocorre, há aumento de riscos para a mãe e para o feto. Evidencia-se a necessidade de acompanhamento mais rigoroso associado à aplicação de estratégias com o objetivo de garantir o bem estar materno-fetal.

Existem vários métodos disponíveis para o controle da vitalidade fetal. A monitorização fetal eletrônica, difundida no meio obstétrico na década de 1970, surgiu com a expectativa de se detectar precocemente a hipóxia fetal possibilitando a prevenção de danos fetais. A cardiotocografia é um dos exames mais utilizados na avaliação do bem estar fetal, principalmente por ser de fácil execução e de interpretação imediata. Esse exame se baseia nos padrões da Frequência Cardíaca Fetal (FCF) e das Contrações Uterinas (CU).

Nos últimos anos, diversos diagnósticos médicos têm sido automatizados com o auxilio de técnicas de Inteligência Artificial. Algumas das técnicas usadas são os Sistemas Especialistas e os Algoritmos de Classificação [1], estes gerados principalmente usando estratégias de Aprendizado de Máquina. Inúmeros trabalhos vêm sendo propostos como sistemas de suporte à decisão na saúde. Estudos buscam encontrar similaridades por meio de aprendizado de máquina entre pacientes portadores de câncer, especificamente, do Carcinoma Hepatocelular [2], para a predição da sobrevida de novos pacientes portadores. Baseados em imagens confiáveis de câncer de próstata, aprendizado de máquina vem sendo aplicado na classificação de ultrassom, podendo orientar na biopsia e no acompanhamento do tratamento [3]. Aliar aprendizado de máquina com regras da lógica *fuzzy* é proposto em sistema híbrido para diagnóstico e tratamento de todas as doenças da próstata [4]. A combinação de algoritmos de aprendizado de máquina na garantia da análise das características que levam a distinção entre tumores de mama benignos e malignos [5], também é referenciado na literatura.

Neste trabalho, apresentamos uma abordagem baseada em aprendizado de máquina para automatizar o processo de leitura e interpretação de exames de cardiotocografia. A partir da base de dados disponibilizada pela Faculdade de Medicina do Porto, em Portugal, contendo 2126 cardiotocogramas fetais classificados por médicos obstetras, construímos dois conjuntos de dados, um com base no estado fetal e outro de acordo com o padrão morfológico.

Aplicamos seis algoritmos de aprendizado de máquina aos dois conjuntos de dados já classificadas pelos médicos especialistas. Os algoritmos foram selecionados de acordo com a importância na literatura, respeitando características e funcionalidades diferenciadas. Como medidas de desempenho, utilizamos a taxa de acerto e o número de falsos positivos de cada algoritmo.

O principal objetivo do trabalho é avaliar o desempenho dos seis algoritmos de aprendizado para as duas tarefas de classificação investigadas. O conjunto de dados utilizado possui as características peculiares às bases de dados da área de saúde: grande número de atributos e elevado número de valores ausentes. Tais características deixam a tarefa de aprendizado mais difícil.

Não encontramos na literatura nenhum outro trabalho que tenha realizado um estudo comparativo de desempenho entre os algoritmos de aprendizado de máquina para classificação de exames cardiotocográficos. Entretanto, a utilização de modelos de classificação baseados em máquinas de vetores suporte e redes neurais são referenciados no processo de classificação do estado fetal em normalidade ou hipóxia. Em [6], máquinas de vetores suporte foram utilizadas na determinação das relações

existentes entre os parâmetros medidos durante as variações da frequência cardíaca fetal para a detecção precoce de fetos patológicos. Algoritmos em redes neurais foram aplicados para classificação da gravidez tendo como base os exames de cardiotocografia [7].

O artigo está organizado da seguinte forma: na Seção 2 realizamos uma breve explanação sobre a sistematização do exame de cardiotocografia computadorizado; apresentamos na Seção 3 as diretrizes tomadas para caracterização do exame e devida classificação, como resultado final a paciente gestante; a metodologia adotada para a elaboração da pesquisa, desde o preparo do conjunto de dados, até quais técnicas foram aplicadas e qual ferramenta utilizada é foco da Seção 4 de nosso trabalho; em seguida, na Seção 5, explanamos os experimentos desenvolvidos e discutimos os resultados obtidos. Por fim, colocamos nossas observações a cerca dos experimentos realizados e como o estudo pode ser melhorado em futuras pesquisas.

II. A SISTEMATIZAÇÃO DA CARDIOTOCOGRAFIA COMPUTADORIZADA

Durante as três últimas décadas, a utilização de tecnologias avançadas na obstetrícia moderna permitiu o conhecimento detalhado da fisiologia fetal, de tal modo que o feto tornou-se um segundo paciente, solicitando propedêutica especializada. Neste contexto, a cardiotocografia vem sendo um dos métodos mais empregados na avaliação da vitalidade fetal.

Este exame se baseia na análise dos padrões da frequência cardíaca fetal, medida pelo cardiotocógrafo, dispositivo que registra em traçados próprios a FCF e as contrações uterinas. Alterações nas características da FCF são observadas nos diversos estados comportamentais do feto, nos distúrbios de sua oxigenação ou em situações decorrentes da utilização de medicações durante a gestação. Pela facilidade, praticidade e inocuidade, próprias do exame cardiotocográfico, este método difundiu-se rapidamente no mundo e, atualmente, está presente nos centros que acompanham as gestações de alto risco.

A interpretação dos traçados cardiotocográficos pode ser realizada a partir de duas técnicas de análise: a visual e a computadorizada [8]. A análise visual, aplicada desde a introdução do método, está sujeita a grande variabilidade de critérios e limitada reprodutibilidade dos resultados. Tradicionalmente, esta análise da cardiotocografia baseia-se na observação visual de acelerações da FCF e na variabilidade da frequência basal.

Entretanto, a elevada taxa de resultados falsos positivos da cardiotocografia convencional estimulou a procura de novas formas de estudo do traçado. Para suprimir os possíveis erros oriundos da subjetividade e visando diminuir as variações intraobservador e interobservador da avaliação visual, foi desenvolvido um sistema computadorizado de análise da FCF [9], que estabeleceram critérios próprios a serem utilizados.

A análise computadorizada baseia-se no estudo da duração dos intervalos de tempo (em milissegundos) que decorre entre sucessivos batimentos cardíacos fetais. Vários trabalhos na literatura reportam estudos à cerca de técnicas para automatização do exame cardiotocográfico, como através da utilização do sistema SisPorto [10].

III. DIRETRIZES DO EXAME DE CARDIOTOCOGRAFIA

O exame de cardiotocografia realiza o registro contínuo e simultâneo da frequência cardíaca fetal, contratilidade uterina e movimentos fetais, no período anteparto e intraparto. Sua realização inicia-se entre a 26 e 28 semana de gestação e sua periodicidade é variável, dependendo da patologia materna e/ou fetal.

A cardiotocografia é indicada no período anteparto para predizer sobre possíveis patologias maternas, fetais e/ou placentárias. No período intraparto é fundamental no trabalho de parto distócico, induzido ou estimulado. Compreende o exame cardiotocográfico vários parâmetros, como: (a) avaliação de frequência, duração e coordenação das contrações uterinas; (b) avaliar o comportamento fetal através do número e tipo de movimentos fetais; (c) determinar a média da frequência dos batimentos cardíacos determinando como normal, bradicardia e taquicardia; (d) analisar a variabilidade da frequência cardíaca fetal; e (e) avaliar as alterações da frequência cardíaca fetal, entre acelerações e desacelerações.

A Tabela I define parâmetros classificadores para que se possa fazer a interpretação dos resultados contidos no exame de cardiotocografia. Para as variáveis de frequência cardíaca fetal, variabilidade, acelerações e desacelerações, os valores lidos determinam categorias como: reativo, hiporreativo e não reativo [11].

TABELA I. INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS EM CARDIOTOCOGRAFIA

	Reativo	***Hiporreativo***	***Não reativo***
FCF	110 – 160 (termo) 120 – 160 (pré-termo)	100 – 109 161 – 180	< 100 > 180
VARIABILIDADE	≥ 5	< 5 (≥ 40 min, mas < 90 min)	< 5 (≥ 90 min)
ACELARAÇÕES	presentes	Hipoacelerações (< 15 bpm < 15 seg)	ausentes
DESACELERAÇÕES	ausentes	isoladas prolongadas < 3 minutos	repetitivas prolongada > 3 minutos

Para a conclusão do laudo médico ao exame de cardiotocografia e consequentemente poder rotular o resultado do exame em normal, subnormal ou patológico, segue-se a formalização: (a) Normal – cardiotocografia fetal onde todos os quatro parâmetros são da categoria reativa; (b) Subnormal – cardiotocografia fetal onde um dos parâmetros é da categoria hiporreativa e os outros três são da categoria reativa; e (c) Patológica – cardiotocografia fetal onde dois dos parâmetros são da categoria hiporreativa ou, um ou mais parâmetros são da categoria não reativa.

IV. MATERIAIS E MÉTODOS

Essa seção descreve brevemente a ferramenta utilizada nos experimentos, a base de dados para treinamento/teste e os algoritmos de aprendizado de máquina.

A. Ferramenta Utilizada

Para a efetivação dos experimentos e aplicação das técnicas de aprendizado de máquina utilizamos a ferramenta *open source* de descoberta do conhecimento em banco de dados, *Waikato Environment for Knowledge Analysis* – WEKA [12]. WEKA foi desenvolvida na Universidade de Waikato na Nova Zelândia, em 1993, com o intuito de agregar algoritmos para mineração de dados.

WEKA possui uma série de algoritmos de pré-processamento dos dados, classificação, regressão, análise de agrupamentos, regras de associação, além de ambientes para visualização dos resultados. A ferramenta usa um formato de arquivo específico, porém simples, chamado de *Attribute-Relation File Format* (ARFF).

B. Base de Dados

Neste trabalho, utilizamos técnicas de aprendizado de máquina supervisionada para classificação de exames de cardiotocografia. Logo, é necessário o uso de um conjunto de dados corretamente rotulados.

O conjunto de dados usado nos nossos experimentos possui 2126 cardiotocogramas fetais, classificados por três médicos obstetras na Faculdade de Medicina do Porto, em Portugal [13]. Cada cardiotocograma consiste em medidas de frequência cardíaca fetal e contrações uterinas, totalizando 21 atributos do tipo real. Dentre alguns dos atributos podemos destacar: número de batidas por minuto; acelerações por segundo; movimentos fetais por segundo; contrações uterinas por segundo; desacelerações por segundo; variabilidade a curto e longo prazo; além de informações como modo, média e mediana do histograma.

Cada cardiotocograma foi classificado pelos obstetras de duas maneiras distintas: (1) de acordo com o estado fetal: *normal*, *subnormal/suspeito* e *patológico;* e (2) de acordo com o padrão morfológico, sendo esta representada em valores inteiros que variam de 1 a 10. Essa variação refere-se a características de padrões de sono, níveis de stress, estado patológico, dentre outros.

Nosso objetivo é aprender as caraterísticas que permitam classificar de forma correta (1) o estado fetal e (2) o padrão morfológico de exames de cardiotocografia. Dessa forma, montamos separadamente dois conjuntos de dados cujo único diferencial é o atributo alvo utilizado.

C. Algoritmos Avaliados

Nosso principal objetivo no trabalho é fazer uma primeira avaliação do desempenho de algoritmos de aprendizado de máquina para a classificação de exames de cardiotocografia. Como a ferramenta WEKA disponibiliza diversos algoritmos, escolhemos aqueles que possuem natureza diferenciada. Ou seja, algoritmos baseados em regras, algoritmos que usam conceitos probabilísticos e algoritmos que usam a abordagem conexionista [14].

Os algoritmos usados nos nossos experimentos são: J48, baseado em árvores de decisão; *Random Forest*, um comitê de classificadores; Máquinas de Vetores Suporte (*Support Vector Machine* - SVM); *Multilayer Perceptron*, algoritmo baseado em redes neurais; *Naïve Bayes*, fundamentado em modelos bayesianos e características probabilísticas; e *Bagging*, um comitê de classificadores baseado na estratégia de *bootstrapping*. Cada algoritmo é brevemente descrito nos próximos parágrafos.

O método J48 tem como base o algoritmo C4.5 [15], um dos mais tradicionais para a tarefa de classificação com base em árvores de decisão. Este algoritmo é inspirado no ID3 [16] e possui como ponto comum a estratégia "dividir para conquistar". A estratégia consiste em dividir um problema maior recursivamente em problemas menores. A solução do problema inicial é dada através da combinação dos resultados de todos os problemas menores computados.

Especificamente, o algoritmo J48 [17] constrói árvores de decisão a partir de um conjunto de dados de treino rotulados. Usa o fato de que cada atributo do conjunto de dados pode ser usado na tomada de decisão, dividindo os dados em subconjuntos menores. O J48 examina o *information gain ou* ganho de informação, baseado no cálculo da entropia dos dados. Para tomar a decisão, o atributo com o maior ganho de informação é utilizado. Então o algoritmo repete o mesmo procedimento nos subconjuntos menores. O processo de divisão é interrompido, se todas as instâncias em um subconjunto pertencem à mesma classe. O algoritmo J48 pode manipular atributos contínuos e discretos, tendo em seu conjunto de treinamento, dados com valores ausentes de atributos.

Fundamentada na teoria da aprendizagem estatística, a estratégia das Máquinas de Vetores Suporte, foi desenvolvida com o intuito de resolver problemas de classificação de padrões. Esta técnica originalmente desenvolvida para classificação binária, busca a construção de um hiperplano como superfície de decisão, de tal forma que a separação entre exemplos seja máxima, isso considerando padrões linearmente separáveis. Já para padrões não linearmente separáveis, busca-se uma função de mapeamento (função *kernel*) apropriada para tornar o conjunto mapeado linearmente separável [18]. Na ferramenta WEKA é utilizado o algoritmo *Sequential Minimal Optimization* (SMO) para resolver o problema de programação quadrática do SVM e, assim, encontrar o hiperplano ótimo.

As redes neurais artificiais são paradigmas de programação que buscam simular o funcionamento da microestrutura do cérebro e de seus neurônios, sendo usada em problemas de Inteligência Artificial desde simples tarefas de reconhecimento de padrões a manipulação simbólica avançada. O *Multilayer Perceptron* [19] é um exemplo de uma rede neural artificial usada extensivamente para a solução de uma série de problemas, incluindo reconhecimento de padrões e interpolação, controle e processamento de sinais. A ferramenta WEKA usa o algoritmo *Backpropagation* para treinar a rede neural [20]. Esse algoritmo supervisionado utiliza pares, formados pela entrada e saída desejada, para ajustar os pesos da rede. O treinamento ocorre em duas fases: *forward*, onde são determinadas as saídas para um dado padrão de entrada; e *backward*, onde as saídas e entradas são comparadas e os pesos ajustados. Ainda, propõe que o ajuste de pesos seja realizado através do método do gradiente descendente. Esse método garante que a rede caminhe na direção de redução de erros. Para problemas simples garante-se que esse método atingirá a

solução com erro mínimo. No entanto, observa-se que esse algoritmo, apesar de proporcionar bons resultados, não possui desempenho satisfatório. Em aplicações pesadas a rede apresenta um grande tempo na etapa de aprendizado, pois o *backpropagation*, muitas vezes, demora para alcançar convergência para as saídas desejadas.

O algoritmo *Naïve Bayes* é um dos mais simples classificadores probabilísticos. Utiliza o teorema de Bayes (função probabilística) assumindo a independência total dos atributos, isto é, o algoritmo assume que a presença (ou ausência) de um determinado atributo numa classe não está relacionada com a presença (ou ausência de qualquer outro atributo) [21]. Isto traz vantagens porque utilizando apenas pequenas amostras de dados é possível obter boas estimativas das médias e das variâncias, variáveis úteis para o algoritmo. As probabilidades são estimadas pela contagem da frequência de cada valor de característica para as instâncias dos dados de treino. Dada uma nova instância, o classificador estima a probabilidade de essa instância pertencer a uma classe específica, baseada no produto das probabilidades condicionais individuais para os valores característicos da instância.

A combinação de diversos classificadores tem como objetivo obter uma taxa de acerto melhor do que a obtida pela aplicação de um classificador único. Os métodos de combinação de classificadores podem ser divididos segundo o tipo de manipulação realizada sobre a base de dados para gerar os diversos classificadores. Os mais utilizados são os métodos que manipulam os conjuntos de treinamento. *Bagging* (*bootstrap aggregation*) [22] é um método para gerar e combinar k classificadores treinados de k versões diferentes da base de treino original amostradas usando a estratégia *bootstrapping*. Para a classificação de uma nova instância, cada um dos k classificadores "vota" para uma classe. A classificação final é dada pela classe mais votada.

O algoritmo *Random Forest* é um método para geração de comitês de classificadores. Nesse algoritmo, cada classificador gerado é uma árvore de decisão não podada. Cada árvore é treinada usando-se uma amostra *bootstrapped* do conjunto de treinamento. No treinamento de cada árvore, apenas um pequeno conjunto de atributos aleatoriamente selecionado está disponível durante a escolha do "melhor atributo" para dividir os dados de um determinado nó [23]. A classificação de novas instâncias é executada com o uso de votação simples, de forma similar ao *Bagging*.

V. EXPERIMENTOS E RESULTADOS

A técnica de validação cruzada é utilizada em todos os experimentos mostrados nessa seção. Mais especificamente, usamos o *k-fold cross-validation*. Nessa abordagem, o conjunto de dados é dividido em k partições e são executados k sessões de treinamento e teste. Em cada sessão, uma das partições é deixada fora do treinamento e utilizada como conjunto de teste. O resultado final é a média de classificações corretas nas k partições de teste. Usamos k=10 para os nossos experimentos.

A maioria dos parâmetros dos algoritmos utilizados seguiu o valor padrão especificado na ferramenta WEKA. No entanto, as modificações dos parâmetros listados a seguir levaram a melhores resultados:

i. J48: utilizamos o conceito de *pruning*, praticando a poda na árvore para evitar o *overfitting* gerado por ruídos nos dados ou escolhas não confiáveis baseadas em poucos casos (*unpruned = false*);

ii. *Random Forest:* alteramos o campo de número de árvores para que o modelo possua a quantidade de 30 árvores (*numTrees = 30*);

iii. *Naïve Bayes:* foi utilizado habilitando a discretização supervisionada, importante para o trabalho com dados numéricos, (*useSupervisedDiscretization = true*);

iv. *Bagging*: utilizamos como classificador o algoritmo J48 (*classifier = J48*).

Os parâmetros usados em nossos experimentos foram escolhidos de forma empírica. Essa seleção não é enviesada, visto que utilizamos a estratégia de validação cruzada.

Para uma melhor conformidade na apresentação e discussão sobre os resultados encontrados nos experimentos, adotaremos como (1) os resultados referentes à classificação tendo por base o estado fetal, e como (2) os resultados de acordo com o padrão morfológico. Nossa avaliação de desempenho no estudo proposto foi baseada em duas métricas: taxa de acerto e número de falsos positivos.

No primeiro conjunto de experimentos feitos, buscamos identificar qual dos algoritmos apresentaria um melhor desempenho na classificação para os cenários propostos. A Tabela II apresenta os resultados da taxa de acerto dos seis algoritmos para as duas tarefas de classificação. Pode-se notar que os algoritmos obtêm um melhor desempenho na tarefa (1). Acreditamos que isso ocorre porque nessa tarefa são utilizadas apenas três classes distintas (1-normal, 2-suspeito e 3-patológico) enquanto que na tarefa (2) existem 10 valores de classes, conforme descrito na Seção IV. Possivelmente, se tivéssemos mais exemplos de treinamento poderíamos alcançar melhores resultados na tarefa (2).

TABELA II. RESULTADO DOS ALGORITMOS DE APRENDIZADO DE MÁQUINA PARA A CLASSIFICAÇÃO DE EXAMES DE CARDIOTOCOGRAFIA.

Algoritmos de Aprendizado de Máquinas	*Taxa de Acerto (%)*	
	(1)	*(2)*
J48	92,89	83,58
Random Forest	**94,87**	**87,34**
SMO	89,27	75,44
MultiLayer Perceptron	92,19	83,25
Naïve Bayes	86,54	73,65
Bagging	93,93	85,55

Dentre os algoritmos que não utilizam a estratégia de comitê de classificadores, o J48 foi o que obteve melhores resultados, com taxas de acerto de 92,9% e 83,6% para as tarefas (1) e (2), respectivamente. Por esse motivo, escolhemos o J48 para ser o algoritmo de aprendizado base a ser usado no *Bagging*.

Os algoritmos que usam como estratégia o aprendizado via árvores de decisão (J48, *Random Forest* e *Bagging*) geram melhores resultados para ambas as tarefas. As taxas de acerto ficaram acima dos 92% e 83% para as tarefas (1) e (2), respectivamente.

O *Random Forest* foi o algoritmo que apresentou os melhores resultados. Em termos de taxa de acerto, esse algoritmo obteve 94,9% para a tarefa (1) e 87,3% para a tarefa (2). Acreditamos que o bom desempenho do Random Forest venha de algumas das suas características: estratégia de comitê de classificadores; lida bem com conjunto de dados com muitos atributos. Além disso, de acordo com a literatura, o algoritmo não sofre com o problema de dados faltantes, mantendo a precisão da classificação. Essa característica é muito importante para o nosso problema. Visto que diversos atributos da base de dados usada apresentam dados faltantes.

O exame de cardiotocografia, assim como todos os exames na área da saúde, devem seguir rigorosos testes de validação, pois estamos lidando com resultados que determinam a saúde do indivíduo. Nesse sentido, decidimos também avaliar o desempenho dos algoritmos de acordo com o percentual de falsos positivos. Para essa análise, pela existência de apenas três classes, utilizamos apenas a tarefa (1).

Na Fig. 1 apresentamos o percentual de falsos positivos para cada classe da tarefa (1). Dentre os 2126 exames de cardiotocografia, temos 1655 classificados como Normal, 295 como Suspeito/Subnormal e 176 definidos como Patológicos. A taxa de falsos positivos nos experimentos realizados com os seis algoritmos classificadores foi relativamente uniforme. Porém, houve uma elevada variação para as classificações Normal e Suspeito, nos algoritmos SMO e *Naïve Bayes*, respectivamente. Provavelmente, essa variação é provocada pelo viés indutivo dos dois referidos algoritmos.

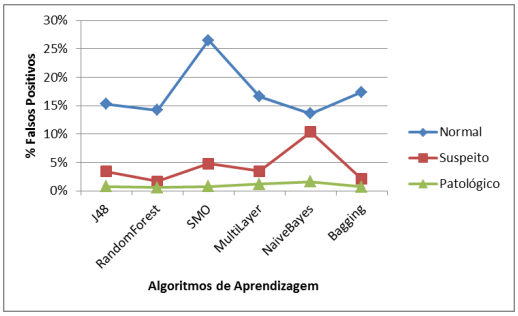


Figura 1. Taxa de falsos positivos - Tarefa (1)

Analisando o gráfico apresentado na Fig. 1, podemos perceber que os piores resultados ocorrem para a classe Normal. Essa característica não é desejada, visto que é grave mencionar que um paciente encontra-se em estado normal enquanto ele efetivamente está com alguma patologia. Esses resultados indicam que, apesar da boa taxa de acerto dos algoritmos de classificação, a estratégia ainda precisa ser melhorada para que possa ser efetivamente utilizada na caracterização de exames de cardiotocografia.

VI. Agradecimentos

Agradecemos à UNIFOR, em especial ao Mestrado em Informática Aplicada pelo suporte à pesquisa e a Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico pela concessão de bolsa de estudo ao primeiro autor.

VII. Considerações Finais

A ciência vem gerando conhecimentos e tecnologia de forma rápida. Muitas áreas da saúde têm incorporado os avanços tecnológicos com o objetivo de melhorar a qualidade dos serviços, como por exemplo, diminuir a mortalidade materna e infantil. A cardiotocografia é uma técnica para identificar precocemente a depressão fetal; permitir procedimentos oportunos e terapêuticos fetal; evitar dano neurológico e morte perinatal; antecipar o parto; decidir a via e o tipo de parto.

Neste trabalho, duas tarefas de classificação de exames de cardiotocografia são investigadas: a primeira, corresponde à caracterização do exame de acordo com o estado fetal; e a segunda, referente à classificação do exame de acordo com do padrão morfológico. De acordo com os nossos resultados experimentais, podemos observar que a aplicação de técnicas de aprendizado de máquina na determinação automatizada do resultado dos exames de cardiotocografia é viável.

Verificamos que os algoritmos obtiveram um bom desempenho para as duas tarefas. Dentre os algoritmos testados, o *Random Forest* obteve os melhores resultados, atingindo 94,9% de taxa de acerto para a tarefa de classificação do estado fetal e 87,3% para o caso do padrão morfológico.

Estudos mais detalhados precisam ser produzidos para evitar a alta taxa de falsos positivos apresentada nos experimentos realizados. Como estamos tratando de saúde, da vida de seres humanos, não podemos desprezar quaisquer que sejam as variações. Avaliar os comportamentos e características das variáveis medidas, aliar novas técnicas oriundas da medicina, podem ser favoráveis para melhores resultados dos algoritmos.

A relevância do trabalho está em fazer uma primeira investigação do uso de algoritmos de aprendizado de máquina para a classificação de exames de cardiotocografia. De acordo com nossas pesquisas, esse tipo de investigação não tinha sido realizada até o momento.

Alguns trabalhos futuros poderiam incluir: testar outros algoritmos de aprendizado de máquina; avaliar o desempenho dos algoritmos em uma base de dados maior; usar configurações alternativas de parâmetros. Outro trabalho futuro interessante é determinar o peso de cada atributo para a classificação de exame de cardiotocografia, o que agregaria uma maior avaliação, controle e estudos médicos sob aspectos específicos.

Referências

[1] E. Alpaydin, “Introduction to machine learning,” 2 ed. Massachusetts Institute of Technology, 2010.

[2] L. W. C. Chan, T. Chan, L. F. Cheng, W. S. Mak, “Machine learning of patient similarity: A case study on predicting survival in cancer patient after locoregional chemotherapy,” Bioinformatics and Biomedicine Workshops (BIBMW), 2010 IEEE International Conference on , vol., no., pp.467-470, 18-18 Dec. 2010.

[3] E. J. Feleppa, M. J. Rondeau, P. Lee, C. R. Porter, “Prostate-cancer imaging using machine-learning classifiers: Potential value for guiding biopsies, targeting therapy, and monitoring treatment,” Ultrasonics

Symposium (IUS), 2009 IEEE International , vol., no., pp.527-529, 20-23 Sept. 2009.

[4] C. Koutsojannis, E. Nabil, M. Tsimara, I. Hatzilygeroudis, "Using Machine Learning Techniques to Improve the Behaviour of a Medical Decision Support System for Prostate Diseases," Intelligent Systems Design and Applications, 2009. ISDA '09. Ninth International Conference on , vol., no., pp.341-346, Nov. 30 2009-Dec. 2 2009.

[5] A. Osareh, B. Shadgar, "Machine learning techniques to diagnose breast cancer," Health Informatics and Bioinformatics (HIBIT), 2010 5th International Symposium on , vol., no., pp.114-120, 20-22 April 2010.

[6] P.A. Warrick, E.F. Hamilton, D. Precup, R.E. Kearney, "Classification of Normal and Hypoxic Fetuses From Systems Modeling of Intrapartum Cardiotocography," Biomedical Engineering, IEEE Transactions on, vol.57, no.4, pp.771-779, April 2010.

[7] V. Chudacek, J. Spilka, B. Rubackova, M. Koucky, G. Georgoulas, L. Lhotska, C. Stylios, "Evaluation of feature subsets for classification of cardiotocographic recordings," Computers in Cardiology, 2008 , vol., no., pp.845-848, 14-17 Sept. 2008.

[8] C. N. Mariani, "Comparação entre a análise visual e a computadorizada de registros cardiotocográficos anteparto em gestações de alto risco," [tese]. Campinas: Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Ciências Médicas, 1999.

[9] G. S. Dawes, M. Moulden, C. W. Redman, "System 8000: computerized antenatal FHR analysis," J Perinat Med. 1991; 19(1-2):47-51, 1991.

[10] C. D, Ayres, J. Bernardes, A. Garrido, J. Marques de Sá, L. Pereira, "SisPorto 2.0: a program for automated analysis of cardiotocograms," J Matern Fetal Med 2000; 9(5):311–8, 2000.

[11] G. G. Ribeiro, P. C. P. Sousa, "Diretrizes assistenciais Cardiotocografia," Maternidade Escola Assis Chateaubriand. Universidade Federal do Ceará. Maio, 2010.

[12] Waikato, "Weka 3 – Machine Learning Software in Java," University of Waikato. http://www.cs.waikato.ac.nz/ml/weka, 2004.

[13] A. Frank, A. Assunção, "UCI Machine Learning," [http://archive.ics.uci.edu/ml] Repository. Irvine, CA: Universidade da Califórnia, Faculdade de Informática e Ciência da Computação, 2010.

[14] T. M. Mitchell, " Machine Learning," McGraw-Hill, 1997.

[15] J. R. Quinlan, "C4.5: Programs for Machine Learning," Morgan Kaufmann Publishers, San Mateo, 2003.

[16] J. R. Quinlan, "Induction of decision trees," Machine Learning, 1(1): 81-106, 1986.

[17] L. Han, M. Kamber, "Data Mining: Concepts and Techniques," Second edition, Morgan Kaufmann, 2006.

[18] N. Cristianini, J. Shawe-Taylor, "An Introduction to Support Vector Networks and other kernel-based learning methods," Cambridge University Press, 2000.

[19] L. Noriega, "Multilayer Perceptron Tutorial," School of Computing, Stafoordshire University, 2005.

[20] R. Hecht-Nielsen, "Theory of the backpropagation neural network," Neural Networks, 1989. IJCNN., International Joint Conference on, vol., no., pp.593-605 vol.1, 18-22 Jun 1989.

[21] I. Pop, "Na approach of the Naïve Bayes classifier for the document classification," General Mathematics Vol. 14, No. 4, 135–138, 2006.

[22] L. Breiman, "Bagging predictors," Machine Learning 24(2), 123–140, Springer, 1996.

[23] L. Breiman, "Random Forests," Machine Learning 45(1): 5–32, 2001.

Aplicación de la técnica presa-predador en Algoritmos Genéticos con Agrupación en Especies para la resolución de problemas multimodales

Pablo Seoane Amor
Tecnologías de la Información y las Comunicaciones
Universidade da Coruña, Facultade de Informática
A Coruña, España
pablo.amor@udc.es, http://sabia.tic.udc.es

Marcos Gestal Pose
Tecnologías de la Información y las Comunicaciones
Universidade da Coruña, Facultade de Informática
A Coruña, España
mgestal@udc.es, http://sabia.tic.udc.es

Julián Dorado de la Calle
Tecnologías de la Información y las Comunicaciones
Universidade da Coruña, Facultade de Informática
A Coruña, España
julian@udc.es, http://sabia.tic.udc.es

Abstract—**A lo largo de los últimos años, los Algoritmos Genéticos demostraron ser una buena herramienta para la resolución de ciertos problemas. Sin embargo, si el espacio de búsqueda posee diversas soluciones válidas, el planteamiento tradicional de los mismos es insuficiente. Para ello se planteó con éxito la división de los individuos en especies. Sin embargo, esta solución tampoco está exenta de problemas, como pueden ser, la aparición de especies redundantes, solapamientos o una degradación en el rendimiento al aumentar considerablemente el número de individuos a evaluar. En este trabajo se plantea la integración de un método basado en la técnica presa-predador para ofrecer una solución al problema, así como una serie de ejemplos para mostrar su eficacia.**

Algoritmos Genéticos, Problemas Multimodales, Evaluación en Especies, Técnica Presa-Predador

I. Introducción

En los Algoritmos Genéticos [1] se simula una población de individuos que evolucionan hasta alcanzar una solución en un espacio de búsqueda dado. Con el fin de alcanzar varias soluciones en un entorno multimodal, es decir, con varios valores óptimos válidos, se realiza la división de la población en especies, de tal forma que cada una de ellas puede especializarse en una solución del problema. Mediante esta técnica se alcanzan resultados satisfactorios [2]. No obstante, genera algunos inconvenientes. Debido a que en cada generación se generan nuevas especies, y por tanto, nuevos individuos, la población crece exponencialmente. Las consecuencias inmediatas son un aumento del consumo de los recursos computacionales, además de que todo el sistema se vuelve más lento.

Para evitar los inconvenientes generados se introduce en el sistema el concepto de presa-predador [3] aplicado a las especies existentes en el entorno. La técnica está pensada originalmente para repartir aleatoriamente en un escenario individuos que simulen ser presas y, a continuación, hacer lo mismo con unos entes denominados predadores que, mediante distintas reglas, se encarguen de eliminar alguna de las presas cercanas a su posición. El individuo eliminado es sustituido por otro obtenido como resultado de una mutación sobre alguna presa vecina escogida aleatoriamente, y los predadores se mueven buscando una nueva víctima.

Dicha técnica podría ser empleada de forma similar cuando se trabaja con agrupación en especies, de tal forma que las especies compitan entre sí haciendo de presa o de predador según unas reglas definidas a priori. El rol se asigna de forma dinámica, a posteriori del encuentro de las dos especies. Del mismo modo se favorece que la especie que mejore los valores de la regla elegida siga evolucionando mientras que los individuos de la otra desaparezcan. Las especies e individuos que se consideren prescindibles para la obtención de soluciones serán eliminadas del sistema.

Utilizando el método de presa-predador se pretenden solucionar las limitaciones que surgen cuando se aplica la técnica de Algoritmos Genéticos agrupados en especies a un problema multimodal, obteniendo los resultados óptimos que ofrece la agrupación en especies pero utilizando el menor número de elementos posible, de tal forma que las especies se van a mantener o incluso reducir durante el desarrollo del método y con ello los individuos totales. Se optimiza así la ejecución del método.

II. Algoritmos Genéticos

Los Algoritmos Genéticos son métodos adaptativos, generalmente usados en problemas de búsqueda y optimización de parámetros, basados en la reproducción sexual y en el principio supervivencia del más apto. El desarrollo de los Algoritmos Genéticos se debe en gran medida a John Holland, investigador de la Universidad de Michigan.

Para alcanzar la solución a un problema se parte de un conjunto inicial de individuos, llamado población, generado de manera aleatoria. Cada uno de estos individuos, codificados de forma similar a cromosomas, representa una posible solución al

problema. Estos individuos evolucionarán tomando como base los esquemas propuestos por Darwin [4] sobre la selección natural. Cada uno de estos individuos tendrá asociado un ajuste o fitness, que cuantifica su validez como solución al problema y que se obtiene mediante una función objetivo. En función de este valor cada solución tendrá más o menos oportunidades de reproducción. Una vez evolucionados, no sólo se mantienen los mejores individuos entre la población, también se mantienen los que no son tan buenos o los que son malos, ya que conviene mantener la diversidad. Además, con cierta probabilidad se realizarán mutaciones de estos cromosomas con el objetivo principal de mantener la diversidad de la población. La motivación de mantener la diversidad es que ante una situación cambiante, los individuos que en un momento determinado son buenos, en otro dejan de serlo y, en tal caso, se necesitan otros individuos distintos que sepan responder bien ante la situación. Por lo tanto la diversidad es necesaria para alcanzar una solución válida en cualquier momento.

III. TÉCNICAS DE AGRUPACIÓN DE ESPECIES CON ALGORITMOS GENÉTICOS

La técnica de Algoritmos Genéticos es capaz de obtener en pocas generaciones una buena aproximación a la solución del problema a resolver. Sin embargo la tendencia de encontrar una única solución se convierte en inconveniente cuando se trata con problemas multimodales [12], ya que en tales casos se desea alcanzar varias soluciones.

Una de las opciones para tratar de solucionar este inconveniente se utiliza la técnica de agrupación en especies que, a grandes rasgos, consiste en agrupar en clases con similares características la población inicial de individuos [2]. Con esto, lo que se pretende es que cada grupo se especialice en una zona determinada del espacio de búsqueda. Así, cada especie va a tender a una solución existente en su entorno, distinta a las proporcionadas por las demás especies. Se intenta modelizar de esta forma la distribución en especies de los individuos en la naturaleza, y su evolución por separado. Por ejemplo, existen individuos que se adaptan a vivir en lugares fríos, otros en lugares secos y calurosos, etc. Cada grupo "soluciona" su vida en un entorno determinado, adaptando para ello características específicas que lo diferencian de los restantes grupos.

Sin embargo esta técnica no está libre de inconvenientes. Así, sucede que para un buen funcionamiento se requieren ciertos requisitos que no suelen conseguirse en la disposición inicial del problema. Por ejemplo, sería recomendable que la población esté perfectamente distribuida por todo el espacio de búsqueda, y además, que las agrupaciones se hagan bien repartidas y acordes con el número de soluciones del problema. Si no se presentan estas características, podrán existir zonas no exploradas en contraste con otras que estarán muy exploradas y en las que, dependiendo de cómo se hagan las agrupaciones, puedan convivir varias especies.

Para solucionar estos inconvenientes, se recurre al cruce de individuos pertenecientes a especies distintas a través de varias generaciones. Al hacerlo, los hijos resultantes de dichos cruces mezclan conocimiento de las especies de sus antecesores y se abre la posibilidad de crear una nueva especie en un lugar distinto al originario de sus padres. Con esto se consigue evitar el estancamiento de especies y la exploración de nuevas zonas y la aparición de conocimiento nuevo, es decir, se consigue diversidad en el medio. De nuevo se está modelando el comportamiento de los individuos en su medio natural, al producirse migraciones o expulsiones de individuos y que al encontrarse con individuos compatibles de otros grupos, acaban generando nuevas especies.

Para la implementación de estas técnicas se genera una población inicial. El proceso general a partir de la generación de la población inicial es la realización de sucesivas iteraciones en las que se dan los siguientes pasos:

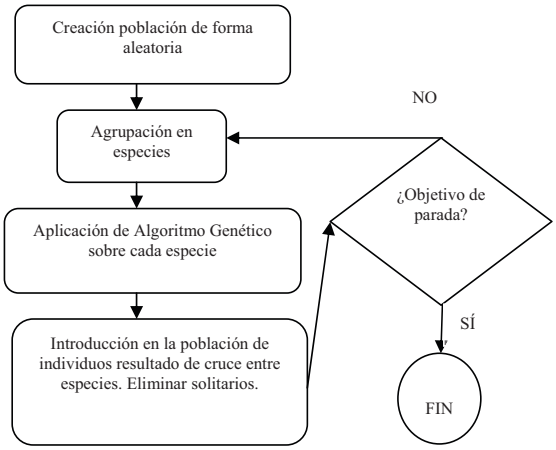


Figura 1. Esquema de funcionamiento de agrupación en especies

Uno de los criterios principales es comprobar si el número de iteraciones, también llamado evoluciones, alcanza el número máximo permitido; otro es comprobar si la población alcanza su cota superior de individuos. Si se cumple alguna de estas condiciones, la ejecución del algoritmo concluye. Otro posible criterio de parada es que el error de los individuos hubiese descendido por debajo de un umbral marcado de antemano.

Para el segundo paso del algoritmo, no existe una manera estándar de dividir a la población de los Algoritmos Genéticos en especies. Para solucionar este inconveniente, se utilizan unas técnicas de agrupación de individuos no supervisadas, ya que no hay un conocimiento a priori sino simplemente un conjunto de datos de entrada. La clasificación se hace en función de unos parámetros concretos y específicos de cada tipo de algoritmo de agrupación. Dos de las técnicas de este estilo que pueden emplearse son el Método Adaptativo [5], que es un método heurístico incremental simple y eficiente que emplea únicamente dos parámetros y el Algoritmo de Batchelor y Wilkins o de Máxima Distancia [6]. En este caso se trata también de un método heurístico incremental, pero que utiliza un único parámetro.

IV. MÉTODO DE INTERACCIONES PRESA-PREDADOR

Biológicamente, se produce depredación cuando uno de los animales (el predador) devora otro animal vivo (la presa) para utilizar la energía y los nutrientes del cuerpo de la presa para el crecimiento, mantenimiento o la reproducción. Utilizando la idea de presa-predador, se propuso un modelo adaptando el concepto de presa-predador en los Algoritmos Genéticos [7].

Existen proyectos de software dedicados a diseñar y analizar modelos de presa-predador. Uno de ellos es el PEPPA [8], que es un framework para tal objetivo. En él, se permite trabajar con distintos entornos de funcionamiento, así como configurar el comportamiento de los predadores y la adaptación de las presas. Además, PEPPA proporciona herramientas para visualización y paralelización de la ejecución del programa.

El funcionamiento original consiste en que cada individuo representante de una solución en la población genética realice el papel de presa y en que otros individuos del sistema realicen el papel de predador seleccionando a sus presas en función de la función objetivo y el fitness de cada presa. El método imita el fenómeno natural en el que un depredador elimina la presa más débil, lo que significa que un depredador elimina el peor individuo en su entorno, que se corresponde con el peor valor obtenido en tales individuos con la función objetivo.

Para poner en práctica esta idea se propuso una red en la que las presas se distribuyen aleatoriamente en cada intersección y en donde uno o más depredadores son colocados de forma también aleatoria sobre algunas de las intersecciones.

A partir de ese momento, cada depredador evalúa a todas las presas en su entorno y elimina la presa que corresponde al peor valor objetivo. Entonces, una presa vecina es elegida y mutada. El individuo mutado reemplaza a la presa eliminada y el depredador accede a alguno de los nodos vecinos del nodo que ocupa. Tal procedimiento se sigue para cada uno de los depredadores. A continuación se puede observar un esquema en la Fig. 2 [9] en donde se muestra la red creada con presas y predadores.

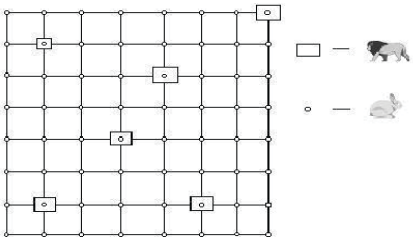


Figura 2. Disposición en una red de presas y predadores

El uso de este método está muy extendido asociado con los Algoritmos Genéticos multiobjetivo [9]. Se trata de Algoritmos Genéticos que tratan de encontrar soluciones que optimicen varias funciones objetivo simultáneamente. En tal caso, se crean uno (o varios) depredadores para cada una de las funciones objetivo implicadas, o incluso algún depredador que tenga en cuenta varias de las funciones objetivo implicadas en el sistema. El esquema inicial que se hizo del funcionamiento del algoritmo clásico del método presa-predador ya tenía en cuenta este aspecto. Aunque se realizaron modificaciones y optimizaciones desde su origen, el esquema que se sigue a grandes rasgos es el clásico [7], que se detalla a continuación.

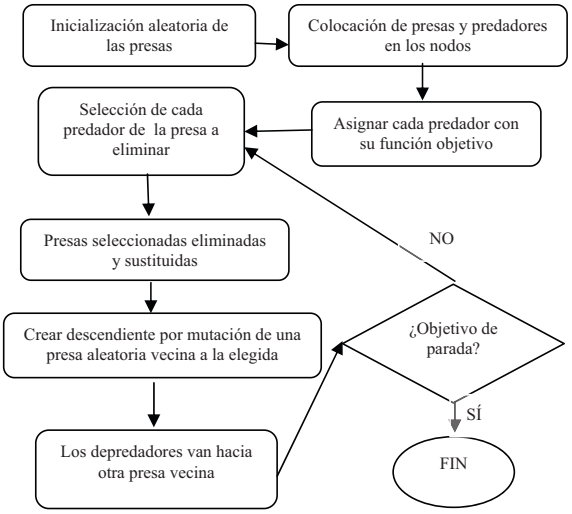


Figura 3. Esquema de funcionamiento de método presa-predador

El criterio de parada será o bien un número máximo de generaciones o bien que las funciones objetivo a optimizar tengan un error por debajo de un umbral determinado.

Se pueden realizar distintos cambios en la configuración, como utilizar más depredadores por función objetivo, mutar el mejor vecino después de una depredación o mover el predador a la casilla del mejor vecino, en lugar de moverlo de forma aleatoria. En algunos casos [9], se llega a mejorar el resultado de la población final.

V. AGRUPACIÓN PRESA-PREDADOR EN AAGG CON AGRUPACIÓN EN ESPECIES

A pesar de que los Algoritmos Genéticos ofrecen soluciones óptimas a multitud de problemas, presentan limitaciones a la hora de utilizarlos para encontrar varias soluciones en escenarios que presentan múltiples puntos óptimos. Para tratar de paliar esta limitación, se buscaron otras soluciones. Entre estas soluciones destaca la agrupación en especies de la población de individuos.

Sin embargo, se puede comprobar en implementaciones de agrupación en especies llevadas a cabo que surgen algunas limitaciones, debido a que tanto el número de especies como de los propios individuos tiende a seguir creciendo indefinidamente a lo largo de las distintas evoluciones [2]. Tal aumento de individuos y especies provoca que los recursos computacionales necesarios aumenten continuamente.

Con el objetivo de optimizar el número de elementos utilizados en la computación, se plantea aplicar los beneficios

del método presa-predador al sistema formado por los Algoritmos Genéticos agrupados en especies. Con el nuevo sistema se busca reducir el número de elementos implicados en la computación permitiendo la depredación de individuos y, si se elige correctamente cuáles deben ser eliminados, mantener resultados similares a los que se obtienen sin el método presa-predador.

A. Adaptación del método presa-predador

Para aplicar el método presa-predador al sistema desarrollado, es necesario hacer una serie de cambios utilizando como base la idea principal del método. Así, los elementos que entrarán en juego serán los siguientes:

- Espacio de actuación. Será el espacio de búsqueda propiamente dicho, donde están distribuidos los individuos.
- Presa. Cualquier especie de las que existen en el sistema puede llegar a ser presa, siendo devorada por un depredador, lo que implicaría la eliminación de la especie y de todos los individuos que forman parte de ella.
- Predador. Cualquier especie de las que existen en el sistema puede llegar a ser predadora. Una especie presa devora a otras especies presa. Los individuos de la especie que devora, así como la propia especie, tendrán como beneficio el poder seguir evolucionando.
- Función Objetivo. En esta aproximación, el sistema sólo utilizará la función objetivo que utiliza el Algoritmo Genético en cada caso para calcular los fitness de los individuos en caso de que lo necesite.
- Criterios de interacción. Mientras que el algoritmo clásico de presa-predador, el depredador devoraba a la peor presa vecina, en este caso es necesario saber cuáles van a ser los criterios para que una especie intente devorar a otra. Un ejemplo sería que la especie esté lo suficientemente cerca con el entorno de otra especie.

Además de los actores clásicos del método presa-predador, es necesario definir un nuevo concepto, las reglas de ganador. En el algoritmo clásico, unos entes actuaban de presa y otros como depredadores. En este caso el mismo ente –una especie- puede actuar en unas ocasiones de predador y en otras de presa. Es necesario, por lo tanto, definir una regla para concretar cuál de las especies actuará, llegado el caso, de predadora y cual de presa, y se sepa, por tanto, cuál será la especie que sobrevivirá (depredadora) y cual será eliminada (presa). Para ello, se define el concepto de criterio de roles.

- Criterio de roles. Se trata de una serie de algoritmos mediante los que se decide cual de las especies actuará de presa y cual de predador. La consecuencia directa es que la especie predadora devorará a la especie presa, desapareciendo ésta última del sistema. Un ejemplo sería que la especie depredadora (y por tanto, la que sobrevive) sea aquella cuyo individuo mejor tenga un fitness óptimo.

El funcionamiento general se describe a continuación. Una vez realizado el agrupamiento en especies de los individuos, y antes de aplicar el Algoritmo Genético a cada una de ellas, se aplica el algoritmo de presa-predador de la siguiente manera. En la Fig. 4 se detalla el diagrama de flujos del método.

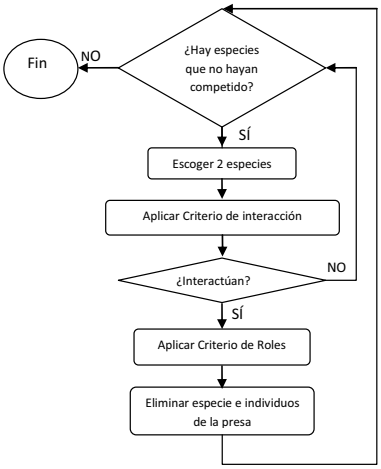


Figura 4. Diagrama de flujo del método presa-predador y agrupación en especies

Como se puede observar, en primer lugar se toman dos especies del conjunto generado por la agrupación en especies. A continuación se aplica el criterio de interacción. Si las especies cumplen el criterio para que se les aplique el método presa-predador, se continúa con el siguiente punto; sino, se vuelve a comprobar si existen especies que todavía no pasasen el criterio de interacción en sí. El siguiente paso, si las especies interactúan, es aplicar el criterio de roles para comprobar que papel tendrá cada especie, depredadora o presa. Finalmente, se conserva la especie predadora y se elimina la especie presa. Los individuos pertenecientes a la especie presa se marcan para eliminar. El proceso se repite hasta que no haya especies que puedan competir entre sí.

B. Criterios de funcionamientos del método presa-predador

Para trabajar con éste método, es necesario definir un tipo de reglas. Se hablará de criterios de interacción, donde se comentará algún ejemplo para decidir cuando dos especies deben de actuar como predadora y presa y de criterios de roles, para indicar cómo se toma la decisión de que especie hace de presa y que especie hace de depredadora.

1) Criterios de interacción

Al agrupar los individuos de la población en especies no se conoce si deben interactuar de tal modo que una de ellas se convierta en presa y otra en predador. Así, para decidir cuando dos especies del entorno deben establecer una relación presa-predador se utilizan los criterios de interacción.

Si el criterio de interacción aplicado sobre dos especies del entorno decide que las especies deben actuar como predador y presa, se pasará al siguiente punto donde se decidirá cuál tendrá

el rol de presa y cuál el rol de predador. Si no se cumple el criterio, se continúa buscando sobre el total de especies algún par de ellas sobre las que todavía no su hubiese aplicado el criterio de interacción. En caso de que no existiese ningún par de especies sobre las que no se hubiese comprobado todavía el criterio de interacción, se acabaría el procedimiento.

Un ejemplo de criterio de interacción sería hacer que dos especies se enfrenten si la distancia que las separa está por debajo de un umbral determinado. Los elementos entre los que se mide la distancia pueden ser varios; en este ejemplo, se tomarán los centroides de cada especie, es decir, aquellos individuos representativos de la especie.

Para observar un ejemplo del criterio de interacción de distancia entre centroides, se muestra en la Fig. 5 un hipotético escenario donde se están decidiendo las especies que van a interactuar con la especie E1. Con un umbral de valor 5, sólo el centroide de E3 está por debajo del umbral, así que sería con la única que interactuaría la especie E1.

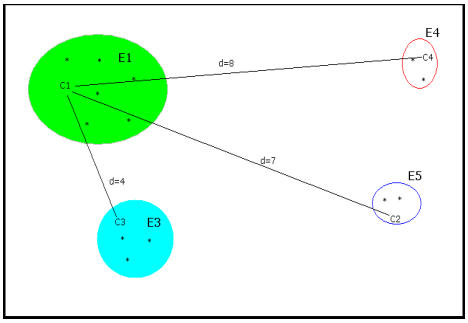


Figura 5. Ejemplo criterio de interacción Distancia Centroides

2) Criterios de roles

Al contrario que en algoritmo original de método presa-predador donde los roles de los individuos son estáticos, ya que desde el comienzo en el sistema hay presas y predadores y se mantendrán así mientras se utilicen, en este caso se trata de asignación dinámica, ya que cualquier especie puede actuar de presa o de predador.

Se denomina Criterio de Roles a aquel algoritmo que decide cual de las dos especies que interactúan sobrevive y actúa como depredador y cual actúa como presa y es por tanto eliminada. En general, estas reglas se pueden generalizar para cualquier número de especies.

Un posible Criterio de Rol sería el Criterio de Roles Mejor Individuo. Con este criterio se da como vencedora a aquella especie que tenga el mejor individuo de entre el total de las dos especies. Esta regla se podría generalizar para elegir un depredador entre un número cualquiera de especie. En la Fig. 6 se observa un ejemplo donde la especie con mejor individuo es la depredadora y la de peor individuo es la presa, siendo por lo tanto eliminada. En este ejemplo, un individuo es mejor cuanto mayor es su fitness.

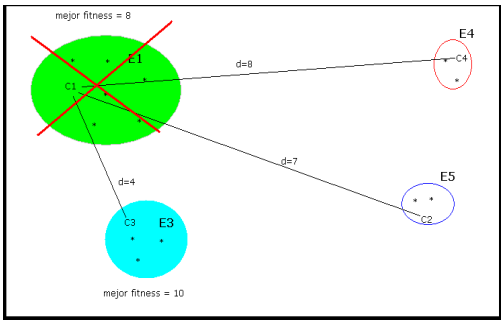


Figura 6. Ejemplo criterio de roles Mejor Individuo

VI. PRUEBAS

Para comprobar el funcionamiento del método presa-predador, se utiliza un sistema de Algoritmos Genéticos con Agrupación en Especies y se aplican los algoritmos correspondientes del método a lo largo de cada evolución.

Previamente a poner en marcha la aplicación, es necesario por un lado elegir el problema que se va a resolver y por otro lado, teniendo en cuenta el problema del que se trata, seleccionar los parámetros que se van a utilizar tanto para agrupar los individuos en especies como para el Algoritmo Genético que se va a aplicar a cada una de las especies en cada evolución.

Así, se escoge la función de Rastrigin [10] que es ampliamente utilizada para mostrar la efectividad y estudio de los métodos de búsqueda de soluciones de problemas multimodales. Se trata de una función que posee multitud de mínimos y máximos locales.

En la Fig. 7 se representa la función de Rastrigin en 3D en el entorno del punto (0,0,0). Como se puede observar, tiene multitud de máximos locales (representados en rojo) y multitud de mínimos (representados en azul).

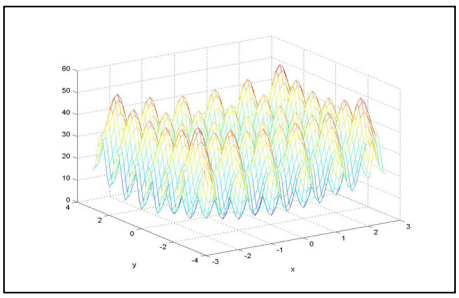


Figura 7. Representación 3D de la función de Rastrigin

Para trabajar con el método de Presa-predador, se fijan previamente los valores que se utilizarán tanto en el Algoritmo Genético como en el de Agrupación. Se trata de valores que producen resultados satisfactorios en el sistema de Algoritmos Genéticos con Agrupación en Especies. Una vez fijados, se

comparan los resultados entre el utilizar o no el método de presa-predador.

A. Resultados

Para poder mostrar los resultados de aplicar el método presa-predador se implementa como criterio de interacción la distancia entre centroides y como criterio de roles, el del mejor mejor individuo. Los resultado se comparán a los obtenidos tras una ejecución del sistema sin utilizar tal método [2].

Una vez integrado el sistema de presa-predador, se ejecuta. A continuación se muestran las soluciones sobre la figura del contorno de la ecuación de Rastrigin. Los puntos rojos representan los mejores individuos de cada especie.

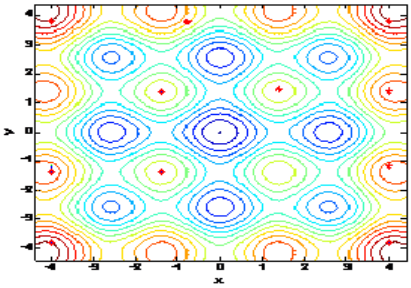


Figura 8. Soluciones encontradas con presa-predador

Para obtener tales resultados, prácticamente idénticos a los obtenidos sin aplicar presa-predador, fueron necesarios un número de especies y de individuos en todo momento inferior a los de la ejecución sin el método de presa-predador, como se muestra en la Tab. I. Se observa que en este caso la tendencia del número de individuos es a subir, pero en mucha menor medida que en el caso de no utilizarse el método, ya que en este caso hay eliminaciones de especies enteras. En la Tab. I se puede ver la disminución del número de especies y de individuos a lo largo de las distintas evoluciones tras utilizar el método presa-predador y la Tab. 2 la evoluación del error.

TABLA I. CRECIMIENTO DE INDIVIDUOS Y ESPECIES

	Sin presa-predador		**Con presa-predador**	
Evolución	***Especies***	***Individuos***	***Especies***	***Individuos***
1	15	70	12	49
2	19	84	12	61
5	22	129	16	86
10	17	210	11	123

TABLA II. EVOLUCIÓN DEL ERROR Y DEL ERROR DEL MEJOR INDIVIDUO

	Sin presa-predador		**Con presa-predador**	
Evolución	***Media***	***Individuo***	***Media***	***Individuo***
1	2,5	1,9	2	1,4
2	2,5	1,7	1,9	1,4
5	2,6	1,3	1,7	1,4
10	2	1,3	1,7	1,4

Se puede comprobar cómo el error se mantiene, y el número de individuos y de especies es muy inferior, del orden de un decremento de aproximadamente el 40%. El número de soluciones que se alcanza en este caso es ligeramente menor que en el caso del que no se utilice el método de presa-predador.

Por lo tanto, se cumplen los objetivos de reducción del número de especies y de individuos con los que se trabaja, manteniendo el error y optimizando el número de recursos necesarios. De forma similar, se encontraron un gran número de soluciones en cualquiera de los dos casos ejecutados, aproximándose al que se encuentra sin aplicar el método presa-predador.

VII. FUTUROS DESARROLLOS

Comprobado en primer lugar la adecuación de la solución propuesta, el siguiente paso consistiría en implementar nuevos criterios de rol y criterios de interacción que sean más adecuados para un problema determinado.

Además, en cada interacción hay una especie presa y una especie depredadora. Se podría ampliar para que hubiera una interacción con varias presas y/o varias depredadoras, así como el número de funciones objetivo a optimizar, utilizándolas para seleccionar presas o predadores.

REFERENCIAS

[1] D. E. Goldberg. Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning. Addison-Wesley, Reading 1989.

[2] Gestal Pose, Marcos. Computación evolutiva para el proceso de selección de variables en espacio de búsqueda multimodales. T.Doctoral. http://ruc.udc.es/dspace/bitstream/2183/7173/1/Tesis.mgestal.pdf (10-01-2011)

[3] M. Laumanns, G. Rudolph, and H. P. Schwefel. A spatial predator-prey approach to multi-objective optimization: A preliminary study. In Proceedings of the Parallel Problem Solving from Nature, V. 1998.

[4] C. Darwin. On the Origin of Species by Means of Natural Selection. 1859.

[5] Cortijo Bon, Fco. José. Técnicas no Supervisadas: Métodos de Agrupamiento. 2001.

[6] B. G. Batchelor, B. R. Wilkins. Method for location of clusters of patterns to initialise a learning machine. Electronic Letters, p. 481—483. 1969.

[7] M. Laumanns, G. Rudolph, and H. P. Schwefel. A spatial predator-prey approach tomulti-objective optimization: A preliminary study. In Proceedings of the ParallelProblem Solving from Natur. 1998.

[8] Hendrik Blom, Christiane Küch, Katja Losemann, Katja Losemann. PEPPA: a project for evolutionary predator prey algorithms. GECCO '09: Proceedings of the 11th Annual Conference Companion on Genetic and Evolutionary Computation Conference. 2009.

[9] Kalyanmoy Deb and Udaya Bhaskara Rao N. Investigating predator-Prey Algorithms for Multi-Objective Optimization. Department of Mechanical Engineering Indian Institute of Technology Kanpur. 2005.

[10] Rigas Tehniska Universitate IA, Decision Support Systems Group. http://www.geatbx.com/docu/fcnindex-01.html#P140_6155 (20-02-11).

[11] J. H. Holland. *Adaptation in Natural and Artificial Systems.* University of Michigan Press. Ann Arbor. 1975.

[12] http://lipas.uwasa.fi/cs/publications/2NWGA/node32.html (20-02-11)

Repositórios de Recursos Educativos Digitais em Portugal no Ensino Básico e Secundário

Que caminho a percorrer?

Cornélia Castro
Faculdade de Educação e Psicologia
Universidade Católica Portuguesa
Porto, Portugal
corneliacastro@gmail.com

Sérgio André Ferreira
Faculdade de Educação e Psicologia
Universidade Católica Portuguesa
Porto, Portugal
sergioandreferreira@gmail.com

António Andrade
Faculdade de Economia e Gestão
Universidade Católica Portuguesa
Porto, Portugal
aandrade@porto.ucp.pt

Abstract — **A temática dos Recursos Educativos Digitais (RED) e dos repositórios electrónicos institucionais assume-se como uma tendência emergente na Educação em Portugal, ao nível do ensino básico e secundário. A grande variedade de conteúdo aberto, proveniente de diversas fontes tem originado a concepção e o desenvolvimento de repositórios, nos quais se sistematizam os RED. Deste modo, é facilitada a sua disponibilização e disseminação pela comunidade educativa, simplificando-se a actividade dos professores perante a existência de um amplo conjunto de recursos relevantes à sua disposição. Apresenta-se neste artigo uma caracterização e avaliação de três repositórios com visibilidade em Portugal, ao nível do ensino básico e secundário, por recurso às principais dimensões que interferem na qualidade dos mesmos. Indica-se nas conclusões, os factores que poderão contribuir para a melhoria de algumas das características dos repositórios nacionais objecto deste estudo.**

Palavras-chave: avaliação; educação; melhoria; qualidade; recursos educativos digitais; repositórios.

I. Introdução

A edição de 2010 do Horizon Report [1] refere o *Open Content* como uma tendência emergente. De facto, assiste-se a um crescimento do volume de conteúdos digitais, provenientes de diversas fontes [2] no sector da Educação. A partilha de Recursos Educativos Digitais (RED)[1] na (*cloud*) "nuvem" ("*The cloud is the term for the myriad of servers and other computers that power the Internet*") [1] é efectuada de duas formas: i) por via informal, resultante da iniciativa pessoal, em que o autor simplesmente disponibiliza o seu recurso na *web*, através das redes sociais, blogue ou página pessoal e ii) por via institucional, em que os serviços centrais ou regionais da educação, fundações, bibliotecas, entre outros, publicam os RED através dos respectivos repositórios electrónicos institucionais.

Este ambiente de partilha facilita o acesso dos professores a um vasto conjunto de recursos, potencializando a exploração de conteúdos mais diversificados [2], o que se traduz numa melhoria da qualidade do ensino. O movimento *Open Content* apresenta, assim, imensas implicações potenciais em Educação, uma vez que se revela como uma ferramenta educacional com poder transformador: acelera o descentrar do ensino formal e permite actividades educacionais e mesmo culturais de uma forma mais ampla [2], [3].

Embora a temática dos RED e dos repositórios se encontre entre os temas educacionais actualmente em debate, a ideia da criação de recursos digitais de aprendizagem, com o propósito de reutilização, tem estado na agenda da Educação desde os anos 90 do séc. XX. Iniciativas como a designada por *OpenContent* que decorreu em 1998, na Universidade do Estado do Utah, nos Estados Unidos, foram reveladoras da força do movimento pelo *Open Content*. Já nessa altura parecia evidente que assim que os professores pudessem pesquisar na *web* recursos para ensinar, a cultura de publicação e reutilização desses materiais desenvolver-se-ia [3].

Se o movimento existe, se há, inclusive empenho a nível institucional é porque daí resultam mais-valias. Dyer e Noboka indicaram que a partilha do conhecimento pode ser definida como o conjunto de actividades que permitem ajudar comunidades de pessoas a trabalhar conjuntamente, a melhorar a capacidade de aprendizagem organizacional e a aumentar a capacidade para atingir objectivos individuais e organizacionais [4]. Muitos outros investigadores reforçaram a ideia de que o valor organizacional do conhecimento dos funcionários aumenta quando esse conhecimento é partilhado [5]. Por outro lado, os RED permitem, também, alargar o acesso à aprendizagem a todos, mas, sobretudo a grupos não tradicionais de estudantes, possibilitando, de um modo eficiente, a promoção da aprendizagem ao longo da vida e o estabelecimento de pontes entre o ensino não-formal, o informal e o formal [2], [3].

Os RED presentes nos repositórios institucionais têm diferenças fundamentais relativamente aos RED publicados pela via informal. Aspectos como: a visibilidade; a aceitação

[1] Entendemos adoptar a designação de RED para as diferentes denominações atribuídas aos recursos que integram os três repositórios e com a seguinte definição: produto de *software* ou um documento ou colecção de documentos que: i) contém, intrinsecamente, finalidades educativas; ii) está enquadrado nas necessidades do sistema educativo português; iii) tem identidade e autonomia relativamente a outros objectos; iv) satisfaz padrões de qualidade definidos [6].

de políticas para publicação do recurso; o rigor científico; aspectos legais; regras de segurança, autenticidade e integridade dos dados podem contribuir para uma maior difusão dos RED, com garantia de qualidade. De facto, a disponibilização no mesmo repositório de RED com a qualidade mais controlada e destinados ao(s) mesmo(s) público(s) são duas fortes mais-valias dos repositórios.

Neste estudo, propomo-nos fazer uma avaliação de três repositórios institucionais de RED criados em 2009 em Portugal: um pelo Ministério da Educação (*Portal das Escolas*), um segundo criado por uma instituição de carácter privado com utilidade pública (*Casa das Ciências*, da Fundação Calouste Gulbenkian) e um terceiro pelo Grupo de Sistemas de Informação do INESC-ID (Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores – Investigação e Desenvolvimento) em Lisboa (*VemAprender* ou *Bolsa de Objectos de Aprendizagem – BOA*).

Considerámos estes os principais repositórios pelas seguintes razões: 1.ª – tipologia diversificada de recursos; 2.ª – áreas curriculares abrangidas; 3.ª – número de publicações; 4.ª – número de *downlads* efectuados e 5.ª – número de visitas.

Estabelecemos como objectivo fazer uma análise SWOT (*Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats*) dos três repositórios analisados, de forma a responder à questão de investigação: "A organização dos principais repositórios institucionais portugueses de RED, dos ensinos básico e secundário, facilita a colaboração de autores e o acesso dos utilizadores?".

A análise SWOT (utilizada em planeamento estratégico) ao permitir a síntese dos resultados obtidos, constituir-se-á como um guia, eventualmente a considerar pelas três instituições detentoras dos repositórios analisados, para uma acção futura de melhoria dos serviços prestados pelos mesmos.

II. Potencialidades e Limitações dos Repositórios

A existência de um vasto universo de recursos presentes na *web* é um bem inestimável, já que constitui a base para a emergência de uma "inteligência colectiva". Porém, esta densidade de informação também coloca dificuldades de navegação na "nuvem", nomeadamente: i) na pesquisa, selecção e avaliação e ii) no controlo dos direitos de propriedade, privacidade, ética e valores [6].

A concepção e o desenvolvimento de um repositório de RED devem, pois, ser ancorados num conceito que permita a compreensão e a comunicação do objecto central do repositório: os RED [6]. De facto, os repositórios resultaram da necessidade de sistematizar a proliferação de recursos digitais provenientes de todas as regiões do globo e das mais diversas comunidades e culturas. Constituem-se como sistemas *online* que se destinam a arquivar, disponibilizar e a disseminar a produção intelectual de uma comunidade, disponível em formato digital [6], um espaço digital onde dados e informações são armazenados e actualizados [7].

A. Potencialidades

São diversas as potencialidades de um repositório pelo que salientamos algumas das estabelecidas pela *Organization for Economic Co-Operation and Development* (OECD) [2]:

- Facilitar a alteração das práticas pedagógicas;
- Estimular práticas de ensino mais interactivas e construtivistas;
- Induzir e agilizar a produção e a utilização de ferramentas, de conteúdos, de recursos e de informação em suporte digital/electrónico;
- Promover a utilização de RED como complemento ou substituto do ensino em sala de aula;
- Agilizar as abordagens colaborativas no ensino [2], [8];
- Minimizar a infoexclusão, permitindo o acesso remoto e de baixo custo a conteúdos, a módulos e a cursos;
- Potenciar a inclusão no ensino e na aprendizagem de cidadãos com necessidades especiais;
- Desenvolver e fortalecer a cultura de aprendizagem ao longo da vida.

B. Limitações

A literatura identifica várias barreiras que limitam o acesso e a utilização dos repositórios (e.g.: [2], [3], [9]), nomeadamente de ordem:

- Técnica: indisponibilidade de banda larga;
- Económica: falta de recursos para investir no *hardware* e *software* necessários para desenvolver e partilhar os RED; dificuldade para cobrir os custos de desenvolvimento de recursos educacionais e sustentar um projecto *Open Content* a longo prazo;
- Social: ausência de competências para usar as invenções técnicas;
- Cultural: resistências na partilha ou uso de recursos produzidos por outros professores ou instituições;
- Política;
- Legal.

Face às potencialidades e limitações elencadas, importa que as instituições responsáveis pelos repositórios criem condições que potenciem as suas mais-valias, minimizem alguns dos obstáculos, consigam organizar adequadamente centenas ou milhares de conteúdos e que favoreçam a sua reunião, de modo a permitir uma pesquisa mais eficaz.

III. Repositórios Instucionais de RED em Portugal para os Ensinos Básico e Secundário

Como já referimos, são objecto de estudo, os três repositórios institucionais de RED de maior visibilidade em

Portugal, ao nível do ensino básico e secundário: "Portal das Escolas", "Casa das Ciências" e "BOA".

A. PORTAL DAS ESCOLAS

No seguimento da tendência internacional de desenvolvimento e de promoção de plataformas virtuais de conhecimento, considerou o Governo Português que a criação institucional de uma plataforma virtual de conhecimento, desempenharia um papel crítico nos processos de modernização tecnológica do ensino. Esta decisão teve ainda em conta a baixa taxa de utilização em Portugal de RED, diagnosticada num estudo realizado no âmbito do Plano Tecnológico da Educação [6].

De facto, assiste-se em Portugal aos primeiros passos na divulgação e na utilização de plataformas de *e-learning*, implementadas em mais de 50 % das escolas dos ensinos básico e secundário, sendo a plataforma *open source LMS Moodle* a mais utilizada [2], [8].

O Portal das Escolas pretende constituir-se como a plataforma institucional por excelência da comunidade educativa, por via da qual os professores portugueses podem produzir e aceder, em qualquer momento e em qualquer lugar, a um conjunto alargado de serviços *online* de valor acrescentado para o processo de ensino e aprendizagem [2].

Esse repositório disponibiliza "material e informação fidedigna", adoptando o Ministério da Educação mecanismos de validação dos recursos educativos [10].

B. CASA DAS CIÊNCIAS

O projecto "Casa das Ciências" é um projecto da iniciativa da Fundação Calouste Gulbenkian (uma instituição portuguesa de direito privado e utilidade pública, cujos fins estatutários são a Arte, a Beneficência, a Ciência e a Educação). No âmbito do apoio que esta instituição tem vindo a prestar à qualidade da Educação em Portugal, surgiu o projecto "Casa das Ciências".

Este projecto assume-se como "um veículo integrador e amplificador dos esforços actuais na utilização das Tecnologias da Informação no processo de ensino e aprendizagem feitos por agentes muito diversos cujos resultados se encontram dispersos" [11]. Este repositório "tem por objectivo dar visibilidade e utilidade aos esforços de muitos docentes, reconhecendo-lhes o mérito que efectivamente têm, transformando-se num sítio *web* de referência para todos os professores de Ciência em língua portuguesa" [11]. Pretende ainda disponibilizar "materiais que os próprios professores consideram úteis e eficazes para a sua actividade profissional, onde se podem partilhar ideias e experiências sobre esses materiais e o modo de os usar" [11].

Neste repositório, todos os materiais submetidos são avaliados por *referees* do ponto de vista científico e pedagógico, numa lógica de *peer-review*. Este controlo de qualidade dos objectos/materiais submetidos obedece a um conjunto de normas explicitadas num regulamento.

C. BOA

O projecto "VemAprender" [12] é uma iniciativa de investigação promovida pelo Grupo de Sistemas de Informação do INESC-ID de Lisboa com o objectivo de conceber, desenvolver e avaliar a aplicação de plataformas colaborativas em contextos de ensino e aprendizagem.

O principal objectivo deste projecto é a constituição de uma plataforma *web* à qual a comunidade educativa (professores, educadores e alunos) dos vários níveis de ensino possa ter acesso. Desta forma, ambiciona-se que todos participem colaborativamente na construção de um repositório de objectos de aprendizagem (OA), com um conjunto significativo de informação associada. Pretende-se que esta possa ser partilhada e reutilizada entre todos como suporte ao processo de ensino e aprendizagem.

Em síntese, esta iniciativa pretende fomentar a criação de uma comunidade de prática que seja facilitadora e potenciadora da qualidade, no exercício da actividade docente.

Este projecto teve a sua génese num outro experimental – BOA@RAM –, que decorreu na Região Autónoma da Madeira, entre 2009 e 2010. O domínio inicial foi transferido e a partir de Março de 2010 o repositório passou a estar disponível para todo o país e para os diferentes actores do sistema educativo (docentes, alunos, pais e encarregados de educação). Optámos pela designação "BOA" para este repositório, por ser aquela que surge na *homepage* do mesmo.

Neste repositório, no processo de submissão de um RED, o respectivo autor atribui um determinado valor – créditos – ao seu objecto. De acordo com o número de *downloads* efectuados, o valor atribuído inicialmente é periodicamente actualizado, sendo este o mecanismo que permite a avaliação do objecto submetido.

IV. METODOLOGIA

O tipo de estudo seguido nesta investigação enquadra-se nos estudos descritivos. Pretende-se caracterizar os principais repositórios institucionais de RED do ensino básico e secundário de Portugal, avaliando as dimensões essenciais que interferem na sua qualidade. Este tipo de investigação é útil porque permite obter uma visão ampla do problema. No entanto, para a concretizar foi exigida a identificação prévia das dimensões a avaliar [13].

Neste sentido, adaptou-se o "Guía para la Evaluación de Repositorios Institucionales de Investigación" (GERII), publicado conjuntamente pelo *Ministerio da Ciencia e Innovación* de Espanha e outras organizações importantes no campo da Educação, Ciência e Tecnologia [14]. O GERII inclui uma série de directrizes para a criação e avaliação de um repositório. Para isso, reúne um conjunto de 31 critérios de avaliação, distribuídos por sete dimensões, que qualquer repositório de qualidade deve cumprir e, por isso, foi

considerado um excelente documento base para a nossa análise.

No trabalho aqui apresentado, optou-se por fazer algumas adaptações ao modelo de avaliação seguido pelo GERII. Assim, consideraram-se apenas cinco das dimensões presentes no GERII, tendo-se decidido pela não integração das dimensões "Interoperabilidade" e "Segurança, autenticidade e integridade dos dados" por: i) tratando-se de dimensões essencialmente técnicas, não se enquadrarem na metodologia de recolha de dados definida e ii) pretender-se realizar uma avaliação dos repositórios apenas na perspectiva de produtor e utilizador. A Fig. 1, sintetiza as dimensões consideradas.

Figura 1. Dimensões para a avaliação de Repositórios Institucionais de RED para o Ensino Básico e Secundário em Portugal.

Apresenta-se, na tabela I, e de acordo com o guia GERII, os critérios a considerar em cada uma das cinco dimensões de avaliação consideradas no presente estudo:

TABELA I. DIMENSÕES A AVALIAR

Dimensão	Critérios de Avaliação
Visibilidade	Visibilidade nos principais motores de busca; existência de um nome normalizado e de um *url* adequado; presença de incentivos à participação e informação sobre o modo de submissão.
Políticas	Divulgação da missão, objectivos e função; informação sobre quem pode depositar, o que pode depositar e em que formatos; presença de informação sobre políticas de arquivo de documentos e de preservação dos conteúdos; formas de contacto e de suporte.
Aspectos legais	Informações sobre a propriedade intelectual dos RED presentes no repositório.
Metadados	Informação sobre formatos usados, uso de classificadores ou definição de uma política de indexação de conteúdos.
Estatísticas	Mecanismos para registo de *logs* de acesso ao servidor e acesso, uso e *downloads* dos RED.

A metodologia de recolha de dados baseou-se na análise dos *websites* dos repositórios. Assim, classificou-se cada repositório para cada critério das cinco dimensões consideradas. Como forma de sintetizar a apresentação de resultados, recorreu-se a uma tabela SWOT: (S – *Strengths*; W – *Weaknesses*, O – *Opportunities* e T – *Threats*).

A avaliação foi efectuada na perspectiva do produtor e do utilizador de RED do repositório, isto é, para efectuar *uploads* ou *downloads* de RED a partir do repositório.

V. RESULTADOS

Os resultados desta investigação permitiram efectuar uma avaliação global da qualidade dos três repositórios de RED portugueses destinados ao ensino básico e secundário, na perspectiva dos autores e dos utilizadores. No processo de avaliação, as cinco dimensões consideradas, possibilitaram aferir questões fundamentais relacionadas com o acesso dos utilizadores e a colaboração dos autores/produtores de RED.

A tabela II sintetiza os resultados da dimensão "Visibilidade."

TABELA II. DIMENSÃO VISIBILIDADE

Vantagens	Limitações
• Excelente visibilidade nos motores de busca. • Nome normalizado do "Portal das Escolas" e "Casa das Ciências", facilitando a identificação. • *url* adequado. • Incentivos à participação no repositório. • Informação clara sobre o modo de submissão de RED.	• A *homepage* do *website* das instituições não faz referência ao repositório.

Os três repositórios analisados têm uma boa visibilidade na *web*. Quando se efectua uma pesquisa dos repositórios, por "nome", nos cinco motores de busca mais utilizados em Portugal *(Google, Bing, Yahoo, Sapo* e *Ask*) [15], todos aparecem como primeiro resultado. A excepção é o "BOA", que no *Google* aparece em quarto lugar e no *Ask* em sétimo.

Os urls dos repositórios: https://www.portaldasescolas.pt/; http://www.casadasciencias.org/ e http://www.vemaprender.net são adequados, permitindo uma fácil memorização. O facto das *homepages* do Ministério da Educação, da Fundação Calouste Gulbenkian e do INESC--ID não fazerem referência, nos seus motores de busca internos, ao respectivo portal de repositórios, não contribui para a valorização daqueles, sendo possivelmente indiciador de que os repositórios não são centrais nas suas políticas. Além disso, esta é uma acção facilitadora da diminuição da visibilidade do repositório junto do público-alvo. Se, por exemplo, um visitante da *homepage* da instituição, não fosse procurar especificamente o repositório, mas que aí encontrasse essa indicação, ficaria perante a possibilidade de fazer o clique para o repositório, o que se constituiria como uma forma valiosa de divulgação do repositório junto dos potenciais utilizadores. Contudo, é de ressalvar que o "Portal das

Escolas", do Ministério da Educação, pertence à unidade orgânica "Gabinete de Estatística e Planeamento da Educação" (GEPE) e na *homepage* desta unidade existe a referência ao repositório. No entanto, pelas razões que apontámos, pensamos que o repositório alcançaria mais visibilidade e reconhecimento se existisse, cumulativamente, a respectiva referência na *homepage* do Ministério da Educação.

Em todos os repositórios analisados são divulgadas informações sobre o modo de submissão dos recursos e difundidas mensagens de incentivo à participação e colaboração nos mesmos. Na fase de implementação em que nos encontramos (os repositórios estudados são muito recentes já que foram criados há apenas cerca de 2 anos), consideramos que toda a informação que possibilite esclarecimento e sensibilização para a utilização dos repositórios é particularmente importante.

Na tabela III estão resumidos os principais resultados da dimensão "Políticas".

TABELA III. DIMENSÃO: POLÍTICAS

Vantagens	Limitações
• Estão presentes a missão, os objectivos e as funções do repositório. • Encontra-se estabelecida a forma como os utilizadores podem fazer o *upload* dos conteúdos, que tipo de conteúdos são aceites e em que formatos. • Existe a obrigatoriedade de registo para efectuar o *download* de um recurso, (BOA e Casa das Ciências). • Estão disponíveis várias formas para contacto de suporte.	• Não está presente uma política pública de preservação de conteúdos.

A existência de informação relativa aos objectivos, alcance e funções do repositório, presente em todos os repositórios analisados, é importante porque, não só permite ao visitante saber se se enquadra no público-alvo, como favorece o processo de tomada de decisão sobre o modo de uma eventual participação (como utilizador e/ou autor de RED).

O estabelecimento de políticas sobre quem pode fazer o *upload*, que tipo de conteúdos são aceites e a disponibilização de contacto de suporte via *website* e *e-mail*, são factores facilitadores da colaboração.

A obrigatoriedade de registo para obter a permissão para efectuar o *download* de um determinado recurso, apresenta--se como uma vantagem. Desta forma, a comunidade de utilizadores do repositório aumentará e, consequentemente, é estimulado o espírito de colaboração e partilha entre todos os professores, potenciando assim a visibilidade do repositório. Por outro lado, essa acção poderá ainda levar a que se passe de uma situação de mero utilizador para a de produtor, enriquecendo-se o repositório.

Como factor limitador nesta dimensão, aponta-se o facto de não ser divulgada, publicamente, uma política de preservação de conteúdos. A circunstância de a instituição não declarar o seu compromisso em disponibilizar os conteúdos de forma permanente e de tomar medidas para a sua preservação (por exemplo, em caso de migrações) para garantir o acesso aos mesmos e criar e conservar formatos de arquivo, pode contribuir para a diminuição da confiança dos autores, inibindo a sua colaboração.

Do ponto de vista dos "Aspectos legais", dois dos três repositórios avaliados cumprem os requisitos fundamentais de garantia dos direitos de autor, de acordo com a síntese apresentada na tabela IV.

TABELA IV. DIMENSÃO: ASPECTOS LEGAIS

Vantagens	Limitações
• Confirmação pelo autor, durante o processo de submissão, que o material não infringe qualquer direito de propriedade intelectual (excepto BOA). • Solicitação de uma autorização ao autor que permita a distribuição dos conteúdos. • Existência de informação sobre direitos de autor do tipo *Creative Commons*.	• Não foram identificadas.

O autor, durante o processo de submissão, confirma que o RED não viola quaisquer direitos de propriedade intelectual de outrem. Nos três repositórios, o autor concede autorização para distribuição do seu recurso. Estas declarações são essenciais porque salvaguardam as questões legais e, também, porque favorecem a disseminação de princípios éticos na produção e utilização de recursos. A existência de informação sobre a licença *Creative Commons* também se encaixa neste quadro de legalidade, de responsabilidade e de princípios éticos.

O enorme volume de RED disponível nos repositórios torna fundamental que estes estejam descritos por metadados (tabela V). Estes permitem o reconhecimento dos repositórios pelos humanos e pelos computadores, de modo a que possam ser localizados utilizando-se diferentes critérios. De pouco servirão os recursos se não puderem ser facilmente pesquisáveis, pelo que a questão dos metadados é de primordial importância.

TABELA V. DIMENSÃO: METADADOS

Vantagens	Limitações
• Existem procedimentos normalizados para a indexação dos RED (indicação de autor, descrição, assunto, disciplina, ano de escolaridade, palavras--chave, público-alvo, tipo de recurso, tempo, entre outros). • Os metadados permitem tipo de pesquisa por critérios normalizados. *Nota*: o BOA permite *download* dos metadados em três formatos (BOA, Dublin Core e Excel).	• Não foram identificadas.

Nos três repositórios estudados, no momento do *upload* é solicitado aos autores que classifiquem os recursos através de uma série de critérios normalizados (tabela V). Os critérios utilizados diferem pouco nos três repositórios e contemplam itens como o autor, descrição, assunto, disciplina, ano de escolaridade, palavras-chave ou tempo, por exemplo. Da mesma forma, os repositórios possibilitam a pesquisa dos RED pelos mesmos critérios.

Finalmente, a dimensão "Estatísticas" (tabela VI) é também importante, quer na perspectiva de utilizador quer na de autor.

TABELA VI. DIMENSÃO: ESTATÍSTICAS

Vantagens	Limitações
• Informam sobre o número de objectos disponíveis e/ou publicados. • Referem o número de *downloads* e/ou visualizações efectuadas. • Indicam o número de visitantes (*geral, hoje, ontem, esta semana este mês*, no caso da Casa das Ciências). • Apresentam os RED mais recentes, mais votados e/ou mais visitados. • Destacam os autores que partilham mais objectos de aprendizagem (BOA). *Nota*: o BOA apresenta a bolsa de valores dos objectos.	• Não foram identificadas.

Na perspectiva de utilizador, quando um professor recorre a um repositório, as estatísticas disponíveis e relativas a um determinado recurso, permitem-lhe perceber se o recurso que procura satisfaz os requisitos que pretende para a sua utilização em contexto de sala de aula. Conhecer, por exemplo, quais os recursos mais votados, pode ajudá-lo a decidir-se pelo *download* de um determinado recurso, contribuindo para dar visibilidade ao mesmo. Na perspectiva de autor, o conhecimento do número de *downloads* do recurso que submeteu em determinado repositório, dar-lhe-á *feedback* sob o interesse que o mesmo despertou na comunidade de pares e estimulá-lo-á a produzir e a partilhar outros recursos.

Além disso, o conhecimento do número de visitantes de um repositório contribui para que o professor compreenda a importância do mesmo e o passe a considerar como uma ferramenta a que poderá recorrer, não só para facilitar o seu trabalho de preparação de aulas mas também no sentido de diversificar as suas práticas.

VI. CONCLUSÕES

O aumento do volume de RED *na web* e a sua organização em repositórios institucionais abre uma janela de oportunidade para a mudança no sector da Educação. A possibilidade dos professores acederem a um vasto, variado e ecléctico conjunto de recursos, favorece a diversificação de estratégias na prática pedagógica e estimula a produção, utilização e divulgação dos RED.

Por outro lado, os repositórios contribuem, também, para a abertura da sala de aula ao mundo. De facto, ao serem disponibilizados *online*, os RED podem ser consultados a partir de qualquer lugar, a qualquer hora e por qualquer pessoa que tenha formação adequada e uma ligação à Internet. Neste sentido, os RED podem servir uma sala de aula com o tamanho do planeta.

Contudo, a afirmação dos repositórios enfrenta alguns problemas que dificultam a sua implementação, cuja resolução não depende directamente das instituições que os controlam, como já referimos: a indisponibilidade de banda larga e a falta de recursos para investir em *hardware* e *software,* por exemplo. Todavia, algumas das limitações que condicionam o acesso, a utilização e a colaboração, podem ser minimizadas pelas instituições responsáveis pelos repositórios. Estes aspectos prendem-se com as dimensões avaliadas nesta pesquisa: a visibilidade, as políticas, os aspectos legais, os metadados e as estatísticas.

Os resultados da avaliação realizada aos três repositórios de RED portugueses de maior importância, destinados ao ensino básico e secundário, estão condensados na tabela VII. Nesta é apresentada uma análise SWOT, sintetizando as principais conclusões deste estudo. O recurso a este tipo de análise num estudo desta natureza traz mais-valias visíveis, uma vez que ao facilitar a síntese e a leitura dos resultados, permite destacar as forças e fraquezas dos repositórios, relacionando-as, respectivamente, com as oportunidades e ameaças, também presentes.

TABELA VII. ANÁLISE SWOT DOS REPOSITÓRIOS DE RED: *PORTAL DAS ESCOLAS, CASA DAS CIÊNCAS E BOA*

• Nomes normalizados, *urls* adequados e presença nos motores de busca com boa visibilidade; • Salvaguarda dos direitos de autor; • Incentivos à submissão de RED e utilização dos repositórios; • Metadados normalizados que facilitam a organização e pesquisa de RED; • Estatísticas variadas. **S**	• As *homepages* das instituições não fazem referência aos repositórios; • Não é definida uma política pública de preservação dos conteúdos. **W**
O • Crescimento do número de autores e de utilizadores; • Favorecimento da mudança de práticas no processo de ensino e aprendizagem; • Incentivo à etica na produção e utilização dos RED; • Redução da infoexclusão; • Favorecimento da aprendizagem ao longo da vida; • Potenciação da aprendizagem informal.	**T** • O facto de os repositórios não serem, de forma clara, uma componente central na política das respectivas instituições, poderá condicionar a sua implementação e diminuir a sua importância. • A inexistência (ou fraca divulgação) de políticas públicas de preservação de conteúdos poderá inibir a participação de potenciais contribuidores.

Forças (S - *Strengths*) e Oportunidades (O - *Opportunities*):

- Os repositórios analisados têm uma boa visibilidade na *web*, o que faz com que se abra uma excelente oportunidade para um rápido crescimento do número de produtores e utilizadores. Tal como está demonstrado na literatura, os repositórios têm um imenso potencial na promoção da mudança de práticas no processo de ensino e aprendizagem. Pela sua visibilidade, os repositórios analisados podem, efectivamente, desempenhar um papel catalisador dessa mudança;
- O facto de os repositórios terem uma política de salvaguarda de direitos de autor bem definida, favorece a disseminação de comportamentos eticamente correctos na produção e utilização dos RED;
- O incentivo à produção e utilização de RED abre um imenso campo de oportunidade na redução da infoexclusão, na promoção e no suporte de uma cultura de aprendizagem ao longo da vida, inclusivamente em contextos informais;
- Os metadados normalizados facilitam a pesquisa dos RED dentro dos repositórios, minimizando um dos maiores problemas quando se está perante um imenso volume de objectos: a dificuldade em os encontrar;
- A existência de estatísticas variadas sobre o acesso ao repositório, visualização e *downloads* dos RED é preciosa para a instituição responsável, na medida em que permite obter informações sobre a dinâmica do repositório, sendo fundamental para a respectiva gestão. É-o também para autores e utilizadores que podem, respectivamente, seguir a difusão do seu objecto ou ter indicação, por exemplo, sobre a popularidade dos RED de uma determinada área disciplinar.

Fraquezas (W - *Weaknesses*) e Ameaças (T - *Threats*):

- As *homepages* das instituições não fazem referência aos seus repositórios, o que pode ser indiciador do seu papel de menor centralidade na política institucional, ou, pelo menos, que esse papel não é devidamente enfatizado. Daqui decorrem duas ameaças: o repositório fica com a sua implementação mais condicionada e pode ser menos valorizado, também, pelo público-alvo;
- À não definição de uma política pública de preservação de dados, pode estar associada a ameaça da diminuição da confiança dos autores na segurança dos seus conteúdos, inibindo, eventualmente, a sua colaboração.

Pensamos que os três repositórios que foram objecto do nosso estudo podem evoluir no sentido da melhoria da sua qualidade, tendo em consideração as limitações, as fraquezas ou as ameaças detectadas e aqui plasmadas.

No entanto, parece-nos que as potencialidades diagnosticadas evidenciam que os três repositórios se constituem como uma excelente oportunidade de integração das Tecnologias de Informação e Comunicação nos ambientes de ensino e aprendizagem em Portugal.

Assim, os repositórios avaliados, não só são facilitadores da colaboração de autores e do acesso dos utilizadores/professores em geral, como contribuem para a promoção do exercício de novas práticas na sala de aula pelos professores portugueses do ensino básico e secundário em Portugal.

Alargar a base de comparação com repositórios estrangeiros de modo a posicionar e a contextualizar a realidade nacional no panorama internacional e relacionar os RED presentes nos repositórios analisados neste estudo com os *standards* e especificações de objectos de aprendizagem são, também, campos de investigação a considerar em trabalhos futuros.

REFERÊNCIAS

[1] L. Johnson, A. Levine, R. Smith and S. Stone, "The 2010 Horizon Report", Austin, Texas, The New Media Consortium, USA, 2010.

[2] OECD, "Giving Knowledge for Free. The Emergence of Open Educational Resources", Paris. France, 2007.

[3] H. C. Davis et al., "Bootstrapping a Culture of Sharing to Facilitate Open Educational Resources", IEEE Transactions on Learning Technologies, vol. 3, pp. 96-109, 2010.

[4] J. H. Dyer and K. Nobeoka, "Creating and managing a high performance knowledge-sharing network: The Toyota case", Strategic Management Journal, vol. 21, p. 345, 2000.

[5] H. F. Lin, "Effects of extrinsic and intrinsic motivation on employee knowledge sharing intentions", Journal of Information Science, vol. 33, p. 135, 2007.

[6] J. L. Ramos, V. D. Teodoro, J. P. S. Fernandes, F. M. Ferreira and I. Chagas, "Portal das Escolas: Recursos Digitais para Portugal. Estudo Estratégico", ME, GEPE, Lisboa, Outubro, 2010.

[7] P. Højsholt and C. EdReNe, "State of the art_I. Educational Repositories in Europe", vol. 2010, ed: EcontentPlus, 2008.

[8] GEPE, "Portal das Escolas. Estudo de Implementação", ME, GEPE, Lisboa, 2009.

[9] J. Pawlowski and V. Zimmermann, "Open Content: A Concept for the Future of ELearning and Knowledge Management", in Conference Proceedings Knowtech, 2007.

[10] Ministério da Educação da República Portuguesa, (2010, Dez, 7), "Portal das Escolas", disponível em: https://www.portaldasescolas.pt/portal/server.pt/community/p%C3%A1ginas/243/perguntas_frequentes/15212#Funcionalidades%20do%20Portal%20das%20Escolas

[11] Fundação Calouste Gulbenkian, (2010, Dez, 7), "Casa das Ciências", disponível em : http://www.casadasciencias.org/index.php?option=com_content&view=article&id=16&Itemid=46&menu=2&intro=1

[12] Grupo de Sistemas de Informação do INESC-ID, (2010, Dez, 17), "Bolsa de Objectos de Aprendizagem, BOA", disponível em: http://www.vemaprender.net/Acerca@12.aspx

[13] J. Vilelas, "Investigação - O processo de construção do conhecimento", Lisboa, Edições Sílabo, 2009.

[14] A. Villar, Á. et al. "Guía para Evaluación de Repositorios Institucionales de Investigación", Ministério da Ciencia e Innovación de España, FECYT, Recolecta e CRUE, Dez, 2010.

[15] StatCounter. (2010, 15, Fev). "StatCounter Global Stats - Top 5 Browsers in Portugal", disponível em: http://gs.statcounter.com/#browser-PT-monthly-201001-201101

From 2D to augmented reality

Findings from a Delphi study on innovative media tool

Albertina da Conceição Dias
Universidad de Huelva, Facultad de Ciencias Empresariales - GITICE
Plaza de La Merced,11. 21071 Huelva, España
albertina.dias@mibook.org

Mercedes García Ordaz
Universidad de Huelva, Facultad de Ciencias Empresariales - GITICE
Plaza de La Merced,11. 21071 Huelva, España
ordaz@uhu.es

José Francisco Martínez López
Universidad de Huelva, Facultad de Ciencias Empresariales - GITICE
Plaza de La Merced,11. 21071 Huelva, España
francis@uhu.es

Abstract—**the aim of this paper is to present the findings of a Delphi research on the challenges of bringing new possible business models, economically efficient and socially effective when exploring the new media tool for enhanced learning based on the technology of augmented reality, the multimedia interactive book.**

Keywords-augmented reality; Delphi research; enhanced learning; multimedia; business model, societal and economic development, efficiency, interactive book.

I. FROM 2D TO AUGMENTED REALITY

The most gifted painters of the Renaissance period, and in particular Leonardo Da Vinci (1452-1519) had to resort to innovative concepts for their time, such as of projective geometry, to create their paintings with a three-dimensional aspect. This third dimension is conveyed by emulating in a drawing or a painting, the human visual system image creation process, which generates in the brain a perspective image of the world sensed by the human eyes. As already noticed by the Renaissance artists, the perceived dimensions of the objects in the image plane, show an inverse proportionality with the depth of the same objects, an important propriety that has been also understood and mapped by the computer graphics scientists in the 60s. Computer graphics have become much more sophisticated, generating photo-realistic images, in such applications as special effects for movies, real-time video-games, critical industries such as aerospace, automotive, or other sectors like, industrial product design, advertising and education. In Fig. 1, we depict an image with 2D graphics (left) and 3D graphics (right).

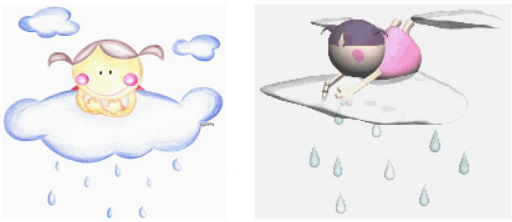


Figure 1. Left: 2D image of real painting, copyright 2006 Mariana Dias; Right: 3D model, copyright 2006 SbH - Solutions by Heart, Ltd.

Only 3D allows for an enriched interaction and visualization of the scene, including a perception of depth, by means of virtual navigation and examination including the possibility to translate, rotate the virtual camera and the objects.

Augmented Reality (AR) is a multidisciplinary field of computer science, involving areas like 3D Computer Graphics, Computer Vision and Human-Computer Interaction, which deals with the combination of real-world and computer-generated virtual reality, where computer graphics objects are blended into real video footage in real time. The advances in the field of Augmented Reality (AR) technology offer a wide range of opportunities to the creation of new enhanced learning tools, providing more realistic context support incorporated with interactive scenarios, and bringing learners into contact with alternative interpretations and views.

This enhancement provided by AR derives from the computer-generated information which is usually registered in 3D space and related to objects and places in the real world. Considering AR as a visualization and interaction technique, the relationship of real and virtual objects maybe focused and contextualized in two different aspects: (1) To provide additional virtual context to an important object in the real world, or; (2) Enable the user to focus on a virtual object embedded in a real context. In both cases, AR generates the final image by overriding parts of the real-world imagery with synthetic images taken from 3D scenes [1].

This paper presents the Delphi research results of the exploitation of a product called multimedia interactive book (miBook) [2], which uses augmented reality interfaces, and proposes a novel tool that may impact learning efficiency. The miBook is the combination of a printed book (or its digital format) with the respective audiobook and its story-related 3D models (as well as 2D graphics), using technologies, like AR and other as multimedia as well, as frameworks to present and interact with audio-visual content. The miBook research project introduced a new methodological approach for learning based on the miBook prototype that was first utilized in 2006. Successfully tested in the real market, during the miBook's usage assessment studies [2] five consumers' experience revealed an enhanced learning experience in these ways: (1) adding visualization to a standard textbook enhanced its value as an educational material; (2) the visualized text is easier to understand and thus learning process is fostered (3) audio-visual content is more attractive than standard text books (4) adding visualization features to a standard text book creates a new media concept and possibilities, resulting in completely

new educational instrument and (5) miBook is a very intuitive and easy to use authoring tool that allows for greater creativity during the process of preparing educational material.

This paper is organized as follows. After the introduction (section I) concerning the related technological advances which allowed such innovative media, followed by a brief presentation of this enhanced learning tool and its previous research results focused on learning efficiency and envisaging exploring opportunities for the educational materials in the field of computer science envisaging to foster learning efficiency, section II focuses on a brief literature review on the Delphi technique and simultaneously describes (section III) the adherence and adequacy of the Delphi analysis for this research purpose regarding miBook's possible business models resulting from the first round questionnaire. Afterwards, in section IV, the final research results on the Delphi miBook studies are presented followed by the analytical summary which categorizes two possible business models for the miBook tool. Last section (section V) resumes some conclusions addressing related issues such as mobile learning or the web based innovation system and describes some future work.

II. LITERATURE REVIEW

The Delphi analysis is especially appropriate in new and constantly evolving scientific fields [3], being able to build more useful and effective prediction upon study objectives. Within the general methods of forecasting, as for instance the extrapolative method where historical available information is gathered looking into possible evolutionary trends or cycles or the correlation methods, in their attempt to see what factors are involved in development and how much influence they have in regard to determine the possible storyline that will continue all these factors, the Delphi methodology is based on consultation with people who are very knowledgeable about the environment in which the research carries out its work. These people write a report showing what are in their point of view, the possible alternatives within the future established by the research target. The Delphi technique, unlike other methods such as focus groups or nominal groups, provides information and reviews from experts physically far apart, and enables the generation of ideas with open questions, well structured with qualitative components added. It is also a consensus technique that avoids face to face confrontation of experts, allows the prioritization of the ideas raised by participants and encourages a thoughtful and confidential exchange of views among participants before a final solution. This method aims to extract and maximize the advantages offered by the methods based on expert groups and minimize its disadvantages. Taking advantage of the synergy of group discussion and removing undesirable social interactions that exist within any group, such as influences by hierarchies. This is expected to reach the most reliable panel consensus.

Summarizing, whenever the impacts of external factors have more influence on the evolution of the internal factors and the cultural, ethical or moral considerations dominate over economic and technological changes in an evolutionary process, the Delphi technique is able to obtain and refine group judgments. The consensus is obtained by a mathematical procedure of aggregating individual judgments.

Procedures of the Delphi method involve sending successive surveys to a group of experts previously chosen. With each new round, panelists receive feedback of the responses' concentration and dispersion in the previous phase, and they are asked to ratify or rectify. It should be stressed that although the method involves surveys, it is not sampling, nor is it to get the parameters of a distribution.

The Delphi technique differs from current surveys in some aspects which can be summarized as follows [4].

Anonymity: no expert knows the identity of others that make up the panel discussion. Responses are anonymous, which prevents most prestigious participants greatly influence the opinions of others. This anonymity is understood in the sense that each expert does not know how the others have answered, except in the aggregate form. Each expert of the panel is considered equally and does not represent the institution to which they are linked. This also facilitates greater openness of views as well as greater level of flexibility because each participant can learn in between rounds and change his initial opinions without being influenced by the opinions of experts with more prestige and without loss of image credibility. The only possible influence is the consistency of the arguments;

Iteration and controlled feedback: the iteration is achieved by repeatedly presenting questionnaires on the analyzed problem and each round can be influenced by the outcome of the previous round. These successive iterations of the questionnaire provide feedback information on the opinion of the panel and in each subsequent submissions, the expert has to confirm or rectify his opinion;

Statistical form: the information presented to the experts is not only in terms of the majority, but all views are presented indicating the degree of agreement that has been obtained. There is a process of anonymous interaction trend towards convergence in the resulting opinion of the group.

Therefore, the essential elements of the Delphi method are (a) the panel of experts: these are the people chosen to formulate his opinion about the problem questions. The choice should fall on those most competent in the field and, if possible, who may have different perspectives, thereby tending to the selection of some interdisciplinary groups; (b) the questionnaire which is typically more open in the first round, i.e. non-structured, with a first set of open questions, though more difficult to analyze, allowing some degree for creativity and freedom of the participant and enriching the scope of analysis, and (c) the number of rounds needed to obtain convergence among experts' opinion.

III. THE DELPHI MIBOOK RESEARCH

A. Adherence of the Delphi method in miBook research

The miBook research illustrates the need for the creation of innovative business models along with the need for the validation of the identified benefits from the first usage evaluation process in the real market. On one hand, the adherence of this Delphi methodological approach for miBook

research appeared to be reasonable considering already known results in driving this method in the fields of Information Systems (IS) and Information Technology (IT). On the other hand, alternative scientific methodologies like the "discussion groups" or Focus Groups could create problems of biased responses due to the predominance of opinion leaders [5].
Furthermore, during Exploration phase of miBook research, aiming to obtain hypothetical new technological enhanced learning scenarios, and in particular identify the possible miBook's benefits and major developers of new business models, the Delphi survey was chosen due its historical known appropriateness concerning forward planning to establish hypotheses about the development of scenarios and on their socio-economic implications. Fundamentally, the method serves to clarify aspects of the evolution of a situation, to identify priorities or to display different future scenarios. For example, it has been widely used to generate forecasts in the areas of technology, education, among others [3].

The Delphi miBook research gathered twenty-eight experts from inter-disciplinary fields of expertise with the following percentage weights of participation resumed below on Table I.

TABLE I. CHARACTERIZATION OF THE PANEL OF EXPERTS

Teaching activities	***Fields of Expertise***	***Country***	***Academic Background***
Teaching (67,9%)	Education and training (35,7%)	Spain (25,0%)	PhD[b] (75,0%)
	Information and Communication Technologies (28,6%)	Portugal (57,1%)	Sc. Master[c] 14,3%
Other activities (32,1%)	Economics, Business and Social Research (17,9%)	Other EU[a] (17,9%)	
	Policy and Decision-makers (17,9%)		Sc. Degree[d] (10,7%)

a. Other European countries. b. Philosophy Doctor. c. Scientific Master. d. Scientific Degree

The qualifications and set of skills of the experts were ranked according to exposure and experience with teaching activities and enhanced learning initiatives. Furthermore the identification of experts for miBook Delphi panel was based on a multiple-step approach [6], which required the preparation of a list of contacts with knowledge resources in the selected fields of expertise previously mentioned above. After the first initial contacts with selected experts in each of the fields of expertise and it was used the 'snowball' sampling method [7], that is to say, the first selected experts were asked to provide recommendations for other possible valuable participation in the survey. In order to minimize possible non-response from invited experts, one of these initial contacts introduced both the researcher, the study theme and presented a demonstration of the miBook prototype (in presence or virtually) to a larger group of potential respondents to the miBook survey [8].

As recommended, once the experts agreed to participate, the first round questionnaire was sent by e-mail [6]. The survey used both unstructured questions, as a method to extract how each individual responds to the questions and avoids limiting the range of answers, and also used structured questions in order to compare/contrast experts' responses to a research answer and increase the reliability and credibility of research data [9].

The miBook survey has obtained reasonable convergence and divergence among experts' opinion on the second round thus achieving the previous targeted exploratory scenarios.

B. Results on the first round questionnaire

The aim of this first round was to determine the level of consensus on the ranking of the relevant factors. For each item and question the following analysis was performed.

The panel of experts was given a list of five questions (both structured and unstructured as already mentioned above) for initial ratification and discussion, following recommended approach, i.e. questions were identified from previous research results compared with the literature review in the relevant scientific fields related, in order to avoid having unreasonable brainstorming [10].

The selected questions presented to the panel of experts were the following: (1.1) In order to create an economy that will prosper, what are the capabilities listed that are most important at present and which of them must be the most important in the near future, especially considering the economies of Portugal and Spain?; (1.2) Identify and briefly describe the factors which, in your opinion, are the most important to the success of the learning process; (1.3) Do you consider that the inclusion of new learning tools in schools, universities or enterprises would be a relevant factor for the economies of the Iberian Peninsula?; (1.4) As a teacher or as a learner, what is the importance and percentage of use of the following educational materials (Table III) for increased efficiency in learning?; and (1.5) Considering that the average cost of a miBook is ten Euros (including book, audiobook summary or abridged audiobook, augmented book, so to say the AR license for accessing and interacting with 3D contents), which business scenario seems to be more likely in the next 5 years?

At first glance, from the initial descriptive statistical analysis, apparently, there is a growing importance of all the listed Economic and Social capabilities (Table II) in the near future (2014), since the mean valorization is higher within a period of five years. However, there isn´t sufficient statistical evidence for this conclusion and these mean values maybe simply due to the randomness of the data. The Intellectual factors such as Knowledge and Learning (K&L) capabilities provide easier acquisition, processing and use of information resources, which it turns out to be much more effective in creating economic value and enhancing the Innovation and Entrepreneurship (INN) capacity of people and organizations. Coherence in Policies' Management and execution (MGT) have been critical for innovation national systems, as well as sharing the knowledge about common problems in different countries and planning for establishing mutual advantages relationships. Digital and Internet Access (DIA) is then an essential opportunity for any community by allowing benefits of the new technologies and decreasing economic and knowledge barriers among countries. Communication and

Future Vision (CFV) seem to be another important capability in terms of co-operation and collaboration among the most innovative countries.

To obtain a response on differences in a paired-means (2009 versus 2014), with a 95% level of confidence, it was performed a nonparametric statistical test[1] known as Method of Wilcoxon [11] which results indicate statistical evidence that all economic and social variables analyzed are considered to be much more important in 2014. The adoption of nonparametric tests is due to the lack of normality in the variables, typical of a small sample size. These tests, like the Wilcoxon one, can be even more powerful than the parametric ones [12]. Given the fact of dealing with related samples tests, Wilcoxon test is a reliable nonparametric alternative to the t test [13]. This test allows for the analyses of the differences between two conditions (like pre and post test) in the same groups of individuals. This test was applied to variables K&L, INN, MGT, DIA, CFV and the results highlight a growing importance of the selected variables in the next five years.

TABLE II. ECONOMIC AND SOCIAL CAPABILITIES

Abbreviation	*Economic and Social capabilities*	*Mean*		*Z / Asymptotic Significance (Bilateral)*
		2009	*2014*	
K&L	Intellectual[a]	6,32	8,21	-3,587**/0,000
INN	Innovation & Entrepreneurship	6,39	8,07	-3,860**/0,000
MGT	Management[b]	5,43	7,25	-2,835**/0,005
DIA	Digital & Internet Access	5,96	7,96	-3,508**/0,000
CFV	Communication & Future Vision	5,64	7,36	-3,008**/0,003

a. Knowledge and Learning. b. Coherence in policies execution. ** Sig. < 0,01

The second question followed unstructured method aiming to identify the main factors which, in the opinion of the panel, are more important to the success of the learning process as well as the weight of each of them for each expert when considering in his own self opinion. A Pareto analysis was performed in order to catch information not only about the most frequent causes that may impact learning efficiency but also to evaluate the magnitude of these factors. A preliminary qualitative analysis regarding the brief description of these factors obtained from the experts' answers suggested, at least ten different types of such factors (Social, Economic, Political, Education, Learning, Pedagogy, Cultural, Networks, Technology and Future Work Perspective). After the Pareto analysis, results demonstrate that the first five factors, Social, Economic, Political, Education and Learning cover 83% of the impact on learning efficiency.

A high level of consensus was achieved on question (1.3) with converging opinion among the panel. The great majority (around 96%) of the inquired sample agrees that the inclusion of new learning tools in schools, universities or enterprises would be a relevant factor for the economies of the Iberian Peninsula.

[1] PASW18 (formerly SPSS Statistics) was the software used to perform the statistical tests. © 2010 SPSS Inc., an IBM Company. All rights reserved.

On the fourth question the panel of experts was asked about the current and future (again within five years) importance and percentage of use of five different types of educational materials: book, e-book, audiobook, video and miBook.

Descriptive statistical analysis enlightened an average decrease in the level of appreciation and percentage of use of printed books; an increasing importance and usage of e-books and audiobooks; video seems to be equally important within the next five years but the percentage of use is expected to grow on average (3%); and finally, miBook is expected to increase the level of importance as well as in percentage of use, pretty much along the results of the audiobook analysis (Table III).

Once again, it was adopted the already mentioned nonparametric test of Wilcoxon due to the lack of normality in the variables, typical of a small sample size [11, 12 and 13]. The results highlight that the importance and percentage of use of video will not be significantly different in 2014; furthermore, the results also indicate that the e-book, the audiobook and the miBook will probably assume greater importance as well as percentage of use, as educational materials, within the near future (2014) and, the traditional book will lose importance.

TABLE III. EDUCATIONAL MATERIALS IMPORTANCE

Educational materials	*Analytical perspective*	*Mean*		*Z / Asymptotic Significance (Bilateral)*
		2009	*2014*	
Book	Importance	7,81	6,74	-3,225**/0,001
e-book	Importance	5,00	6,89	-3,617**/0,000
Audiobook	Importance	3,15	4,78	-3,595**/0,000
Video	Importance	5,54	6,31	-2,362*/0,018
miBook[a]	Importance	3,30	6,40	-3,742**/0,000
Book	Percentage of Use	57%	35%	-4,208**/0,000
e-book	Percentage of Use	17%	22%	-2,570*/0,010
Audiobook	Percentage of Use	6%	9%	-2,389*/0,017
Video	Percentage of Use	15%	18%	-1,756 NS/0,079
miBook[a]	Percentage of Use	6%	16%	-3,520**/0,000

a. or other new media similar tool based on AR. ** Sig. < 0,01. * Sig. <0,05. NS - Not significant.

When considering the scenario that the average cost of a miBook is ten Euros the results suggest that all types of business models might have a positive impact, although some experts pointed out few reasonable justifications to consider the four types of identified institutions (Universities, Government, Private companies, or partnership between some or all of them) as negative for establishing the new business models for the miBook tool. However, the analysis to be acceptable it would need further information and therefore this question was reformulated in the second round of the Delphi survey.

IV. RESULTS OF THE DELPHI MIBOOK RESEARCH

The results from the first round conducted to the decision of removing the questions three and four from the original

questionnaire; since there was evidence of converging opinions in what it concerns the need of new enhanced learning tools and also, considering the achieved reasonable consensus that, in the near future the importance and percentage of use of the e-book, the audiobook and the miBook will probably assume greater importance and percentage of use within the near future.

Each expert, informed of the results of the first round, was asked to send new answers in a second round and, to justify them if they differ from the overall. In this second round, the comparison of the experts' views had a moderating influence which came facilitating the existence of convergence among initial different opinion. It is important to mention that the analysis of the Delphi data and the summary of the proceedings should be undertaken on the basis of statistical analysis (for example, cluster analysis or factor analysis) to identify convergences and divergences in the answers [14]. On the second round questionnaire the group of questions (1.1), (1.2) and (1.5) were reformulated in order to obtain further and accurate results.

This time, Factor analysis was the statistical method[2] used for this analysis due to the possibility this technique offers in gaining information on the interdependencies between observed variables that may be used later to reduce the set of variables without decreasing information quality [15]. Another main application of factor analytic technique consists in detecting the structure in the relationships between variables or to classify the variables. The adequacy degree of adjusting the sample data to a factor analysis is usually measured with Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) and Bartlett's sphericity tests. This multivariate statistical method can be successfully employed once the KMO test is greater than "0,5" which indicates that the observed variables have correlation between themselves and, therefore suggesting that factor analysis will be a useful technique [16]. For determining the number of factors to retain, the Kaiser rule (probably the most widely used) established that, only factors with Eigenvalue[3] greater than one should be retained [17]. The same is to say that unless a factor (or a principal component) should extract at least as much as the equivalent of one original variable, otherwise it should be dropped. The Bartlett test of sphericity indicates that the correlation matrix is not an identity matrix, as postulated by the null hypothesis and, that the determinant of the correlation matrix is significantly different from the identity matrix. In this case the null hypothesis is rejected[4] and it does make sense to perform a factor analysis, as this suggests that there is great redundant information and therefore, the number of factors needed to explain a high percentage of information decrease comparing the original variables.

The first question of this second round (2.1) is a new one and it was strategically asked after obtaining the results on the third and fourth question of round one. The panel is confronted with the following hypothetical statement: miBook is a conceptual model capable to develop an innovative enhanced learning model based on cultural heritage (blended text, audio, image, video and various unstructured contents). The identified miBooks' main benefits in the learning process (resulting from the pilot test on miBook's usage evaluation [2] and listed above in section I) were then sent to the experts to evaluate them (Table IV). Factor analysis was performed for the study and interpretation of the correlations found among the group of benefits of using miBook in the learning process (observed variables) in order to identify possible factors common to all of them trying the possibility to obtain a lower number of unobserved variables (factors[5]).

The KMO test is greater than "0,7" (Table IV) which indicates high correlation between the variables and therefore factor analysis is pretty much adequate. Given the result of Bartlett test of sphericity, it is possible to reject the null hypothesis, also confirming the adequacy of performing factor analysis.

TABLE IV. PRINCIPAL FACTORS EXPLAINING MIBOOKS' BENEFITS

miBooks' Benefits	*Factor*
Dynamic audiovisual contents are easier to understand since we are able to value reason and calculate (contents' mental construction) in a more complete scenario than just reading and listening. Self management over contents (self control on visualization of relationships among different concepts) motivates learners' interest.[a]	**CREATIVITY**
Augmented Reality (AR) feature provides an enhancement to the user's cognitive perception of the real world and situational awareness, in indoor and outdoor environments.[b]	**REALISM**
Adding visualization to text book enhances our ability to understand contents. Easy to use authoring tool (possible to create/select self learning contents) that can be used in fixed workplaces and, that can be accessed from everywhere through internet or using mobile handheld devices with camera.[c]	**ACCESSIBILITY**
Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy	0,726
Bartlet's test of Sphericity / Approx. Chi-Square	190,557
Degrees of freedom	45
Sig.	0,000

a. Summarizing three of the identified benefits. b. *Idem*. c. Summarizing four of the identified benefits.

The original variables of the sample may then be explained in three different factors: Creativity (almost 33% of variance), Realism (25% of variance) and Accessibility (22% of variance) which together may explain 81% of total variance) and the following table shows which of them belongs to each of the variables.

The second question of the second round (2.2) consisted on the resubmission of the question (1.1) from the first round, only this time once the analysis of the first round enlightened the

[2] PASW18 (formerly SPSS Statistics) was the software used to perform the statistical tests. © 2010 SPSS Inc., an IBM Company. All rights reserved.

[3] Eigenvalue is the variance explained by each factor.

[4] The significance level (Sig.) must be <0.05 (the more is close to zero the better.)

[5] Factors or principal components are based on linear combinations of the observed variables plus "error" terms.

growing importance of the evaluated variables in the near future, the panel was simply asked to re-evaluate the same variables in terms of importance for societal and economic development. Factor anlysis' results in the extraction of two principal components: "Intercommunication" and "Wisdom" (Table V). To reiterate, the KMO test is greater than "0,6" and, near reaching "0,7" and, once again the Bartlett test of sphericity allows for the rejection of the null hypothesis, suggesting that the factor analysis is meaningful.

TABLE V. PRINCIPAL FACTORS INFLUENCING SOCIO-ECONOMIC DEVELOPMENT ALONG WITH THE POSSIBILITY OF ACCESSING MIBOOK'S TOOL

Societal and Economic factors	*Factor*
Digital and Internet Access Communication and Future Vision	**INTER COMMUNI CATION**
Management Innovation and Entrepreneurship Intellectual Knowledge and Learning	**WISDOM**
Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy Bartlet's test of Sphericity / Approx. Chi-Square Degrees of freedom Sig.	0,635 43,135 10 0,000

Retaining only two factors (principal components) with Eigenvalues greater than one, it is possible to identify a first factor as "Intercommunication" and a second one as "Wisdom".

In the first round (question 1.2), from the ten efficiency learning factors that were suggested from the panel five of them covered 83% of the impact on learning efficiency. On this round, this was again submmitted to panel ratification as the third question (2.3), only this time, principal component analysis was performed in order to identify which ones are to assume greater importance in near future. Although the KMO test is not reaching "0,5", given the result of Bartlett test of sphericity, it is possible to reject the null hypothesis, thus confirming the adequacy of performing factor analysis. Furthermore, the first two factors with Eigenvalues greater than one explain almost 67% of total variance. Hence, retaining only the first two principal components with Eigenvalues greater than one suggests a first factor named as "Structural capital" and second one named as "Human capital", respectively (Table VI).

TABLE VI. PRINCIPAL FACTORS INFLUENCING LEARNING EFFICIENCY

Factors influencing learning efficiency	*Factor*
Economic, Learning, Future work perspective and Education.	**STRUCTURAL Capital**
Politics, Pedagogy, Cultural, Networks, Technology and Social	**HUMAN Capital**
Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy Bartlet's test of Sphericity / Approx. Chi-Square Degrees of freedom Sig.	0,381 149,281 45 0,000

Fith and last question (2.5) of the second round, was reformulated considering the following scenario. Admitting the hipothesis that the miBook's demand is simplified in three different categories: academic learning, professional learning and entertainment (Table VII), then possible business models should count with the appropriate content providers for this hypothetical market segments, along with their direct participation in the construction of other contents derived from the original ones (which usually are printed books).

TABLE VII. MAJOR DEVELOPERS OF BUSINESS MODELS FOR NEW MEDIA

Market segments	*Factor*
Academic learning: school are major miBooks' contents producers and also responsible for placement in the market. **Professional learning**: private and public sectors are miBook's content producers and responsible for placement in their own internal markets.	**PROFESSI ONAL Model**
Entertainment Learning -Edutainment: miBook is basically produced by private sector but occasionally establishes partnerships with other public, private and/or academic contents' owner. -Business/Academic: school and public sector are major miBooks' content producers but the private sector is the unique responsible for placement in global market. -Mixed: miBook is exclusively produced by content's owner or under its supervision, no matter who is going to be responsible by its placement in market.	**BUSINESS Model**
Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy Bartlet's test of Sphericity / Approx. Chi-Square Degrees of freedom Sig.	0,623 47,362 10 0,000

Once again, factor analysis was performed for the study and interpretation of the correlations found among the miBook's possible market segments in order to identify possible factors common to all of them trying the possibility to obtain a lower number of unobserved variables. The KMO test is greater than "0,6" which indicates high correlation between the variables and, therefore factor analysis is pretty much adequate. Given the result of Bartlett test of sphericity, it is also possible to reject the null hypothesis, again confirming the adequacy of performing factor analysis. From the initial observed variables it is feasible the identification of two principal components summarizing two major developers of business models named as Professional model and Business model.

The answers to this second round indicate that the majority of experts did not wish to change their opinion in what it concerns to questions reformulated from the first round. At this stage it was decided that further ranking rounds would not be required due to the level of consensus and / or dissensus achieved. The panel clearly identified a number of viewpoints on the factors considered most important. The responses in both rounds to the miBook Delphi survey were analyzed to determine the general trend and the most extreme responses.

V. CONCLUSIONS AND FUTURE WORK

The consultation process has produced at least, the following five major findings, (1) New enhanced learning tools are actually needed and, a set of strategies and recommendations are listed for the development of miBook's tool, being the most relevant concerning Structural and Human Capital; (2) the e-book, the audiobook and the miBook tend to

be more important and growing in terms of number of users in the near future; (3) Creativity, Realism and Accessibility are the most important benefits for miBook's users during the learning process; (4) Intercommunication and Wisdom are to be of growing importance in near future; and last (5) recommended business strategy for miBook is possibly sustainable when supply is focused on different marketplaces, corresponding to different users' needs: Professional and Business, which are potentially the ideal major developers of the business models for the new media tools.

The way firms and other non private organizations combine this available resources and technology to deliver value by providing more benefits in relation to costs, as perceived by clients and partners will determine the marketplace for each product and service proposition. But, when it concerns to launch innovations in the market the successful formation of a marketplace, where supply meets demand, shall have a certain dependency on the specific systemic conditions and characteristics of each geographical region no matter how intensive is the popular phenomena of 'globalization'.

There are many problems, suggestions and contributions arising from this miBook hypothetical scenario that have been pointed out along this work. Because of the various themes arising from technology and learning issues' debate, perhaps is too ambitious to draw upon the results of this research concrete new business models. Anyhow, the digital imaging accelerated expansion in the various contexts of graphic and audiovisual creation has led to many major changes, and has promoted the development of a growing digital culture, pushing the boundaries of human value and enabling them to perform increasingly complex tasks. If the eighties can be considered as the decade of the introduction and expansion of computer technology, the nineties constitute the early visual experimentation and finding new 'languages' for inter-communication. Thus, future work can at least envision the major developers for the miBook tool which can trigger an intense interesting debate about its effects on a variety of contexts, from teaching and learning issues to intellectual property rights and governance. These emerging issues, although extremely important, were generally treated in this research and limited to the strict contextualization and suitability for a global approach to the miBook tool.

This research was sponsored by GITICE-Grupo de Investigación de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones en la Empresa, from Universidad de Huelva, Huelva-España (http://www.uhu.es/gitice/) , by SbH – Solutions by Heart, Ltd., from Porto Salvo-Portugal (http://www.solutionsbyheart.com or http://www.mibook.org) and by ADETTI – Centro de Investigação em Sistemas e Tecnologias de Informação Avanaçadas from Instituto Universitário de Lisboa (IUL)-Portugal (http://adetti.pt/).

[1] Kalkofen, Denis; Mendez, Erick (Student Members IEEE) and Schmalstieg, Dieter. (Member IEEE). Comprehensible Visualization for Augmented Reality. IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, Vol. 15, No. 2, 2009

[2] Dias, Albertina. Technology enhanced learning and augmented reality: An application on multimedia interactive books, International Business & Economics Review, vol 1(1), pp. 72-77, 2009.

[3] Luna Huertas, Paula; Martínez López, Francisco José; Infante Moro Alfonso; Luna Huertas, Carlos (Eds.), Investigación Delphi sobre la currícula universitaria en sistemas de información/tecnologías de la información: hacia el paradigma latino. Universidad de Sevilla. Serie: Ciencias Económicas y Empresariales. Núm. 67, Sevilla, 2006.

[4] Taylor, Raymond E. and Meinhardt, David J. Defining computer information needs for small business: A delphi method. Journal of Small Business Management. Nº 23, pp. 3-9, April, 1985.

[5] Wissema, Hans J.G. Trends in technology forecasting. R&D Management, 12(1), pp. 27-36, 1982.

[6] Okoli, Chitu and Pawlowski, Susanne. The Delphi method as a research tool: an example, design considerations and applications. Information & Management 42(1): pp. 15-29, 2004.

[7] Skulmoski, Gregory J., Hartman, Francis T. and Krahn, Jennifer. The Delphi Method for Graduate Research. Journal of Information Technology Education, 6, pp. 1-21, 2007.

[8] Hsu, Chia-Chien and Sandford, Brian A. Minimizing Non-Response in The Delphi Process: How to Respond to Non-Response. Practical Assessment, Research & Evaluation 12(17): 62-78, 2007.

[9] Kvale, Stainer and Brinkman, Svend. InterViews. Learning the craft of qualitative research interviewing. 2nd Edition. SAGE publications Inc, pp. 99-158, 2009.

[10] Kasi, V., Keil, M., Mathiassen, M. and Pedersen, P. The post mortem paradox: a Delphi study of IT specialist perceptions European Journal of Information Systems 17, 62 – 78, 2008.

[11] Wilcoxon, Frank. Individual Comparisons by Ranking Methods. Biometrics Bulletin, Vol. 1, No. 6., pp. 80-83, Dec., 1945.

[12] Maroco, João. Análise Estatística Com Utilização do SPSS. 3ª Ed., Lisboa: Edições Sílabo, 2007.

[13] Pestana, Maria Helena and Gageiro, João Nunes. Análise de Dados para Ciências Sociais - A complementaridade do SPSS. 4th edition, Lisbon, Edições Sílabo, 2005

[14] NADEAU, Marc-André. L'évaluation de programme. Théorie et pratique. Québec, Presses de l'Université Laval, 1988.

[15] Kim, Jae-On. and Mueller, Charles W. Factor Analysis – Statistical Methods and Practical Issues. Sage University Paper Series on Quantitative Applications on the Social Sciences. Nº 14. Beverly Hills, CA: Sage, 1978.

[16] Hair, Jr., K. F., Anderson, R. E., Tatham, R. L., and Black, W. C. (1998). Multivariate data analysis. (8th ed.). Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.Nunally, J.C. Psychometric theory. New York: NY: McGraw-Hill, 1978.

[17] Kaiser, H. F. The application of electronic computers to factor analysis. Educational and Psychological Measurement, 20, pp. 141-151, 1960.

Using Relational Algebra on the Specification of Slowly Changing Dimensions - A First Step

Vasco Santos
CIICESI
School of Management and Technology, Porto Polytechnic
Felgueiras, PORTUGAL
vsantos@estgf.ipp.pt

Orlando Belo
Department of Informatics
School of Engineering, University of Minho
PORTUGAL
obelo@di.uminho.pt

Abstract—**Data Warehouses are refreshed periodically with data from source systems. Nevertheless this data is not only related to new facts, but also to dimension data. Some dimensions have the particularity of evolving through time, either by having new data or by changes that occur in source systems and must be reflected in the data warehouses. Dealing with these, so called, Slowly Changing Dimensions is a complex task that the Extract, Transform and Load process is responsible. Common approaches are based on typing these dimensions and act accordingly, which adds to the already complex nature of the process. In this paper we analyze these different types of slowly changing dimensions, proposing a relational algebra specification to deal with them.**

Keywords-component; Data Warehouses; ETL processes; Slowly Changing Dimensions; Relational Algebra.

I. INTRODUCTION

One of the primary purposes of an *Information System* (IS) is to be able to store data and provide access to users to explore, in some way, the data to gather information to support their everyday decision making processes. Nevertheless, the development of an IS is a complex task that most of the times involves old and proprietary systems as well heterogeneous sources of information, usually developed prior to the concept of IS.

A *Data Warehousing System* (DWS) is yet another component of a broad *Enterprise Information System* (EIS) and its main goal is to provide a centralized, subject oriented, nonvolatile, integrated, time variant collection of data [1]. Building such a repository is essential if one wants to make decisions based on facts rather than intuition or on a partial view of reality. Maintaining a data warehouse up-to-date is a daunting task, not only because of the ever growing amount of data that needs to be dealt with, but also because of the reduced time available to perform the operations [2, 3]. These operations are normally designed as Extract, Transform and Load (ETL) due to the fact that data is fetched from source systems, transformed (conciliated, cleaned, adapted, etc.) in order to be loaded later into the data warehouse [4]. Several proposals have been made to design ETL processes [5-7], some of them very similar to the design of current databases, i.e., by first designing the conceptual model and only after the logical model.

Most of the actual DWs follow the Dimensional Modeling approach presented by Kimball [8], in which data is stored in dimension and fact tables, providing a flexible, fast and simple way to separate facts from their own properties. The refreshment process associated with this approach deals with several problems. One of them is referred as the *Slowly Changing Dimension* (SCD) dilemma. When changes occur in the properties of the facts, they must be well represented in the DW in order to have a consistent view of the data. One of the most expensive tasks in the ETL process is associated with tracking and maintaining data consistently in dimensions after changes have occurred in the correspondent source systems. According to [9] there are several types of SCDs and each one has a methodology to represent data consistently. If there is no need to keep historical data, the changes in source systems are propagated through updates in the data warehouse's dimensions. However, if historical data is needed to accurately represent the properties of a fact, then a more complex approach is used. It is our belief that identifying the type of SCD and acting accordingly is a complex task that can be simplified by the use of a single approach that deals with all current dimension changes rendering common approaches useless.

This paper is organized as follows. In section II we will study the SCD dilemma and the most frequent approaches to deal with them. Next, in section III, we propose a formal specification of ETL processes through the use of Relational Algebra. Finally, in the last section, we present some conclusions and describe some future work.

II. THE DILEMMA OF SLOWLY CHANGING DIMENSIONS

According to Kimball [4], the concept of a dimension is that it is a table that somehow stores the properties of a fact, for instance the name of the buyer of a sale (fact), its home town, or just a note about its profile. The ETL process refreshes the data warehouse by adding new facts and occasionally adding or updating dimension data. Changing dimensions must be dealt with care and some decisions must be made in order to maintain them in a consistent and integrated state. Kimball identifies several types of SCD and presents the changes needed to be made in order to achieve the previous objective.

ETL processes must be designed to handle SCD through a standard methodology that ensures that all scenarios are

covered and that all purposes are met. When an ETL process treats source dimension records it needs to know if that record, identified by its business key, already exists in the correspondent dimension table. If all attributes have the same values, i.e., there were no changes, the ETL process discards the record. If the record does not exist in the dimension, it is added with a new unique identifier called surrogate key. The dilemma appears when the comparison between the record that the ETL process is processing and the records stored previously in the dimension have differences for a same business key. This means that one or more attributes have changed and when this occurs the ETL designer must define what to do, which depends obviously on the purpose of the DWS [10]. It is common to see in the DWS literature the different types of SCD according to the need to store historical data. Nevertheless the changes occur at the attribute level, and the type used to identify the SCD, should refer to the attribute and not to the table. Next we dwell on each common type of SCD.

A. SCD Type 1

When an attribute is identified as a Type 1 the methodology to deal with the changes is simple, the attribute is simply updated. The consequences must be well understood, since the older value of the attribute is lost and all future analysis will refer to the new value. This approach does not require many computational resources to monitor and it is not complex to implement since a common UPDATE will do the trick.

B. SCD Type 2

When history is important for analysis the most common type of SCD used is Type 2. This approach is quite complex and demands a lot of resources. If an attribute is identified as a Type 2 attribute then the dimension must contain additional attributes to determine which records are current and which are expired. Common approaches use attributes that store the data interval in which the record was valid and eventually an additional attribute to flag the current record. If the ETL process detects a change in the value of a Type 2 attribute then an additional record is created with a new surrogate key, making that new record current and expiring the old record. The data attributes have to be conveniently updated in order to maintain a consistent view of the current and expired records. The advantage of this approach in comparison to the previous approach is that historical values are preserved providing the means necessary to correctly analyze the data of the data warehouse. Nevertheless, there is an enormous disadvantage associated with the increase of the table's cardinality and the complexity of handling surrogate keys.

C. SCD Type 3

The Type 3 approach is a compromise between storing or not historical changes. This approach uses additional attributes to keep the previous values of the attribute classified as type 3. Normally only one additional attribute is used but it is possible, but not practical, to use more attributes to store previous values. The most relevant advantage of this approach is the fact that the table's cardinality does not change maintaining the dimension simple and not overburdening the ETL process with the task of creating new records or managing new surrogate keys as the previous analyzed approach.

D. SCD Type 4

A solution to the previous approaches' disadvantages is to separate current data from historical data. The idea behind this type is to maintain the table that holds current data simple and with low cardinality and an additional table to store historical and expired data. The dimension is composed by these two tables and whenever a change occurs the old record is transferred to the historical table and the new changed record is added to the current data table.

Common DW analysis use current data instead of all data available, nevertheless if historical data is needed a merged view of both table restores all historical perspective of the dimension.

E. SCD Summary

In Table I we present a brief summary of the most common types of SCD used in DW development.

TABLE I. SUMMARY OF COMMON SCD TYPES

	Approach per attribute	**Advantages**	**Disadvantages**
Type 1 SCD	Update attribute	Dimension has Updated Data Dimension cardinality unchanged	Historical Data Lost
Type 2 SCD	New Record for each update Mark old record as "Expired"	Historical Data is preserved	Increased Dimension cardinality Handling Surrogate Keys
Type 3 SCD	Stores previous value in "old attribute" and updates "current attribute"	Dimension cardinality unchanged	Stores only the previous value
Type 4 SCD	Dimension is formed by two tables. One containing current data and other containing historical data	Current Table small Historical Data preserved in another table	Integrated view requires a merge between the two tables

Dealing with changes in dimension data has always been a challenge. This can justify the different approaches to try to solve the dilemma. However, in our perspective Type 4 SCD solves all the problems identified for all SCD types in a clean and simple way without the disadvantages identified for all other approaches.

The methodology to use the Type 4 SCD is the same regardless of the problem. Whenever a record has been updated, and we want to keep history, the old record is moved to the historical table and the new record is added to the current data table maintaining the same surrogate key. Based on this principle, it is a fact that there is no need to type SCD since a simple approach can solve all the problems [11]. In the

subsequent section we propose a first approach to a formal specification to deal with SCD.

III. SCD Formal Specification

ETL processes have been defined and implemented in every DWS, nevertheless most of these processes are not designed using a formal and standard approach. The academic community studied the subject and started to propose approaches similar to the common database designs, separating conceptual, logical and physical design [5, 12-16]. Although these proposals focus on the design of the ETL processes and commonly use SCD they don't specify how to design and implement them, they are just identified. Our primary goal is to propose a formal specification using extended relational algebra that characterizes the only, in our view, relevant approach to deal with SCD, i.e, Type 4 SCD. This type, as stated previously, is a much simpler and easier approach to try to solve the dilemma.

Codd [17, 18] presented the Relational Model, that supports most current databases, together with a data manipulation language called Relational Algebra. The principal behind this model and its manipulation language is that the data is stored in relations through the use of sets of tuples. The relational algebra presented inherits some of the properties of the mathematical Set theory. Through time, and as databases evolved, the Relational Algebra was extended to support more operations, like aggregation [19, 20]. The relational language proposed by Codd evolved too, having Set theory has its basis. But real world databases operated differently. For instance, a database query result may return duplicates, and that result is not valid according to the original relational model. Therefore, Extended Relational Algebra was further developed to formally support duplicates, algebraic operations over attributes, and data manipulation like inserts, updates or deletes. In order to achieve this objective the extended relational algebra works over Bags and not Sets [21-23]. The primary difference between both is the ability to represent duplicates and the importance of data order present in Bags.

A. SCD Type 4 Methodology

As stated previously, the basis for this approach is the use of two relations to represent a Dimension, one relation stores the current data, that we shall from this point forward call *dimension_current*, and the other one stores the historical changes that became expired, that we identify as *dimension_history*. Let's assume that the ETL process extracts all the data existent in a source system to load into a specific Dimension. We shall call the table that stores that data *source_data*. The definition of a table, or relation, as first presented in [17] and described in many subsequent articles and textbooks, is a set n-tuples with each element of the tuple corresponding a specific domain. Thus, we define the relation *source_data* as a list of attributes that comprise a business key and a finite set of additional attributes (1). The business key is normally identified as a primary key and may be a single or set of attributes.

$$source\_data = \langle A_1, \ldots, A_n, B_1, \ldots, B_m \rangle \quad (1)$$

$A_1, \ldots, A_n$ are the attributes that belong to the Business Key and n >= 1

$B_1, \ldots, B_m$ are additional data attributes needed in the dimension and m >= 1

The Dimension is formed by two relations, *dimension_current* and *dimension_history*, with the same structure (2). The difference between the structure of these two relations and the *source_data* relation is solely the presence of an attribute, surrogate key, that identifies the tuple of the dimension and a date attribute identifying the temporal validity of the tuple.

$$dimension\_current = \langle SK, A_1, \ldots, A_n, B_1, \ldots, B_m, Date \rangle \quad (2)$$

SK is the surrogate key, normally a natural number. *Date* is an attribute that stores the date from which the tuple is valid.

In order to correctly refresh the dimension table with source data a series of operations need to be executed. We assume that the ETL process loads the *source_data* relation with all significant data present in the source systems, i.e., a generic approach. A more simplified approach could be loading the *source_data* relation with just new or updated tuples. This last approach should, if source systems permit, be used in detriment of the generic approach. Identifying new or update tuples from a relation is a complex and time consuming task.

Given the more generic approach we first need to remove from *source_data* the unchanged tuples, i.e., retain the new and changed tuples only (3).

$$NC\_data \leftarrow source\_data - \pi_{A_1,\ldots,A_n,B_1,\ldots,B_m}(dimension\_current) \quad (3)$$

The *NC_data* now needs to be divided in two relations, separating the new tuples, which will be added to the dimension after the attribution of a surrogate key, from the changed tuples that need a more complex set of operations.

1) Processing Changed Data

In order to identify changed dimension data we need to know their business key. An intersect operation over *dimension_current* and *NC_data* will provide us with the needed information (4). We shall name it *ChangedBK* to identify a relation that contains the business keys of changed tuples.

$$ChangedBK \leftarrow \pi_{A_1,\ldots,A_n}(dimension\_current) \cap \pi_{A_1,\ldots,A_n}(NC\_data) \quad (4)$$

As previously stated, the Type 4 approach to deal with SCD requires us to transfers changed data, also named expired data, to the history relation, and then replace that data with the updated, or current, data. The order of the operations is important because the primary key of the dimension relations is the surrogate key. First we need to identify old data (5) then add it to *dimension_history* (6) and remove it from *dimension_current* (7).

$$Old\_data \leftarrow ChangedBK \bowtie dimension\_current \quad (5)$$

$$dimension\_history \leftarrow dimension\_history \cup Old\_data \quad (6)$$

$$dimension\_current \leftarrow dimension\_current - Old\_data \quad (7)$$

It is now possible to insert changed data in *dimension_current*. Using (8) we identify the changed data preserving their surrogate key by accessing the temporary relation *Old_data* defined in (5). In (9) the extend operator [24] is used to add an additional attribute called Date that will provide us with a timestamp day of the changed data through the use of a system-defined function called *today()*. Finally, the insert operation is accomplished through the use of the union operator in (10).

$$Changed\_data \leftarrow \pi_{SK,A_1,\ldots,A_n}(Old\_data) \bowtie NC\_data \quad (8)$$

$$Changed\_data \leftarrow \varepsilon_{[Date=today()]}(Changed\_data) \quad (9)$$

$$dimension\_current \leftarrow dimension\_current \cup Changed\_data \quad (10)$$

2) Processing New Data

After determining the business keys of the changed data in (4) we can use that information to identify new data (11) and insert it in *dimension_current*. The addition of new data requires the ETL process to assign a new surrogate key for every new tuple. This process is not the primary focus of this paper and will be studied in future work. For now we assume that exists a function that adds a new attribute (SK) to *New_data* with valid values (12). After that process the addition of the new values to *dimension_current* is done through the use of the union operator (13).

$$New\_data \leftarrow NC\_data - (ChangedBK \bowtie NC\_data) \quad (11)$$

$$New\_data \leftarrow \varepsilon_{[SK=new\_surrogate()]}(New\_data) \quad (12)$$

$$dimension\_current \leftarrow dimension\_current \cup New\_data \quad (13)$$

B. Relational Algebra Trees

For a better understanding of the operations we use Relational Algebra Trees to represent the steps explained before. Equation (1) through (4) are used to determine the expired data and are presented in Fig. 1.

Equation (6) and (7) are self explanatory and will not be presented in Relational Algebra Trees, never the less, these operations transfer the expired data from the relation holding current values, i.e., *dimension_current* to the relation holding historical values, i.e., *dimension_history*.

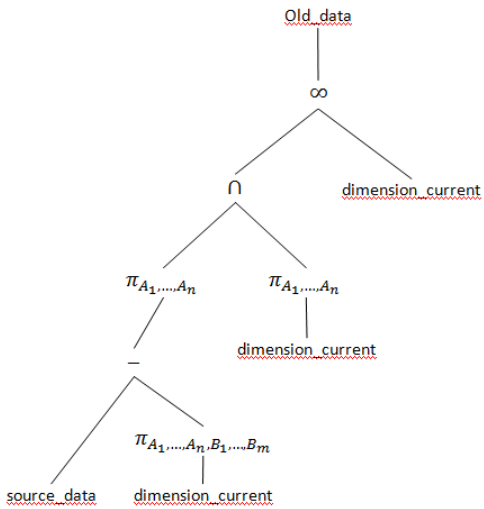


Figure 1. - Steps taken to determine Old_data

Fig. 2 represents the steps taken to insert the changed data in the *dimension_current* relation once the expired data is transferred.

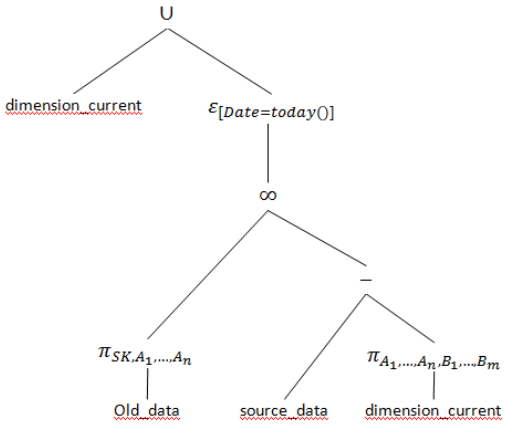


Figure 2. Steps to insert changed data in dimension

Finally the in Fig. 3 we present the steps taken to insert the new data in *dimension_current*.

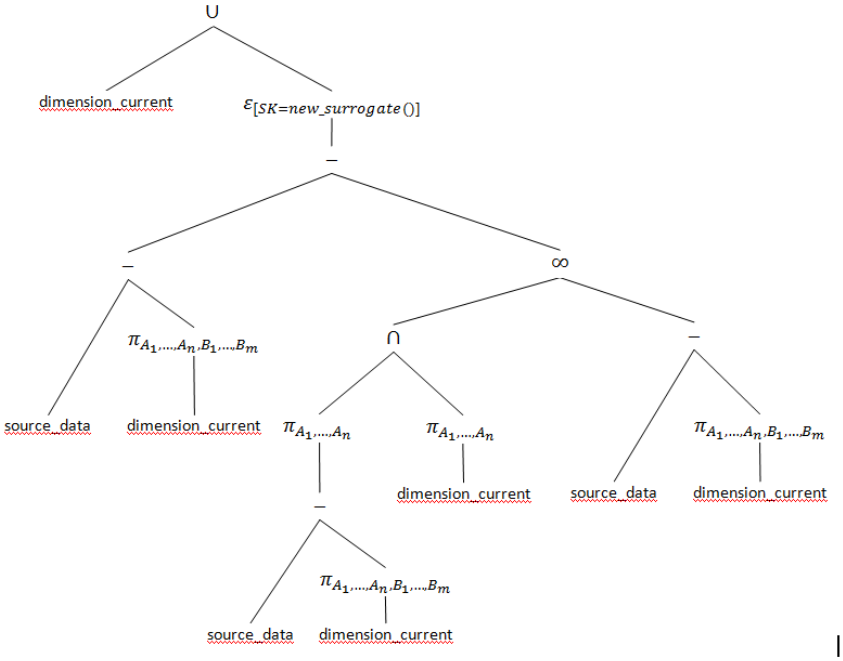


Figure 3. Steps to insert new data in dimension

IV. Conclusions and Future Work

Data Warehouse ETL processes are one of the most time and resource consuming components due to their complexity. These processes need to capture, transform and load significant amounts of data in a reduced time frame. Dealing with SCD has been an enormous challenge due to the need to balance the necessity of historical data and the overburden that this task carries. In our view there is no need to commonly type SCD and increase the complexity of the ETL process. The commonly known SCD Type 4 supports all the needs for historical data without the disadvantages of other types of SCDs. Since the approach to deal with each of the known changes in dimension data is the same, the implementation is simplified and the ETL process consumes less time and resources. We present in this paper a first step to a formal specification of this approach using Extended Relational Algebra. Since we are dealing with SCD, the approach to deal with changed data is somewhat different than dealing with new data due to the need to generate surrogate keys. The next step in our work will address the generation of surrogate keys.

References

[1] W. H. Inmon, Building the Data Warehouse, 3rd ed.: John Wiley & Sons, 2002.

[2] W. J. Labio, R. Yerneni, and H. Garcia-molina, "Shrinking the Warehouse Update Window," ACM SIGMOD, vol. 28, pp. 383-394, June 1999.

[3] M. V. Mannino and Z. Walter, "A Framework for Data Warehouse Refresh Policies," Decision Support Systems, vol. 42, pp. 121-143, 2006.

[4] R. Kimball and J. Caseta, The Data Warehouse Etl Toolkit - Pratical Techniques for Extracting, Cleaning, Conforming, and Delivering Data: Wiley Publishing, Inc., 2004.

[5] J. Trujillo and S. Luján-Mora, "A Uml Based Approach for Modeling Etl Processes in Data Warehouses," in Conceptual Modeling - Er 2003. vol. 2813/2003, ed Berlin Heidelberg: Springer -Verlag, 2003, pp. 307-320.

[6] P. Vassiliadis, A. Simitsis, and S. Skiadopoulos, "Conceptual Modeling for Etl Processes," in Proceedings of the 5th Acm International Workshop on Data Warehousing and Olap, ed McLean, Virginia, USA: ACM Press, 2002, pp. 14-21.

[7] P. Vassiliadis, A. Simitsis, and S. Skiadopoulos, "On the Logical Modeling of Etl Processes," presented at the Proceedings of the 14th International Conference on Advanced Information Systems Engineering, 2002.

[8] R. Kimball and M. Ross, The Data Warehouse Toolkit - the Complete Guide to Dimensional Modeling, Second ed.: John Wiley & Sons, 2002.

[9] D. A. J. Griffin, P. J. L. Griffiths, S. H. Judges, N. A. Campbell, and M. D. Roberts, "Method of Managing Slowly Changing Dimensions," United States of America Patent US 6,847,973 B2, 2005.

[10] A. Simitsis, P. Vassiliadis, and T. Sellis, "Extraction-Transformation-Loading Processes.," in Encyclopedia of Database Technologies and Applications, L. C. Rivero, et al., Eds., ed: Idea Group, 2005, pp. 240-245.

[11] V. Santos and O. Belo, "No Need to Type Slowly Changing Dimensions," presented at the IADIS International Conference Information Systems 2011, Avila, Spain, 2011.

[12] A. Simitsis, D. Skoutas, and M. Castellanos, "Representation of Conceptual Etl Designs in Natural Language Using Semantic Web Technology," Data & Knowledge Engineering, vol. 69, pp. 96-115, 2010.

[13] A. Simitsis, D. Skoutas, and M. Castellanos, "Natural Language Reporting for Etl Processes," presented at the Proceeding of the ACM 11th international workshop on Data warehousing and OLAP, Napa Valley, California, USA, 2008.

[14] P. Vassiliadis, A. Simitsis, P. Georgantas, and M. Terrovitis, "A Framework for the Design of Etl Scenarios," in Advanced Information Systems Engineering. vol. 2681, J. Eder and M. Missikoff, Eds., ed: Springer Berlin / Heidelberg, 2003, pp. 1031-1031.

[15] L. Muñoz, J.-N. Mazón, and J. Trujillo, "A Family of Experiments to Validate Measures for Uml Activity Diagrams of Etl Processes in Data Warehouses," Information and Software Technology, vol. 52, pp. 1188-1203, 2010.

[16] Z. Li, J. Sun, H. Yu, and J. Zhang, "Commoncube-Based Conceptual Modeling of Etl Processes," presented at the International Conference on Control and Automation, Budapest, Hungary, 2005.

[17] E. F. Codd, "A Relational Model of Data for Large Shared Data Banks," Commununications of the ACM, vol. 13, pp. 377-387, 1970.

[18] E. F. Codd, "Extending the Database Relational Model to Capture More Meaning," ACM Transactions on Database Systems, vol. 4, pp. 397-434, 1979.

[19] A. Klug, "Equivalence of Relational Algebra and Relational Calculus Query Languages Having Aggregate Functions," J. ACM, vol. 29, pp. 699-717, 1982.

[20] G. Ozsoyoglu, Z. M. Ozsoyoglu, and V. M. Matos, "Extending Relational Algebra and Relational Calculus with Set-Valued Attributes and Aggregate Functions," ACM Trans. Database Syst., vol. 12, pp. 566-592, 1987.

[21] P. W. P. J. Grefen and R. A. de By, "A Multi-Set Extended Relational Algebra: A Formal Approach to a Practical Issue," in Data Engineering, 1994. Proceedings.10th International Conference, 1994, pp. 80-88.

[22] L. Libkin and L. Wong, "Query Languages for Bags and Aggregate Functions," Journal of Computer and System Sciences, vol. 55, pp. 241-272, 1997.

[23] J. Albert, "Algebraic Properties of Bag Data Types," in Proceedings of the 17th International Conference on Very Large Data Bases, 1991, pp. 211-219.

[24] E. Baralis and J. Widom, "An Algebraic Approach to Rule Analysis in Expert Database Systems," presented at the Proceedings of the 20th International Conference on Very Large Data Bases, 1994.

Análise de Dados de Três Processos de Construção de Semicondutores: Mold, Solder Ball e Singulation

Brígida Mónica Faria
DETI/UA – Departamento de Electrónica, Telecomunicações e Informática / Universidade de Aveiro
ESTSP/IPP – Escola Superior de Tecnologia da Saúde do Porto / Instituto Politécnico do Porto
Aveiro e Porto, Portugal
btf@estsp.ipp.pt

Resumo — **A produção dos semicondutores é um processo complexo que passa por várias fases sequenciais até ser obtido o produto final. A detecção de falhas e a análise do desempenho de equipas e máquinas, no processo produtivo, são essenciais para o sucesso de uma empresa neste ramo. Este artigo apresenta os resultados obtidos através da aplicação de métodos de estatística multivariada aos dados relativos a três processos da linha de produção de uma empresa de semi-condutores: *Mold*, *Solder Ball Attach* e *Singulation*. Da análise realizada é possível concluir que após uma exaustiva procura de informação em dados reais pode-se afirmar que existem diferenças relativamente ao desempenho de quatro equipas que laboram na empresa ao nível de tempo e falhas.**

Palavras Chave - Semicondutores, Mold, Solder Ball, Singulation, Análise de Componentes Principais, Clustering.

I. Introdução

Actualmente as bases de dados são fontes poderosas, sendo possível extrair mais informação do que aquela que está aparentemente disponível. Novas técnicas de predição, extracção e de relação foram desenvolvidas em áreas como Análise de Componentes Principais, *Clustering* e Análise Factorial [1]. Contudo, uma importante fase na análise de dados consiste no tratamento, organização e redução de dados de forma a extrair a informação que de facto é essencial aos objectivos propostos.

Neste trabalho está presente um estudo sobre os dados reais de uma empresa de semicondutores. O conjunto de dados aqui analisado refere-se a uma amostra de dados de Novembro de 2008 cuja informação incide em três processos da linha de produção da empresa: *Mold, Solder Ball Attach* e *Singulation*. Após uma análise preliminar dos dados, um dos objectivos foi aplicar métodos estatísticos multivariados. Inicialmente, de modo a reduzir o número de variáveis iniciais, foi utilizada uma abordagem de Análise de Componentes Principais. Em seguida, foi estudada a análise de clusters e sua aplicação nos dados. O objectivo primordial do trabalho consistiu em analisar a eficiência das equipas que trabalham nestes três processos relativamente a tempos e falhas cometidas.

O resto do artigo encontra-se organizado do seguinte modo: na secção II é efectuada uma breve descrição da empresa, o seu modo de funcionamento e o processo de produção de semicondutores; na secção III são descritos os dados e feita a sua caracterização, tratamento e análise dos resultados. Finalmente são apresentadas as conclusões e perspectivas de desenvolvimento futuras.

II. Produção de Semicondutores

A. Funcionamento da Empresa

Uma empresa que se dedica à produção de semicondutores pretende obter produtos com enorme variedade de aplicações, através de tecnologia de baixo consumo e alto rendimento, à integração em computadores e outros terminais digitais, tais como, leitores de MP3, telemóveis, câmaras fotográficas digitais, consolas de jogos, entre outros [2] [3].

B. Processo de Produção de Semicondutores

A produção dos semicondutores passa várias fases até ser obtido o produto final como pode ser analisado pela Fig. 1. Neste trabalho foram só analisados os dados relativos a três processos sequenciais [4]:

- ***Mold*** é o que se designa por moldagem e consiste na cobertura dos *chips* com um polímero que protege os *chips* e os fios de ouro que fazem as conexões entre *chip* e substratos (cada memória vai ser depois anexada em módulos para as aplicações de destino).
- ***Solder Ball Attach* ou *Ball Placing*** é a fase de soldadura de bolas que permite a transmissão de informação entre o *chip* e os módulos.
- ***Singulation*** (de cada unidade) é o corte no substrato de modo a tornar cada *chip* um elemento único pronto a ser montado. Este processo também é denominado por Individualização.

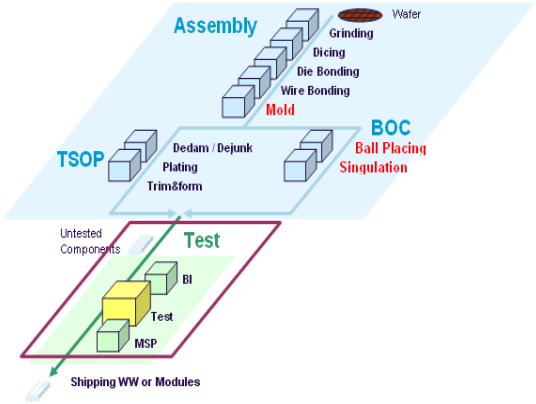


Figura 1. Processos de construção de semi-condutores [Adaptado de [4]].

A amostra recolhida refere-se a 438 lotes e para cada um deles foi recolhido o seguinte conjunto de dados:

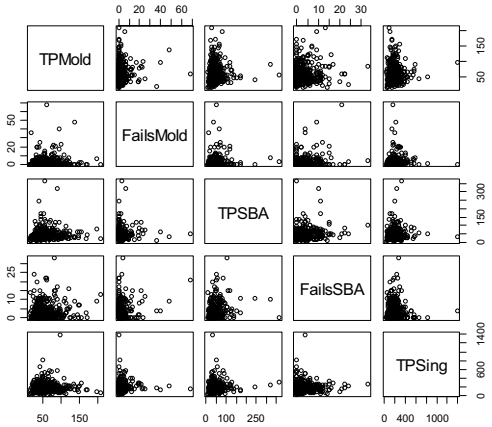
- Quantidade de semicondutores de cada lote;
- Hora de entrada e hora de saída em cada um dos processos (que permite calcular o tempo de processamento de cada lote);
- Equipamento onde foi processado o lote;
- Equipa que processou o lote;
- Número total de falhas em cada processo.

O estudo será focalizado sobre as variáveis relativas ao tempo em minutos que cada lote se encontrou nas 3 etapas, o número de falhas também por fase e as equipas envolvidas nos processos. A informação relativa à quantidade do lote, após uma análise inicial dos dados, foi eliminada, uma vez que se consideram os lotes como um indivíduo.

III. Análise dos Dados

O primeiro passo do trabalho consistiu em manipular os dados de forma a traçar um caminho que permitisse obter informação útil para a empresa. A Fig. 2 contém os diagramas de dispersão referentes aos dados observados nas variáveis tempos e falhas nos três processos.

Analisando as observações não é possível afirmar que exista uma relação estatística entre as variáveis. O caso dos *outliers* (valores que aparentemente são extravios do que se poderia esperar [3]) poderia estar a mascarar essas mesmas relações. Foi construído o diagrama de dispersão retirando os casos extremos, contudo e pensando em termos de empresa este tipo de dados não deverá ser retirado, uma vez que serão importantes para a compreensão do comportamento e desempenho das equipas.



TPMold – tempo em moldagem; FailsMold – falhas em moldagem; TPSBA – tempo em *Solder Ball Attach*; FailsSBA – falhas em *Solder Ball Attach*; TPSing – tempo em *Singulation*

Figura 2. Diagramas de dispersão ligados

Assim sendo, o passo seguinte consistiu em elaborar uma análise exploratória das medidas de tendência central e de dispersão para as variáveis tempo decorrido nos processos e número de falhas contabilizadas por processo. As tabelas I e II revelam informação relativamente aos extremos, média, desvio padrão, 1º, 2º e 3º quartis.

Tabela I: Tempos decorridos nos três processos

	Mold	SBA	Sing
Mínimo	15	8	24
1ºQuartil	39	26	121,2
Mediana	50	35,5	166,5
Média	57,34	44,07	186,4
3º Quartil	68,75	51	222,8
Máximo	209	63	1388,0

Tabela II: Número de Falhas nos três processos

	Mold	SBA	Sing
Mínimo	0	0	0
1ºQuartil	0	0	0
Mediana	1	2	1
Média	2,589	3,247	2,352
3º Quartil	3	4	3
Máximo	68	33	30

Todavia coloca-se a questão do significado destes dados relativamente ao comportamento das equipas envolvidas nas três fases.

Tabela III: Tempos da Equipa 1

	Mold	SBA	Sing
Mínimo	15	9	47
1ºQuartil	36	27	109
Mediana	46	**34**	162
Média	52,55	**43,95**	187,6
3º Quartil	61,75	47,5	230
Máximo	198	320	**1388,0**
Desvio Padrão	27,02	35,48	144,93

É de salientar que a equipa 1 apresenta em média um tempo menor no processo de Soldadura de Bolas e se a observação for efectuada atendendo à mediana, que será menos susceptível aos valores extremos comprova-se que no processo de Soldadura também corresponde a um valor menor. O processo mais demorado é o de Individualização (Sing). Note-se que o valor máximo atingido neste caso foi de aproximadamente 1388 segundos, o mais elevado apresentado por todas as equipas, como pode ser observado na tabela III.

TABELA IV: TEMPOS DA EQUIPA 2

	Mold	SBA	Sing
Mínimo	16	17	64
1ºQuartil	38,25	31,5	130,2
Mediana	**53,5**	**41,5**	170,5
Média	**55,87**	**54,67**	192,3
3º Quartil	66,75	63,25	232,5
Máximo	209	363	659
Desvio Padrão	26,62	47,26	98,49

Na equipa 2 o comportamento apresentado relativamente aos primeiros dois processos e atendendo à média de tempos é mais próxima do que a diferença na equipa 1, contudo se observarmos a mediana a diferença de valores corresponde ligeiramente à mesma classe de valores (tabela IV).

TABELA V: TEMPOS DA EQUIPA 3

	Mold	SBA	Sing
Mínimo	16	12	41
1ºQuartil	39	24	127
Mediana	50	**35**	164
Média	58,44	**40,45**	185,9
3º Quartil	68	48	215,8
Máximo	168	172	821
Desvio Padrão	28,40	23,40	102,62

Através da tabela V conclui-se que no caso da equipa 3 também o processo em média menos demorado é na fase de Soldadura de Bolas (SBA), enquanto que o mais demorado é o de Individualização (Sing).

TABELA VI: TEMPOS DA EQUIPA 4

	Mold	SBA	Sing
Mínimo	29	8	24
1ºQuartil	47	26	122,5
Mediana	**61**	**34**	166
Média	**70,07**	**41,75**	182,9
3º Quartil	81	48	214
Máximo	148	244	581
Desvio Padrão	30,49	28,81	92,68

Por fim a equipa 4 apresenta o mesmo desempenho ao nível médio de tempo, porém a discrepância entre a Moldagem (Mold) e a Soldadura de Bolas é mais acentuada do que nas restantes equipas.

O passo seguinte envolveu a comparação dos tempos recorrendo aos *boxplots*, já que através deste tipo de gráfico é possível concluir sobre a existência ou não de *outliers*.

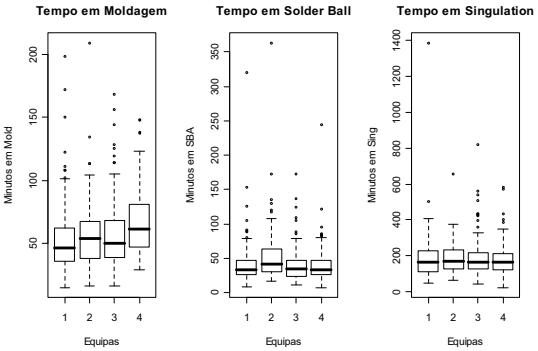


Figura 3. Boxplots dos tempos pelas 4 equipas e processos de Moldagem, Soldadura de Bolas (Solder Ball) e Individualização (Singulation).

Após a análise dos *boxplots* (Fig. 3) relativamente aos tempos que os lotes das equipas permanecem nos três processos consegue-se inferir que todas apresentam valores *outliers* e que na fase da Moldagem a equipa que manifestamente apresenta valores superiores é a equipa 4. Contudo, esta equipa também tem um número menor de *outliers*. Relativamente ao processo Soldadura de Bolas a equipa 4 já demonstra tempos semelhantes e possivelmente inferiores relativamente às outras duas equipas. No processo de Individualização os resultados são semelhantes pelas 4 equipas, sendo de realçar o facto de a equipa 1 apresentar um *outlier* bastante elevado. E no processo de Individualização os tempos serem superiores relativamente aos outros dois processos.

Por um lado o estudo apresentado focou as variáveis de tempo, mas uma questão importante para a empresa centra-se especialmente nas falhas, já que uma falha (o que poderá significar destruição do produto) representará elevados prejuízos. Na Fig. 4 são apresentados os *boxplots* para as falhas nos três processos e por equipas.

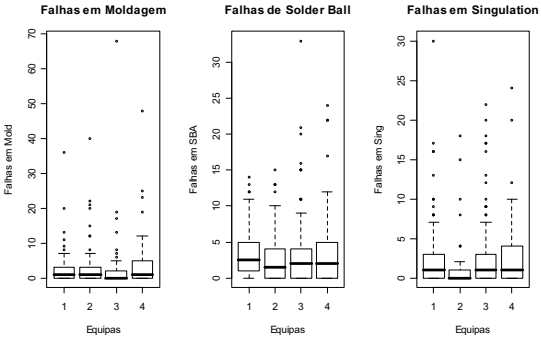


Figura 4. *Boxplots* das falhas apresentadas pelas 4 equipas nos processos de Moldagem, Soldadura de Bolas (*Solder Ball*) e Individualização (*Singulation*).

Neste caso o número de falhas *outliers* apresentadas pela equipa 4 são menores, sendo que a equipa 3 apresenta os *outliers* mais elevados. Através da mediana consegue-se saber

que pelo menos 50% das observações encontram-se abaixo desse valor e a equipa 2 no processo de Moldagem e Individualização tem o valor de mediana igual ou inferior ao das restantes equipas.

Sabendo através de informações da empresa que os três processos são sequenciais construíram-se os diagramas de dispersão fixando as equipas nos processos sendo que surgiram 3 casos de análise como mostra a Fig. 5: Tempo em Moldagem vs Tempo em Soldadura; Tempo em Moldagem vs Tempo em Individualização e Tempo em Soldadura vs Tempo em Individualização.

Assim sendo, para a equipa 1 (cor azul) do processo de moldagem foram representados os tempos dos lotes que estão em moldagem (e são produzidos pela equipa 1) associando também ao tempo de Soldadura de Bolas (eixo dos yy´s). A abordagem para as outras equipas (com cor preta para a equipa 2, cor verde para a equipa 3 e equipa 4 com cor vermelha) em Moldagem foi análoga. Os restantes dois casos já mencionados anteriormente foram impressos de forma análoga. Em Tempo de Moldagem vs Tempo de Individualização foram fixadas as equipas em Tempo de Moldagem e associava-se ao tempo em Individualização, por último tem-se as equipas fixadas em Tempo de Soldadura e associa-se ao Tempo em Individualização.

Analisando os diagramas de dispersão da Fig. 5 verifica-se que no primeiro diagrama de dispersão os lotes que foram sujeitos à equipa de Moldagem 2 apresentam um diagrama menos concentrado, relativamente ao tempo em Soldadura. Em seguida e centrando a atenção no segundo diagrama de dispersão verifica-se que os lotes que foram sujeitos à equipa 1 em Moldagem é o menos concentrado, relativamente ao tempo em Individualização. Através do terceiro diagrama de dispersão não é possível, de uma forma clara, afirmar qual a equipa que trabalhou nos lotes em Soldadura que apresenta os pares de tempos menos concentrados havendo dúvidas relativamente à equipa 2, 3 e 4, relativamente aos tempos em Individualização.

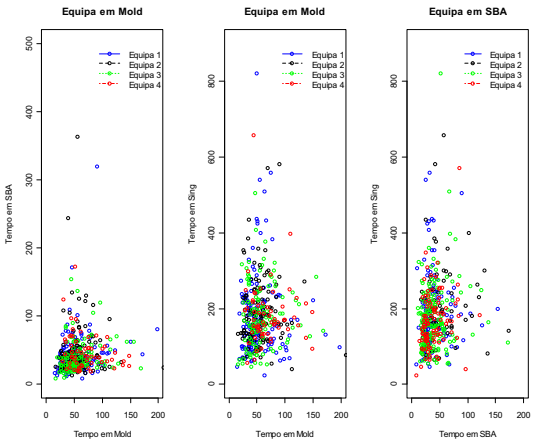


Figura 5. Diagramas de dispersão para Tempo em Moldagem vs Tempo em Soldadura; Tempo em Moldagem vs Tempo em Individualização e Tempo em Soldadura vs Tempo em Individualização.

Após verificação dos pressupostos foi aplicado o teste estatístico ANOVA [5] com o objectivo de verificar as diferenças relativamente às médias de tempos das equipas para um nível de significância de 0,05. Constatou-se que relativamente à média de tempo em Moldagem existem evidências estatísticas para afirmar que são diferentes (valor prova inferior a 0,001). Em particular através do teste de *Tuckey* [5] a equipa 4 apresenta valores distintos das outras três equipas. Para os tempos em Soldadura e Individualização não existem evidências estatísticas para afirmar que a média de tempos é diferente nas quatro equipas.

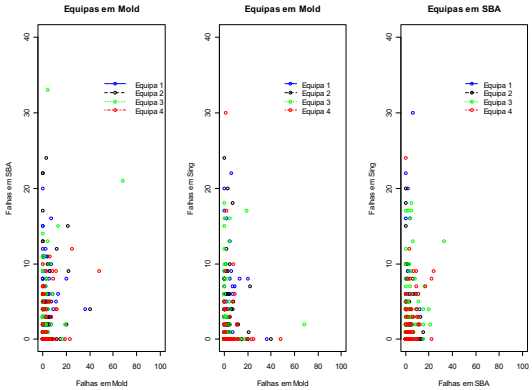


Figura 6. Diagramas de Dispersão com falhas em Moldagem vs falhas em Soldadura; falhas em Moldagem vs falhas em Individualização e falhas em Soldadura vs falhas em Individualização).

Relativamente aos lotes que foram classificados como falhas, o estudo aqui apresentado e que se pode observar na Fig. 6 contempla os 3 casos análogos aos que foram estudados para tempos. Assim sendo, verifica-se que há alguns lotes que apresentaram poucas falhas no processo de Moldagem e que apresentaram um grande número de falhas na fase de Soldadura e Individualização. Em termos de comparação do desempenho das equipas, não houve evidências estatísticas para afirmar que a média de falhas seja diferente das quatro equipas na fase de Moldagem e Soldadura. Contudo no processo de Individualização e através do teste de *Tuckey* a equipa 2 e a equipa 3 apresentaram evidências estatísticas significativas que a média de falhas seriam diferentes nestas duas equipas.

A. Análise de Componentes Principais

Um das consequências da Análise em Componentes Principais é reduzir a dimensionalidade dos dados e proporcionar relevância de relações entre variáveis e estabelecer uma nova interpretação dos dados não visíveis com as variáveis originais [1]. O método das componentes principais baseia-se no pressuposto de que se podem definir q variáveis estatisticamente não correlacionadas a partir de combinações lineares de p indicadores iniciais (as componentes principais) [6] [7] [8]. As variáveis utilizadas para a redução serão neste caso os tempos, porque são variáveis contínuas. Neste trabalho optou-se por elaborar uma Análise de Componentes Principais referentes às equipas que são fixadas

em Moldagem. Contudo o estudo deveria ser alargado e fica como proposta de trabalho futuro que poderia ser efectuado o estudo fixando as equipas nos outros processos. É de salientar também que esta técnica não requer uma distribuição normal multivariada para os dados e que neste caso não é verificada. As variáveis referentes aos tempos dos 3 processos são contínuas e estão na mesma unidade de medida, portanto é preferível trabalhar com as componentes principais utilizando a matriz de covariâncias.

Desta forma tem-se a nível de exemplo o output produzido pelo *software* R [9] para a determinação das componentes principais produzidas para a equipa 1. A Fig. 7 contém na primeira linha os desvios padrão das componentes principais, enquanto que a segunda parte representa a matriz dos *loadings*, ou seja, a matriz cujas colunas contém os vectores próprios.

```
> pc1
Standard deviations:
[1] 108.44842  32.62981  25.09616

Rotation:
                 PC1          PC2          PC3
TPMold -0.0001612591  0.48566165 -0.87414686
TPSBA   0.0361306957  0.87357895  0.48533946
TPSing  0.9993470602 -0.03150527 -0.01768817
>
```

Figura 7. Output produzido pelo R na análise de componentes principais para os tempos da equipa 1.

```
> summary(pc1)
Importance of components:
                            PC1     PC2     PC3
Standard deviation     108.448 32.6298 25.0962
Proportion of Variance   0.874  0.0791  0.0468
Cumulative Proportion    0.874  0.9532  1.0000
```

Figura 8. Output produzido pelo R na análise de componentes principais sobre a importância das componentes para os tempos da equipa 1.

Relativamente aos dados sobre a variabilidade explicada pelas duas primeiras componentes principais, na equipa 1 (Fig. 8), corresponde a aproximadamente 95%. Significa portanto que as duas componentes principais podem substituir as 3 variáveis originais de tempo com pouca perda de informação. Para as restantes equipas os valores obtidos sobre a percentagem de variabilidade explicada altera consoante a equipa. De facto, para a equipa 2 as duas primeiras componentes principais explicam 94% de variabilidade dos dados, para a equipa 3 as duas primeiras componentes explicam 98% e para a equipa 4 as duas primeiras componentes explicam 93%.

Os *scree plots* resultantes podem ser observados na Fig. 9, a partir dos quais e pela "regra do cotovelo" foram admitidas 2 componentes principais para cada uma das equipas.

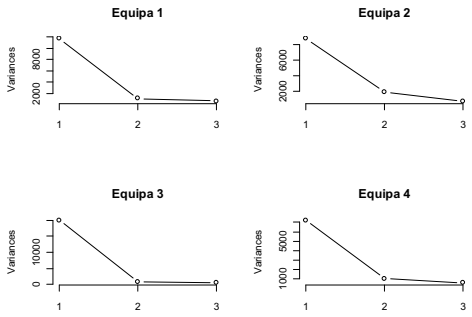


Figura 9. *Scree Plots* para a análise de componentes principais dos tempos por equipas.

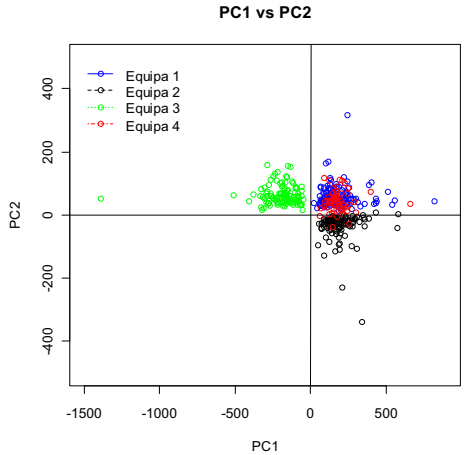


Figura 10. Representação gráfica dos *loadings* usando a matriz de covariâncias.

Comparativamente, a análise das equipas através das suas duas componentes principais, é perceptível que a equipa 3 em Moldagem (a cor verde) é a que se desvia mais relativamente às outras como pode ser observado na Fig. 10. A equipa 2 em Moldagem (a cor preta) também demonstra um comportamento menos homogéneo, isto é, com alguma oscilação. As equipas 1 e 4 comportam-se com o padrão mais semelhante.

B. *Análise de Clusters*

A análise de *clusters* permite a divisão do conjunto inicial de dados em vários subconjuntos de dados ou o conjunto inicial de variáveis em vários subconjuntos de variáveis [6]. Através da análise de *clusters*, entre outras conclusões, é possível sugerir hipóteses relativamente à associação entre variáveis.

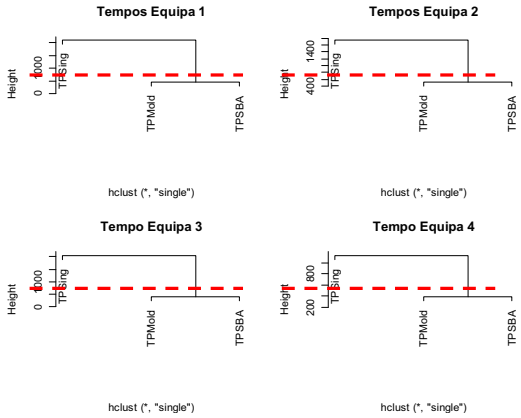


Figura 11. Dendrogramas para a análise de clusters em relação aos tempos dos 3 processos.

Na continuação do estudo foi possível através de dendrogramas estabelecer grupos para os tempos relativamente às equipas em Moldagem (Fig. 11). Sendo assim, optando pelas linhas de corte assinaladas é possível dividir em dois grupos para cada uma das equipas. Como seria de prever há dois grupos distintos: o primeiro referente ao tempo de Individualização e o segundo grupo relativamente aos tempos referentes ao tempo de Moldagem e de Soldadura de Bolas. De facto como já tinha sido referenciado o tempo em Individualização é superior em todas as equipas isto deve-se ao facto também de ser uma tarefa realmente mais demorada.

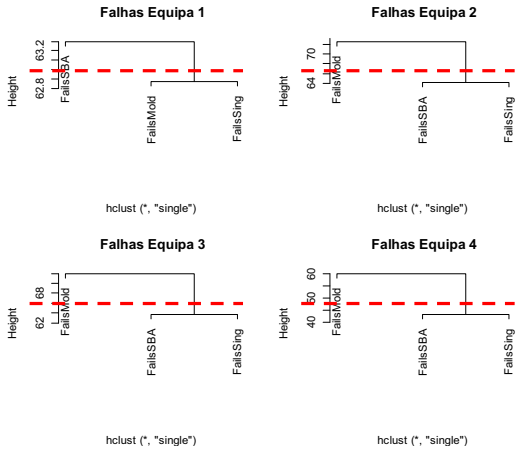


Figura 12. Dendrogramas para a análise de clusters em relação às falhas dos 3 processos

Mas surgiu outra questão se as falhas nos processos também seriam divididos pelo mesmo tipo de grupos relativamente às 3 fases. Assim sendo, e analisando os dendrogramas da Fig. 12, para as falhas é interessante verificar que as equipas 2, 3 e 4 apresentam o mesmo tipo de *clusters*, enquanto que na equipa 1 as falhas dos processos de Moldagem e Individualização pertencem a um *cluster* e o processo de Soldadura de Bolas a outro *cluster*.

IV. Conclusões e Trabalho Futuro

Este trabalho permitiu conhecer em mais pormenor três processos na produção de semicondutores. Foram aplicadas abordagens estatísticas na detecção de diferenças de desempenho por quatro equipas de uma empresa ao nível de tempos e de falhas apresentadas em três processos da linha de produção da empresa: *Mold*, *Solder Ball Attach* e *Singulation*. Da análise realizada é possível concluir que houve comportamentos diferentes das equipas que podem ser analisados através de análise estatística multivariada. Para extrair informação será muitas vezes necessário colocar várias questões quer ao nível de caracterização de dados, quer ao nível de conhecimento dos processos que produzem esses dados. Só uma busca intensiva de relações em dados reais é que será possível obter informação acrescida que muitas vezes não é de fácil acesso. Em termos de sugestões de trabalho futuro será incorporar este tipo de análise que de forma automática se possa entender quais as razões de produção de falhas e se o desempenho varia consoante as equipas ou a factores externos.

Agradecimentos

A autora gostaria de agradecer à Liliana Lourenço, à Sara Roque, à Telma Guedes, ao Virgílio Bento e às seguintes organizações pelo contributo deste trabalho: FCT - Fundação Portuguesa para a Ciência e Tecnologia (Bolsa de Doutoramento com a referência FCT/ SFRH / BD / 44541 / 2008), DMat/UA – Departamento de Matemática da Universidade de Aveiro, DETI/UA – Departamento de Electrónica, Telecomunicações e Informática da Universidade de Aveiro, ESTSP/IPP – Escola Superior de Tecnologia de Saúde do Porto, Instituto Politécnico do Porto.

Referências

[1] A. Field, "Discovering Statistics Using SPSS - Introducing Statistical Methods", 2nd Edition, SAGE Publications, London, 2005. ISBN: 978-0761944522

[2] G. Phipps, "Wire Bond vs Flip Chip Packaging", Advanced Packaging Magazine, July 2005.

[3] SEMATECH Inc "Accelarating the next technology revolution", 2011, Disponível em: http://www.sematech.org/ corporate/news /mfgproc/mfgproc.htm#steps1_2. Consultado em: February 2011.

[4] A. Silva, Backend Process Overview – Overview of Test Process. Infineon Technologies Fabrico de Semicondutores S.A., Março de 2006

[5] J. Maroco, "Análise Estatística Com o PASW Statistics (ex-SPSS)", Edições Sílabo, 2010, ISBN: 9789899676305

[6] Pang-Nin Tan, M. Steinback, V. Kumar, "Introduction to Data Mining", Pearson Education, Inc, 2006. ISBN: 0321321367

[7] R. Elizabeth, Estatística Multivariada Aplicada, Edições Sílabo, 2ª Edição, Lisboa, 2001. ISBN: 972-618-247-6

[8] H. Manuela, H. Andrew, Investigação por Questionário, Edições Sílado, 2ª Edição, Lisboa, 2007. ISBN: 972-618-273-5

[9] Gentleman, R. , Ihaka, R. "The R Project for Statistical Computing". Disponível em: http://www.r-project.org/. Consultado em: Janeiro de 2011.

Balance Scorecard ou Business intelligence.

O Centro Hospitalar de Setúbal, EPE

Luís Manuel de Macedo Gomes Lagartinho
Serviço Gestão da Produção
Centro Hospitalar de Setúbal
Setúbal, Portugal
luis.lagartinho@esce.ips.pt

Pedro Fernandes da Anunciação
Departamento de Sistemas e Tecnologias de Informação
Escola Superior de Ciências Empresariais
Instituto Politécnico de Setúbal
Setúbal, Portugal
pedro.anunciacao@esce.ips.pt

Abstract — **Os sistemas de informação (SI) têm vindo a assumir um papel central no sector da saúde. Com práticas de gestão diferenciadas entre o domínio público e o privado, a gestão das instituições de saúde pública têm vindo a adoptar uma lógica contextual e contingencial, baseada em factores circunstanciais e sem uma visão estratégia definida. Particularmente no domínio financeiro, as actividades têm-se centrado na administração das receitas originárias dos fundos provenientes do Orçamento Geral do Estado, denotando uma fraca preocupação com a eficiência na administração dos recursos públicos. Muitas vezes confrontada com rupturas orçamentais, a gestão tem procurado justificar as derrapagens orçamentais no aumento sistemático dos gastos com os recursos envolvidos na prestação dos serviços públicos de saúde.**

Os problemas e as dificuldades orçamentais recentes da economia em Portugal, sobretudo a urgente necessidade de controlo do crescimento das despesas, tornou evidente a necessidade de um novo paradigma para a gestão nas instituições de saúde pública. Um dos principais desafios, impulsionado pelo Ministério que tutela este sector, refere-se à pressão exercida para o desenvolvimento de SI de apoio à gestão capazes de elucidarem e tornarem visíveis e compreensíveis as decisões nessas organizações. Esta exigência tem tido como resultado um forte investimento em tecnologias da informação e comunicação num contexto de claras dificuldades arquitectónicas relativas à integração dos SI existentes.

O presente trabalho pretende iniciar a análise dos SI de suporte à tomada de decisão nos hospitais, procurando identificar a melhor estratégia e solução a adoptar tendo por base as mais recentes soluções disponibilizadas pelo mercado, nomeadamente, *Balanced ScoreCard* e *Business Intelligence*. Para tal, centraremos o nosso estudo no Centro Hospitalar de Setúbal.

Keywords – Balance Scorecard, Businesse Intelligence, Sistemas de Informação de apoio à Decisão, Saúde, Hospitais

I. INTRODUÇÃO

Por razões culturais e políticas relacionadas com o próprio modelo de Estado, o século XX criou em Portugal uma Administração Pública e um modelo de Gestão da "causa" pública cuja postura organizacional é o reflexo de um sistema monolítico, burocrático, fortemente hierarquizado, centralizado, de gestão exclusivamente administrativa, processos de decisão complexos, morosos e fraca valorização individual e que se mostra num estrutura predominantemente divisionária de organização piramidal e de fortes características taylorísticas, onde alguns (muitos poucos) pensam por todos e onde o individual se sobrepõem à equipa [1].

O Estado, patrono da resolução dos problemas sociais e do bem-estar dos cidadãos, garante do desenvolvimento económico e social, assume uma organização de cariz burocrático, verticalizado no trabalho e na autoridade, fortemente regulamentado e normativo. Na saída do pós-guerra, têm na Administração Pública um garante da implementação e da fiscalização das políticas onde o controlo de gestão de todo o sistema administrativo se situa a nível do Ministério, onde se controlam todos recursos de entre outros: os humanos, os financeiros e a informação [2].

As crises económicas dos finais dos anos 70 e 90 do século XX, provocaram nos países ocidentais a consciência de uma realidade que traduziu a incapacidade de controlar este edifício de administração e os seus gastos, ameaçando os princípios dos estados previdência, conduzindo à procura de novas formas de governação com modelos de gestão das despesas e dos recursos mais rigorosos, num espírito reformador para soluções orientadas à maior eficiência e eficácia a que se denominou a Nova Gestão Publica.

Estas reformas atingem Portugal em meados da década de 80 através da adesão à Comunidade Económica Europeia, introduzindo metodologias implementadas no Reino Unido nos finais da década de 70 que permitiram a adopção de métodos e técnicas de gestão do sector privado no sector público, reorientando gradualmente os seus serviços no sentido do cidadão e da qualidade [3].

Este sentido reformista da organização e do funcionamento da Administração Pública em Portugal, tem a sua continuidade através do XVII Governo Constitucional (2005) aplicada através de diferentes eixos de acção (mais ou menos do conhecimento geral) como a Simplificação dos processos administrativos (SIMPLEX), ou o Programa de Reforma da

Administração Central do Estado (PRACE), ou ainda o Sistema Integrado de Gestão e Avaliação do Desempenho na Administração Pública (SIADAP), atingindo em 2002 o subsector da Saúde através da Lei 27/2002 (8 Novembro) conhecida como a Lei da Gestão Hospitalar, introduzindo mudanças na natureza e no modelo de gestão dos Hospitais Públicos que adquirem o estatuto de hospitais empresariais.

Este novo modelo, traduz-se numa clara definição de funções e de objectivos, na flexibilização de estruturas e na redução dos níveis hierárquicos, com vista à simplificação dos circuitos de decisão, na partilha de conhecimentos, alinhando a performance destas instituições através da utilização de metodologias e ferramentas da gestão privada num clara gestão por objectivos [4].

II. O «ESTADO DE ARTE»

Assim, as 31 unidades Hospitalares que transitaram para este modelo são conduzidas em 2003 pela tutela para a utilização de Tableau de Bord (TdB). Com este instrumento pretendem a disponibilização de informação rápida, comparação da realidade com as previsões traçadas, o apuramento de desvios, a elaboração de diagnósticos e a tomada de decisões a curto prazo, quer nas estruturas locais de gestão, quer na supervisão Governamental, através da aplicação de indicadores económico-financeiros e operacionais [5].

Sob esta nova realidade, os Hospitais, entidades de enorme complexidade organizacional geradoras volumes massivos de informação, rapidamente caminharam para fortes investimentos na reestruturação dos seus Sistemas de Informação, quer no domínio das suas infra-estruturas físicas (redes, equipamentos e servidores), quer no domínio da reformulação dos seus sistemas aplicacionais de apoio logístico (Recursos Humanos, Gestão de Armazéns, Gestão de Compras, etc…), quer ainda e mais recentemente, nos sistemas clínicos (médicos), de enfermagem e de apoio clínico (medicamentos, laboratório, etc.) [6].

No final da primeira década do século XXI regista-se em Portugal, quer por força dos maiores "players" do mercado em Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) e Bussiness Inteligence (BI), quer pelas necessidades dos órgãos de gestão destas instituições públicas em se dotarem de informação capaz de sustentar a monitorização da performance das suas organizações e dos compromissos assumidos com as entidades governamentais que as tutelam, a aquisição de soluções de BI que aplicam ferramentas de recolha e análise de dados orientadas à tomada de decisão. A definição, construção e monitorização de indicadores financeiros e não financeiros (operacionais), originaram que estes instrumentos de gestão (TdB), inicialmente geridos através de mais ou menos complexas folhas de cálculo, passassem a ser objectos de dinâmicas e poderosas ferramentas relacionadas com os conceitos de Data Warehousing e On-line Analytical Processing (Olap) [7].

Sabendo que os ritmos de crescimento da despesa em saúde criaram, ao longo da última década, instabilidades orçamentais e financeiras no SNS e tendo presente que as previsões do FMI apontam, para os próximos 20 anos, um acréscimo dos custos do Estado Português com saúde de 3,5% (dos actuais 7,6% do Produto Interno Bruto (PIB) para 11,1%) é evidente e compreensível a necessidade de monitorização e controlo das despesas públicas associadas [8]. Tendo também presente que entre 2005 a 2009, segundo um estudo realizado pela CXO Media com base em dados do INE, o sector da Saúde foi responsável por investimentos em tecnologias de informação e comunicações superiores a 450,5 milhões de euros, equivalente a uma taxa de crescimento anual média de 13,2%, importa compreender qual a estratégia que deve ser seguida pelas instituições do sector da saúde [9] [10].

Neste contexto de custos elevados da despesa pública, de necessidades urgentes de melhoria de gestão e de novos instrumentos de tecnológicos de suporte à decisão importa compreender se a aplicação do Tableau de Bord, num primeiro nível de complexidade, ou do Balanced Scorecard (BSC), instrumentos que apesar de desenvolvidos para o sector privado têm registado sucesso na sua adopção pelas instituições do sector da saúde a nível mundial, se apresenta como a melhor alternativa ou se poderá partir para uma solução de Business Intelligence, como solução tecnológica mais recente no domínio das novas tecnologias de informação e comunicação [3] [11] [12] [13].

III. O ESTUDO EMPÍRICO

Sabendo do desafio a que as instituições Hospitalares Públicas, que integram uma área de actividade de grande sensibilidade humana, social e política, consumidora de vastos recursos financeiros do Estado, estão hoje colocadas por razões de contenção orçamental e da relevância do SI no apoio à decisão de gestão, que se encontram sobre grande pressão e exigência, importa percepcionar qual o enquadramento que deve ser dado às novas soluções tecnológicas no apoio às novas dinâmicas na gestão destas organizações.

De modo particular, a introdução do conceito do BSC nas organizações envolve a transformação dos conceitos tradicionais de gestão, fortemente marcados pela perspectiva financeira, histórica, interna e desagregada da organização, em conceitos mais amplos e inteligíveis na sua compreensão numa perspectiva holística, estratégica e sistémica nas suas relações internas e externas e na sua capacidade de melhorar o seu desempenho ao longo de todas as suas dimensões impulsiona a existência de um referencial arquitectónico de integração das actividades com o SI e as TIC [3] [12] [14] [15].

O problema é que este impulso é realizado, sem uma matriz arquitectónica global do Sistema, e segundo Luís Lapão, Professor do Instituto Nacional de Administração sem um panorama actualizado relativamente dos sistemas de informação existentes, sem uma entidade de regulação e sem linha estratégica traçada [2].

Assim, perante, as condicionantes financeiras, organizacionais, culturais e estratégicas do modelo de funcionamento das instituições públicas e em particular dos Hospitais públicos, a introdução de novos modelos de Gestão nestas instituições, a introdução de novos mecanismos de gestão como o *Tableau de Bord* e o *Balanced ScoreCard* e os

fortes investimentos em ferramentas de recolha, tratamento e análise de apoio à decisão, a questão que se levanta é a de saber se, dados os constrangimentos funcionais e organizacionais existentes nos Hospitais Públicos, dada a complexidade associada a uma correcta implementação do *Balanced Scorecard* é ou não viável uma aplicação de Sistemas de *Business Intelligence* que integrem esta ferramenta de gestão nestas instituições públicas.

A questão em análise refere-se à comparação entre estas duas opções. Sabemos que o fim de ambas as soluções se refere ao facto da existência de vários motivos para a medição do desempenho das organizações. Os mais relevantes são o alinhamento da missão, da estratégia, da estrutura, dos valores e comportamentos; o aperfeiçoamento dos processos, produtos e resultados; e a quantificação dos sucessos ou fracassos alcançados.

O *Balanced Scorecard* constitui-se como uma ferramenta que visa proporcionar os mecanismos necessários para a coordenação das actividades organizacionais em estreita articulação com a visão e as estratégias definidas, permitindo efectuar um acompanhamento do respectivo desempenho face aos objectivos delineados. [16]

O *Business Intelligence* integra o conjunto de metodologias, aplicações e tecnologias que permitem extrair, depurar e transformar dados dos sistemas transaccionais e de informação (não estruturados e internos e externos à organização) em informação estruturada, para exploração directa ou para a sua análise e conversão em conhecimento, dando assim suporte à tomada de decisões sobre o negócio [17] [18]. São exemplos deste conjunto de soluções tecnológicas as *Data mining, Dashboards, Decision Support Systems, etc* [19].

É evidente numa primeira análise que ambas as ferramentas podem ser complementares, já que o *Balanced ScoreCard,* no seu conceito, exige uma abordagem arquitectónica ao nível organizacional, na medida em que refere a necessidade da existência e articulação de 4 eixos: Financeiro, Clientes, Processos internos e Aprendizagem e desenvolvimento organizacional. [20]. Por outro lado, o *Business Intelligence* dá uma orientação essencialmente tecnológica para a optimização das plataformas tecnológicas de tratamento e disponibilização das informações relevantes para a gestão organizacional. A ilação que é possível retirar aponta no sentido de uma complementaridade entre as duas abordagens ou soluções e não no sentido de uma decisão de opção excepção entre uma delas.

Assim, com o propósito de procurar um refinamento do âmbito desta análise, dos seus objectivos e dos seus processos de investigação, adoptámos o Estudo de Caso como estratégia preferencial para uma investigação que procura respostas para um estudo descritivo, exploratório e explicativo de uma realidade próxima e actual e para qual o investigador é um observador sem controlo sobre os eventos observados [21].

A recolha de dados foi efectuada através de um estudo de proximidade e de observação, resultante da experiência profissional de um dos autores, tendo sido complementada com a análise de documentos sobre o estado da arte neste domínio, documentos internos da instituição e, também, da realização de entrevistas semi-estruturadas a diferentes órgão de gestão internos, actores fundamentais pela sua responsabilidade e participação, na criação, formulação e, sobretudo, implementação destas novas estratégias para os Sistemas de Informação e para Gestão.

IV. O Caso do Centro Hospitalar de Setúbal

As principais dimensões do Centro Hospitalar de Setúbal, que são passíveis de serem conceptualizadas, e respectivas relações internas e externas e os ciclos primários da sua actividade são:

- O domínio do seu "*core business*" (Área Clínica);
- As funções de suporte (Administrativo/Gestão);
- E as relações com o seu ambiente externo.

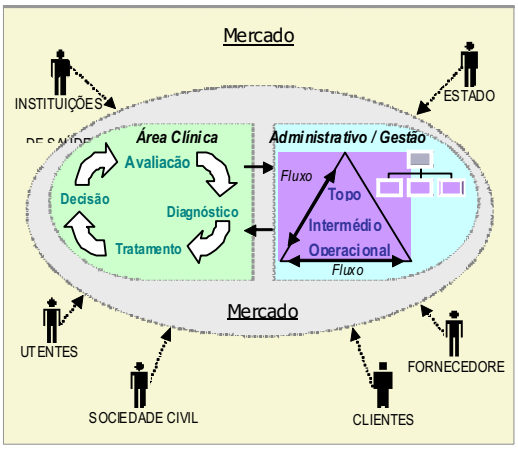


Figura 1 - "Mercados de Informação" do CHS

Sobre esta matriz está implementado o Sistema de Informação do CHS que continua hoje sobre fortes pressões de reajustamento. Este facto está relacionado com a introdução de componentes de reorganização e inovação na Administração Pública, com a qualificação dos modelos de Gestão, e com a necessidade de aproximar o cidadão destes serviços oferecendo-lhe novos canais de comunicação e integrando novas técnicas e tecnologias no âmbito do tratamento e do diagnóstico.

Contudo, com prazos curtos de reajustamentos e com bases organizacionais em mutação e ainda pouco estabilizadas, não podem as soluções de transformação dos SI Hospitalares, sustentarem-se apenas na perspectiva do incremento tecnológico e na estratégia das tecnologias.

A arquitectura do Sistema de Informação do Centro Hospitalar tem sido concretizada sobre uma primeira linha de serviços básicos (directório corporativo, autenticação de utilizadores, segurança de rede, correio electrónico, acesso à Internet, colaboração e Intranet, gestão e suporte da LAN), implementados numa arquitectura Microsoft – Windows Server 2003, e um conjunto de subsistemas verticais de apoio às suas diferentes unidades de negócio, interligadas a um subsistema de produção central, constituindo assim um núcleo

de 31 servidores (5 servidores "core" dedicados à gestão e controlo da LAN, 2 servidores para operações de backups e 24 servidores aplicacionais).

No domínio aplicacional esta infra-estrutura dá suporte a sistemas aplicacionais de apoio logístico (RH, Contabilidade, Gestão de Compras, Gestão de Armazéns, Farmácia, Gestão de Filas de Espera,..) de apoio Clínico e Enfermagem (SAM – Sistema de Apoio ao Médico e SAPE - Sistema de Apoio às Práticas de Enfermagem e Urgência), de apoio clínico (Laboratórios, Cardiologia, Imagiologia, Nefrologia, Anatomia Patológica, Gestão do Medicamento, etc..), de suporte à produção e sistemas de apoio à decisão (ADW integrado na Urgência e sistema de *Business Intelligence* para tratamento e analise integrada de dados) .

No domínio em estudo, referente à necessidade de acompanhar o desempenho organizacional, constata-se a adopção de uma lógica parcial que suporta o *Balanced ScoreCard*, nomeadamente a disponibilização de indicadores de gestão através do desenvolvimento de *Dashboards*, relativa a alguns domínios mais operacionais. A não adopção de uma abordagem integrada ao desenvolvimento de soluções de apoio à tomada de decisão tem dado origem a uma disponibilização pontual e casuística, de acordo com as necessidades temporais e contextuais da gestão, de *patchwork* de indicadores. Esta desarticulação com o sistema organizacional tem vindo a sedimentar a necessidade de novos investimentos tecnológicos, nomeadamente em soluções de *Business Intelligence*, para tratamento automático e imediato da informação.

V. CONCLUSÃO

As conclusões que se podem retirar do estudo efectuado permitem constatar que a utilização da do conceito e ferramentas associadas ao *Balanced ScoreCard* por parte das Instituições Públicas de Saúde em Portugal e em particular os Hospitais é ainda pouco madura, encontrando-se em fase de lançamento, tendo registado diversas dificuldades associadas à integração dos sistemas e tecnologias de informação, bem como de integração da informação relativa às diversas unidades organizacionais. No entanto, é claramente assumida a relevância não só do conceito como das fases associadas ao BsC na medida em que obrigam à contemplação e integração na visão sistémica do funcionamento organizacional dos quatro eixos referenciados.

A segunda conclusão permite evidenciar que, sendo o *Business Intelligence* o novo referencial tecnológico de apoio à gestão, este, por si só, evidencia uma perspectiva mais tecnológica do apoio à gestão deixando pouco evidente uma lógica de abordagem ao problema da concepção de indicadores para o apoio à gestão organizacional. É reconhecido o papel que o BI pode ter na redução da complexidade da gestão organizacional, mas também o é que a implementação tecnológica associada deverá ter por base uma longa abordagem de natureza arquitectónica, presente no BsC.

Neste trabalho existe a consciência e a noção das limitações da dimensão do número de instituições estudadas. No entanto, não deixa de constituir um indicador para um alargamento do mesmo em trabalhos que se pretendem desenvolver no futuro.

REFERENCES

[1] C. Carapero e Fátima, F., Adminsitração Pública: Modernização, Qualidade e Inovação, 1ª Edição, Lisboa: Edição Sílabo, 2005

[2] P. Rodrigues, (23 de 07 de 2007). IGOV. Obtido em 15 de 2 de 2011, de Cerca de 50% dos responsaveis de TI dos hospitais não tem licenciatura: http//www.i-gov-org/index.php

[3] H. Silvestre, H. Gestão Pública - Modelos de Prestação no Serviço Público. Lisboa: Escolar Editora, 2010

[4] www.hospitaisepe.min-saude.pt

[5] A. Calhau, Concepção de um Sistema de Balanced Scorecard para o Serviço de Traumatologia do Hospital Garcia de Orta. Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Biomédica do Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Junho de 2009

[6] L. Lapão, A omplexidade da saúde obriga à existência de uma arquitectura de sistemas de de profissionais altamente qualificados. Revista de Estudos Politécncios, Polytecnical Studies Review, 2005, Volume II, nº4, 015-027

[7] L. Dâmaso, Informatização da saúde ainda não satisfaz.(18 de 05 de 2007, Obtido em 10 de 2 de 2001, de Sema Informatica: http://www.semanainformatica.xl.pt/838/est/100.shtml

[8] http://www.computerworld.com.pt/2009/01/15/investimento-tic-representa-09-por-cento-da-despesa-do-sector-da-sade/

[9] Direcção Geral de Saúde. (s.d.). Obtido de Direcção Geral de Saúde: http://www.dgs.pt

[10] Saúde, M. d. (s.d.). Hospitais EPE. Obtido de Hospitais EPE: http://www.hospitaisepe.min-saude.pt

[11] R. Silva, O Balanced Scoreard Apliado à Administração Pública: Um Modelo Aplicável a uma Instituição do Ensino Superior. Tese de Mestrado em Contabilidade daUniverdade do Porto, Faculdade de Economia, 2009

[12] C. Cruz, Balanced Scorecard, Concentrar uma Organização no que é essencial. porto: Vida Económica, 2006

[13] A. Gomes, O papel do Balanced Scorecard na avaliação de desempenho do Sistema Policial Português. Tese de Mestrado em Contabilidade e Auditoria da Univerdade do Minho, Escola de Economia e Gestão, Outubro de 2006

[14] F. Matos, A utilização de Balanced Scorecard Para monitorizar o desempenho de um Hospital. Tese de Mestrado em Sistemas de Informação da Univerdade do Minho, Escola de Engenharia, Junho de 2006

[15] L. Matos e I. Ramos, Medir para Gerir, O Balance Scorecard em Hospitais. Lisboa: Edições Silabo, 2009

[16] J. Russo, Balanced Scorecard para PME e Pequenas e Médias Instituições, Lidel

[17] M. Y. Santos e I. Ramos, Business Intelligence - Tecnologias da Informação na Gestão de Conhecimento, FCA

[18] M. Santos e I. Ramos, Business Intelligence, Tecnologias da Informação na Gestão do Conhecimento. Lisboa: FCA-Editora de Informátia, 2006

[19] Moss, L., & Atre, S. (2007). Business Inteligence Roadmap - The Complete Project Lifecyle for Decision-Support Applications. Addison-Wesley Information Tecnology Series

[20] R. S. Kaplan and D. P. Norton, The balanced scorecard - Measures that drive performance. Harvard Business Review, January-February, 1992, 71-79

[21] R. K. YIN, Case Study Reasearch: Design and Methods, 2ED. SAGE Publications, INC, 1994

A PACS Gateway to the Cloud

Luís A. Bastião Silva, Carlos Costa, Augusto Silva and José Luís Oliveira
Departamento de Electrónica, Telecomunicações e Informática da Universidade de Aveiro
IEETA - Institute of Electronics and Telematics Engineering of Aveiro
<bastiao, carlos.costa, augusto.silva, jlo>@ua.pt

Abstract— **The amount of medical images has increased significantly over the last decade as result of the increase of number and quality of studies. Following some researchers, this trend will continue over the next years. Cloud computing is a new concept based on a well-know model named "pay-as-you-go". There is a new concept dubbed PACS Cloud, which the fundamental idea is to do PACS outsourcing taking advantages of the clouds elasticity and scalability, avoiding hardware obsolescence, providing universal access to the information anywhere, anytime and increase the data availability. This paper presents a module of PACS Cloud architecture to grant interoperability with DICOM devices. PACS Cloud Gateway is a component of PACS Cloud, which focuses mainly on the translation from DICOM commands to non-DICOM and vice-versa. While data outsource to the cloud can relieve users from the burden of local storage and maintenance, it also brings new security concerns. This paper presents a secure PACS Cloud Gateway to access PACS Cloud archive, which provides a high security level and without cloud's provider dependence. The workflows of each process was described carefully, specifying data flows since that Gateway is contacted by DICOM device, until it releases the process. Finally, the platform was instantiated in biggest Internet Cloud providers and the solution's results was analysed.**

Medical Imaging, PACS; DICOM; Telemedicine; Cloud Computing

I. INTRODUCTION

The amount of medical images has increased significantly over the last decade [1], it is a natural result of the increase of number and quality of studies that are typically stored in repositories inside the medical institute. Following some researchers [2], this trend will continue over the next years, meaning that PACS (Picture Archive and Communications System) will be dealing with large terabytes or even petabytes of information. Considering that information, those systems need to be scale, and their maintenance costs will increase gradually.

Cloud computing is a new concept based on a well-know model named "pay-as-you-go". There was a new tendency to use Cloud computing into enterprises and industry, and healthcare market is not an exception. There is a new concept dubbed PACS Cloud, which the key idea is to do PACS outsourcing taking advantages of the clouds elasticity and scalability, avoiding hardware obsolescence, providing universal access to the information anywhere, anytime and increase the data availability. However the concept only itself does not grant interoperability with DICOM devices. Medical institutions have a huge amount of standard devices that cannot communicate with cloud computing interface directly. This paper presents a module of PACS Cloud architecture to grant interoperability with DICOM devices. PACS Cloud Gateway is a component focuses mainly on translate DICOM commands in non-DICOM requests and vice-versa.

PACS Cloud Gateway makes part of a self-organized PACS system in paradigm "PACS-as-a-service". Gateway focuses on full compatibly with Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM) standard. It supports two very important services: DICOM Storage and DICOM Query/Retrieve, capable to store, query and retrieve studies to/from repository. Nevertheless there is a vary complexity of physicians to move medical data from on-house datacenter to external providers, claiming lack of privacy and concerning due to patient confidentiality information. PACS Cloud Gateway is aware of this issue, and outlines well defined rules in the PACS Cloud architecture, which provides a high security level, where the privacy of three main entities is respected: hospitals, physicians and patients. The module also offers the possibility to write in multiple storage cloud providers.

II. RELATED WORK

The usage of DICOM services within a healthcare institution is a common activity. The volume of produced data, for instance, by dynamic cardiac modalities (e.g. XA and US), multislice CT, high-field MRI and digital mammography is tremendous and there is an increasing trend to the next years [2]. For instance, CT scans (64/128-slices), PET, MRI with high-resolution have typically more than 100MB. Beyond the huge amount of information, there are a lot of concerns with safety of the data, meaning that losing studies could become a nightmare to PACS administrators, physicians, medical stuff, and obviously for the patient. There is also a new movement to outsource data storage for institutions datacenters outside [3], reducing the maintenance costs within medical institutions, which are not theirs core business.

There is an implementation of medical image file system, [3] which presents a Grid computing model in co-location. The authors claim that the bottleneck occurs typically in PACS server and they propose a distributed file systems in different grids, where the images are split into blocks and the blocks are widespread by different locations. Several strategies have been implemented to avoid flooding on PACS servers. For instance, predictable methods were used to evade overload on the core

servers. The usage of distributes files in different locations and intelligent heuristics has reduced the transfer times. Also, other approach [3] presents a similar scenario based on Cloud Computing. In this case the solution focuses on exchange, storing and sharing Medical images across different hospitals. Apache Hadoop is a distributed file system, which is used by several important companies to distribute theirs contents, e.g. "Yahoo". The solution uses Hadoop and it can be deployed to a private cloud or, on the other side, installed on a public cloud, even thought in both situations it has a significant difficulty to setup. Besides, it is a scalable solution providing replication. However the paper does not expose any concerns about security issues.

The medical image archive solution in the cloud [1] is a "PACS-as-a-service" solution similar to what PACS Cloud intends to be. The present's solutions grant interoperability with DICOM devices and its implementation was created in Microsoft Windows Azure. However this solution does not supply any security or privacy method, becoming the proposed solution an easier target to be attacked. Moreover, they do not present any results regarding performance or robustness of presented architecture.

All the discussed solutions are dependent on technology, platform or provider. In contrary, this paper proposes a novel approach that make possible to store medical images in any cloud player and it breaks the barrier between DICOM communications and Web services cloud services, allowing the connection with the PACS Cloud anytime, anywhere, in a secure approach.

III. METHODS AND MATERIALS

A. Cloud Computing

There is a new general tendency to outsource compute power and storage capacity from desktop, portable PCs, and mobile devices to large datacenters[4]. These fashions do not stand for a completely new concept. There are several well-known paradigms that supports outsource as business model, such as mainframes, clustering, grid computing, and the most recent is cloud computing.

Computing devices and Internet access are now available anywhere and anytime, creating new opportunities to share and to use online resources. A tremendous amount of computational power, such as Google and Amazon, and an unaccountable number of Internet resources and services, such as email and storage, are used daily as a normal commodity. Also, Internet bandwidth is abundant, which allows storing data online. So, the major idea is to use Internet cloud, in a self-service model, where the Internet resources are used to rely our services, and these features stand out from the other paradigms, previously referred.

Cloud Computing raises to import business models. Firstly, applications can be delivered as services over the Internet. From end-users side it's a commodity uses these application like Gmail[5], Dropbox[6], Google Docs[7], and many others. According to cloud computing [8] this kind of software are named as "Software-as-a-service" – SaaS (Fig. 1) Secondly, a lower level in the architecture is "Platform-as-a-service" (PaaS), where developers might create new applications following the provider's API (Application Programming Interface) and deploy them (e.g. Amazon S3 [9]). Finally, but not least, there is "Infrastructure-as-a-Service" (IaaS) that supplies resources such as virtualized servers, network devices, and many other resources, e.g. Amazon EC2 [10] is considered a IaaS.

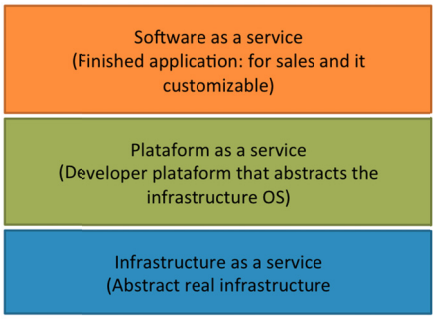


Figure 1. Cloud computing layer

A cloud computing service is a distributed system technology that consists on the aggregation of resources that are distributed into one single system, aiming to virtualize (e.g. decoupling the business service from the infrastructure needed) and scalability (e.g. the capability of the system to grow when it is needed) [11]. Besides, one of the greatest advantages of the cloud computing is about its resiliency. In theory, the cloud computing services are built in such a way that, if a machine fails, the system readjusts itself, in order to avoid the user's knowledge of the machine fail. Taking into account this resiliency, cloud computing seems a useful technology to ensure some level of stability of the network and computational system that a single server cannot provide.

There has been a strong investment in building cloud computing infrastructures for health proposals. For instance, the Harvard Medical School has built an internal computing cloud to enable collaborative research along several departments and partners [12]. Another example, TC3Health Company is already providing health care payers with an integrated solution supported by Amazon Web Services, namely S3, EC2, and SQS technologies [13].

B. PACS Cloud

A PACS Cloud solution must grant access to the archive server anytime and anywhere. The traditional PACS server has two major components: DICOM objects repository and database system. The objects repository typically requests an infrastructure with huge storage capacity to support all DICOM studies. The database module, typically a database management system (DBMS), needs to support the *DICOM Information Model (*DIM) [14] containing metadata information related to patients, studies, series and images. When an archive receives studies from image modality equipment, it needs to store the images in the file system repository and update the database with elements extracted from the received study. Our approach is based on the outsourcing of these two PACS archive components to the cloud, namely using the new concepts of blobstore and

database accessible through web services. Blobstore are associative memories, e.g. key-value storage providers, where the blob is an unstructured data (value) stored in a container and the lookup is preformed true a text key. They are a key component of most actual cloud platforms and infrastructures, including Google App Engine (GAE) [15], Microsoft Windows Azure[16], Amazon Web Services (AWS) [17] and Eucalyptus [18]. All those players provide scalable and fault tolerant blobstore data management.

The proposed PACS Cloud architecture was thought to separate sensitive data elements manipulation from demanding computational operations. The solution developed is based on 3 components: PACS Cloud Gateway, PACS Cloud Master Index and PACS Cloud Slaves (Fig. 2). This paper focuses on PACS Cloud Gateway, but we are giving a quickly overview of each component towards a better understanding of following chapters.

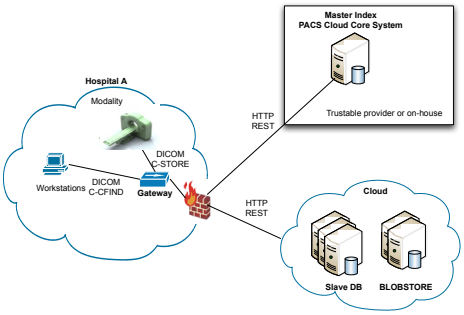


Figure 2. Architecture of PACS Cloud

The Master Index is the PACS Cloud core entity. It contains information about other modules, including Gateways and Cloud Slaves (repository and database). It also provides authentication services to institutional gateways. Finally, all DIM identifiable information related with patient and study levels are stored in a master index database, fundamental to ensure solutions for confidentiality and privacy.

The Cloud Slaves provide, on one hand, storage of sightless data (objects repositories) and, on other hand, a database containing all no identifiable metadata extracted from DICOM studies, i.e. the most demanding task concerning computational power. The database slaves provide query services over no patient identifiable DIM fields. The proposed architecture makes possible to have one or more Cloud Slave modules hosted in different Internet Cloud providers, e.g. it is possible, for instance, to have a database Slave module and two repository Slaves in three distinct Cloud providers.

Cloud Gateway is a very important component in this architecture (Fig. 2). It provides a interface between DICOM world and Cloud systems. Internet Cloud providers just support web services as system interface, which is a barrier to PACS server implementation through cloud computing. In order to solve this problem was introduced a DICOM-Web service gateway, named PACS Cloud Gateway, that aims to translate DICOM commands in web service request towards a totally connectivity between them, e.g. granting interoperability between DICOM devices and clouds interfaces. It provides two DICOM services: Storage (e.g. DICOM C-STORE) and Query/Retrieve (e.g. DICOM C-FIND and C-MOVE). Those modules are located in institutional intranet and need to be registered in Master Index to access to PACS Cloud services.

IV. System Design and Implementation

A. Components

The PACS Cloud interfaces were specified in a developed PACS Cloud Framework. As a consequence the PACS Cloud Gateway interfaces was bounded in the framework, too (Fig. 3). The Framework outlines the signaling messages, DICOM messages in XML, API to Master Index, and API to Slaves databases and APIs to Cloud providers. All components of PACS Cloud were implemented in Java, but it can be implemented in another language, since assert the PACS Cloud Framework specifications.

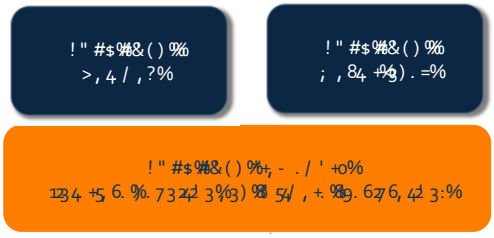


Figure 3. Internal components

PACS Cloud Gateway broke the barrier of non-operability between DICOM devices and Cloud Providers. Therefore it has two different implementations: (1) DICOM server compatible and cloud providers interface (web services). The implementation of DICOM standard is supported by the DCM4CHE library [19], a SDK that is used to extract DICOM data elements from persistent objects, to implement the Storage SCP and Query/Retrieve SCP services (Fig. 4).

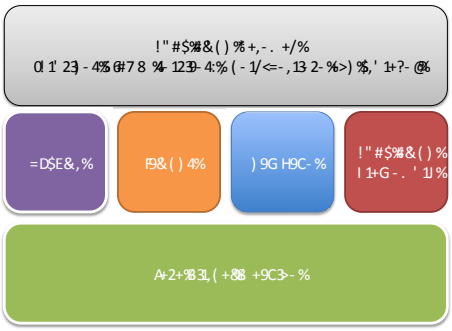


Figure 4. Gateway - Components

PACS Cloud Gateway receives DICOM images and it will forward these images to the blobstore in a specified cloud provider. The access to the cloud blobstore providers is supported by jclouds [20] that implement several blobstore cloud providers. Furthermore, the PACS Cloud Gateway sends

metadata information to databases: Master Index and Slaves databases. The communication between the PACS Cloud Gateway and Master Index uses RESTful web services through the RESTlet framework [21].

B. Architecture

The PACS Cloud Gateway architecture contains 4 different packages, such as described below:

- **Server DICOM**: Contains DICOM Services: Verification, Storage and Query/retrieve. It also encompasses the auxiliary classes to provide interaction with Cloud services.
- **Core:** It stores all settings and POJO (Plain Old Java Object) classes. It contains a thread mechanism to monitor new requests/signaling from Master Index, but it also holds download manager in order to overcome the download single thread.
- **GUI (Graphical User Interface):** PACS Cloud Gateway runs graphically on the system tray (platform independent). It contains the system tray graphic stuff and configuration's window; it is able to add/edit or remove DICOM nodes.
- **Clients:** In this package are implemented all classes that communicates with Master Index, and Cloud Slaves.

We've defined an abstract wrapper to communicate with Master Index dubbed MasterIndex (Fig. 5). It does not supply any implementation, but it holds the interface to the methods implementation, as know as adapter pattern. Thus, the real implementations were done using RESTful client web services through the RESTlet framework, in MasterIndexImpl. Following this principle, the interface can be implemented using another frameworks or other kind of providers, for instance SOAP (Simple Object Access Protocol).

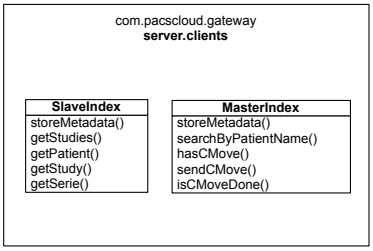


Figure 5. Class diagram (clients package)

One of the biggest concerns in the architecture was the support of multiple providers. In the first stage it looks like a technological problem, but it is not. In order to solve this problem, we have defined a proper classes definition, so that it would become easier to implement it, in other cloud players. Into client package, the class SlaveIndex (Fig.5) is just an adapter to the real implementation, like MasterIndex. We have also created a CloudInputStream and CloudOutputStream to read/write operations in cloud Blobstores providers.

On the server side, there are a couple of classes focusing to create DICOM services listener (Fig. 6). Then forwarding the messages or DICOM objects to the Cloud Slaves blobstores and respective metadata for Slaves databases. It also needs to communicate with gatekeeper, i.e., Master Index, to request other kinds of information like PatientName, study session keys, etc.

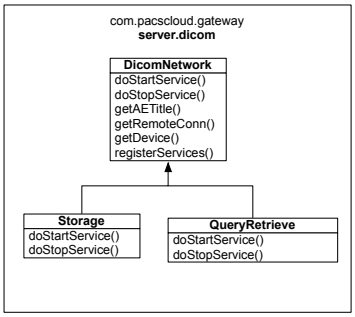


Figure 6. Class diagram (DICOM package)

Besides Storage and QueryRetrieve classes, there are also other classes such as FindRSP and CMoveRSP, which are DIMSE responses. These responses were created using the actual state of the PACS Cloud databases. The solution also implements upload and download in multithread towards a better performance on the storage/retrieve medical data. It contains a thread poll to limit the number of threads alive and this value might be changed on gateway configurations.

In order to improve requests handlers to/from slave database, an abstraction to DIM structure was created (Fig. 7), which are maintained in a separated project (PACS Cloud Framework).

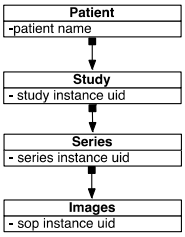


Figure 7. Class diagram: DIM model

The initial settings are load from a class named Startup, living in core package. In the first stage it will validate gateway login, and then requests settings, e.g. PACS's AE Title.

Finally, the gateway, by itself, encompasses configurations. For instance, the TCP ports where DICOM services listen, the username and password, and MasterIndex endpoint. All those configurations can be changed through the GUI or in the config.xml that is created automatically in the first time that application start.

V. WORKFLOWS AND DATAFLOWS

PACS Cloud Gateway is responsible for communication as DICOM service following DICOM conformance statement and send, query or retrieve information from PACS Cloud in a transparent way to the DICOM client side. On one hand, the movement of images from modality to PACS Cloud happens when acquisition devices send the studies to the PACS Cloud Gateway (Fig. 8).

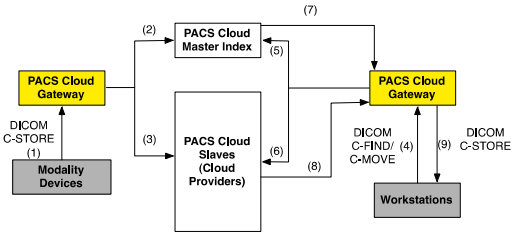


Figure 8. PASCS Cloud Gateway - generic workflow

A. *Storage Service*

In the storage process, gateway is waiting for DICOM requests. The DICOM upper layer is maintained by dcm4che2, which deals with association and low-level protocol. Nonetheless, the transfer capability, AEtitles, delays and other important DICOM issues in protocol need to be customized. All those settings are loaded from Master Index.

In the storage workflow, modalities produce images and send images operating with DICOM communications with C-STORE command. Before it happens, modality needs to know which SOP classes and PACS support transfer syntaxes. In step of this procedure, the gateway receives a "DICOM ASSOC REQUEST" to verify if server supports the SOPs. Following the numeration in Fig. 8, in step (1) the acquisition devices invoke a C-STORE command, and data flows to the PACS Cloud Gateway. When the storage process is finished, PACS Cloud Gateway will send the metadata to the slave's database providers and to the Master Index (steps 2 and 3). Note that all images upload to the Cloud are encrypted with AES algorithm.

B. *Query/Retrieve Service*

The Query/Retrieve process is subdivided in two DICOM independents commands: C-FIND and C-MOVE, where the C-FIND is associated with the queries and the C-MOVE with image objects retrieve action.

On the other hand, the query and retrieve process are executed from workstations. In the query process there is no communication with blobstore. PACS Cloud gateway just requests information to the indexes (step 5, 6 and 7). The C-FIND request contains query items that can be a sub-set of DIM fields and can contain a wildcard's elements in search like, for instance, in patient's name. According with query specificity, it can be executed directly in the DIM Cloud Slave Database (step 6). If the patient's name is referred in query items or this contains wildcard, there is a query for Master Index. In the end, gateway will collect both data and send C-FIND Response with match's result.

Likewise, retrieve process execute the same workflow, but it accesses to blobstore to retrieve DICOM objects. In the C-MOVE process, when a C-MOVE Request is received by a gateway, destination AETitle and query level is extracted from the command data. In order to solve moves between multi-institutional sites, a signal is sent to the receiver gateway (step 5 and 6). In the storage process, the download process uses multithread and multiple objects are downloading at the same time. On the other side, gateway starts a DICOM C-STORE process with a negotiation to storage repository. Each object successfully transferred from the blobstore is decrypted with study session key and DICOM C-STORE process sends the object to storage repository. After all objects have been transferred to the local repository association, the C-Move Response is sent to the C-Move requester entity.

VI. RESULTS

A new PACS solution, which is able to store medical studies in the cloud safety, has been developed. The data are in the cloud, but the provider cannot do anything with it because they are all ciphered and the keys live in Master Index, where cloud provider does not access. PACS Cloud Gateway grants interoperability with DICOM devices working as a tradition PACS archive from DICOM client's side perspective. Furthermore, from the administrator's side, it reduces drastically the IT infrastructures and brings new management facility in multi-site institutions with shared PACS.

A. *Performance measurements*

The prototype was tested through several study cases with a huge amount of DICOM images of different modalities, stored in multiple providers: Google Storage and Amazon S3. In all the tests the solution proved to be robust, enable to store, query and retrieve all expected studies.

To evaluate the software in performance and robustness, PACS Cloud was tested several times using a data set of 6 studies containing 855 DICOM files. There are a couple of modalities on those studies: Cardiac XA, US, MR, CT. We have used the campus Internet connection and the gateways are running Pentium4, with a 2,6 GHz processor and 2GB RAM.

We made several trials of storage and retrieve with Amazon S3 and Google Storage, considering just average times of both process. It includes upload and download processes under HTTP and DICOM communication from/to gateway to DICOM devices.

There are average measurements, result of several trials with different modalities. We did the tests with two blobstores providers: Google Storage and Amazon S3 (Table I).

TABLE I. STORAGE MEASUREMENTS

! "#$%&(	) *+, &%.	/"%01 - +! 2	3""4%+5.6	78 9-0: +5.6
! "	#	$	%&(	) &)
! "	$+	(	*&%%	, &+
! "	$#	' &	((&$)	% &(
" .	(#'	$) &'	%) &$	(, &,
/01	(%)	#- &'	*, &-	#, &)
" .	% %	(+)	((#&,	$' $&'

The results were analyzed, and seems that there are different measures between different providers (Fig. 9), which

means that for each provider the solution can be tuned, improving the performance.

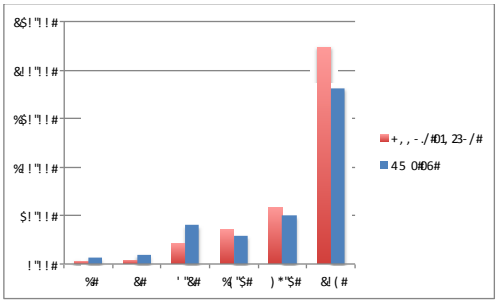


Figure 9. Results for Storage process

The download process is faster than upload as can be seen in the results. (Table. II).

TABLE II. RETRIEVE MEASUREMENTS

! "#$%&(	)*+,-./"0/0	2"%+-/! 3	4""5%/617	89:/:;/617
!"	#	$	%&	%&
!"	$(	)	%&	%&
!"	$#	+&	$+&	$,&
"-	)#+	$'&	$'&	$+&
/01	)%	#*&	)(&	),&
"-	%*%	)('	*#&	*$&

Likewise in storage process, the retrieve process is faster in Google Storage than Amazon. However, the last 3 studies are slower in Google Storage (Fig. 10). The tests were performed in a shared connection, and without dedicated link to the Cloud Providers. Thus, the results vary due to Internet latency and noise of ISP (Internet Service Providers).

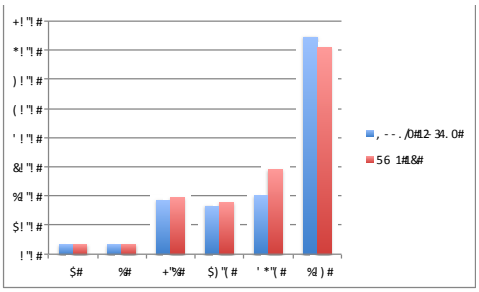


Figure 10. Results for retrieve process

Besides the security problems, PACS cloud will also solve the problems regarding resizing and the maintenance of datacenter, as well as its reliability, interoperability and performance are beyond expectations. The PACS Cloud Gateway is a fundamental component on this process

VII. CONCLUSION

PACS Cloud Gateway is very important to grant interoperability with DICOM devices, which is very important for healthcare institutions. The characteristics of the presented PACS Cloud grant a great scalability and reliability of data. It has a significant impact on healthcare institutions, which allows the reduction of datacenter's IT infrastructure outsourcing the data to the Cloud. In spite of spent energy, air condition, maintenance and other issues, PACS Cloud will work in a financial model "pay-for-what-you-use" having positive environment and financial impact.

The integration inside a healthcare instruction is effortless and inexpensive, given that the solution is compatible with acquisitions and workstations devices. Furthermore, there is no provider dependence in this implementation due to its well-modeling support couple of them, thus being easier to implement new providers. Due to legal issues, namely data protection laws, the approach to outsource the medical data to public data might not be accepted in some countries because they force to know the location where the information is stored. Nevertheless, PACS Cloud Gateway allows storing the medical data in private cloud. Thus, the presented solution is compliant with these laws and possible to deploy in the real environment.

ACKNOWLEDGMENT

Luís Ribeiro, Frederico Valente (workmates at IEETA) and Adrian Cole (from jclouds)

REFERENCES

1. Teng C, Mitchell J, Walker C, Swan A, Davila C, Howard D, Needham T: **A medical image archive solution in the cloud**. In: *Software Engineering and Service Sciences (ICSESS) - IEEE International Conference Beijing*: 431-434.
2. Philbin J, Prior F, Nagy P: **Will the Next Generation of PACS Be Sitting on a Cloud?** *Journal of Digital Imaging*:1-5.
3. Yang C, Chen C, Yang M: **Implementation of a medical image file accessing system in co-allocation data grids**. *Future Generation Computer Systems* 2010.
4. architecture AOwie: **Architectural strategies for Cloud computing**. In.; August 2009.
5. **Gmail** [www.gmail.com]
6. **Dropbox Service** [www.dropbox.com]
7. **Google Docs** [http://docs.google.com]
8. Rimal B, Choi E: **A Conceptual Approach for Taxonomical Spectrum of Cloud Computing**. In: *Ubiquitous Information Technologies & Applications, 2009 ICUT '09 - Proceedings of the 4th International Conference Fukuoka*: 1-6.
9. **Amazon Simple Storage Service** [https://s3.amazonaws.com/]
10. **Amazon Elastic Compute Cloud** [http://aws.amazon.com/ec2/]
11. Steve Bennett MB, Robert Covington: **Oracle White Paper in Enterprise Architecture - Architectural Strategies for Cloud Computing**. 2009.
12. RightScale: **Center for Biomedical Informatics at Harvard Medical School Minimizes Cloud Computing Management Using RightScale. www.rightscale.com**. In.; 2009.
13. **Amazon Web Services LLC. 2009. Case Studies: TC3 Health. Web page, http://aws.amazon.com/solutions/case-studies/tc3-health/** In.
14. DICOM-P3: **Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM), Part 3: Information Object Definitions**. In.: National Electrical Manufacturers Association; 2001.
15. **Google App Engine (GAE)** [http://code.google.com/appengine/]
16. Corporation M: **Windows Azure Platform**. In.
17. **Amazon Webservices (AWS)** [http://aws.amazon.com/]
18. **Eucalyptus** [www.eucalyptus.com]
19. **dcm4che sourceforge project** [http://sourceforge.net/projects/dcm4che/.]
20. **jclouds: multi-cloud library** [http://code.google.com/p/jclouds/]
21. **RESTlet framework** [www.restlet.org]

A população senior e o governo electrónico em Portugal

Isaura Ribeiro
Departamento de Matemática
Universidade dos Açores
Ponta Delgada, Portugal
isaura@uac.pt

Resumo—**A esperança média de vida tem vindo progressivamente a aumentar nos últimos anos. Desde sempre, tem-se verificado que cada nova tecnologia criada pelo homem traz em si um elevado poder de inclusão ou exclusão e, neste sentido, os mais idosos têm reconhecidamente algumas limitações na utilização das tecnologias da comunicação e informação (TIC). Este trabalho analisa a adequação, para os mais idosos, dos interfaces dos sítios Web das entidades públicas que proporcionam os serviços básicos de governo electrónico. É proposto um método de avaliação que contempla, nos respectivos critérios, as exigências do desenho do interface para ultrapassar algumas limitações dos seniores. O método apresentado permite, quer a avaliação individual, quer um estudo comparativo entre os sítios Web em análise.**

Keywords-Avaliação de sítios Web; usabilidade; critérios de avaliação; séniores; governo electrónico

I. INTRODUÇÃO

A Sociedade da Informação faz parte do nosso quotidiano e altera radicalmente os modelos de organização e funcionamento das sociedades, com reflexos nos sistemas económicos e políticos. De igual modo, as tecnologias da informação e comunicação (TIC), em particular a Internet, têm um papel fundamental na redefinição da relação entre as administrações públicas e os cidadãos, as empresas e os restantes agentes sociais.

Com os novos meios digitais e com a implementação de sistemas de governo electrónico, é possível o acesso a informações actualizadas e a um conjunto de funcionalidades e serviços, que permitem optimizar tempo e custos financeiros e que devem ser aproveitados e explorados, quer pelos organismos públicos, quer pelos cidadãos.

Em Portugal, o goverrno electrónico tem sido considerado um elemento chave para a modernização da Administração Pública e para a melhoria significativa da qualidade dos serviços públicos. Neste contexto, a implementação do Governo Electrónico é considerada uma medida importante para promover a cidadania, impulsionar a mudança das organizações públicas, disseminar a tecnologia contribuindo para o desenvolvimento do país, fomentar a integração de sistemas e processos e promover a inclusão digital [1].

Segundo Chevallerau [2], em Portugal, à semelhança do que se passa na Europa, são disponibilizados para os cidadãos um conjunto de serviços públicos básicos representados na tabela 1.

Pinho[3] afirma que para a concretização destes serviços têm sido criados portais governamentais, por intermédio dos quais os governos mostram a sua identidade, propósitos e realizações, possibilitam a concentração e disponibilização de serviços e informações, facilitando a realização de negócios e o acesso à identificação das necessidades dos cidadãos.

De acordo com Silva[4], a relação com os cidadãos é que sustenta o governo electrónico. Se a população não o conhece, não o utiliza ou não percebe o valor e utilidade dos seus serviços, o programa perde a razão de ser.

A esperança média de vida tem vindo progressivamente a aumentar nos últimos anos. Segundo as projecções do Eurostat, a população da União Europeia continuará a envelhecer, passando a percentagem de pessoas com mais de 65 anos de 17,1%, em 2008, para 30% em 2060, enquanto a dos idosos com mais de 80 anos evoluirá de 4,4% para 12,1% durante o mesmo período.

Desde sempre, tem-se verificado que cada nova tecnologia criada pelo homem traz em si um elevado poder de inclusão ou exclusão. As TIC têm uma evolução extremamente rápida. O computador torna-se indispensável em cada vez mais situações da vida quotidiana. No entanto, a geração dos idosos tem reconhecidamente algumas limitações neste domínio, já que, na sua grande maioria, ao longo da sua vida activa, não tiveram qualquer contacto com estas tecnologias.

TABELA1. SERVIÇOS BÁSICOS DE GOVERNO ELECTRÓNICO

Serviços	Entidade
Impostos	Portal das Finanças http://www.portaldasfinancas.gov.pt/pt/home.action
Benefícios de segurança social	Segurança social http://www1.seg-social.pt
Certidões e registos	Instituto dos Registos e Notariado http://www.irn.mj.pt/IRN/sections/inicio
Documentos pessoais Serviços ligados à saúde	Portal do cidadão http://www.portaldocidadao.pt/PORTAL/pt
Documentos para a polícia	Polícia de Segurança Pública http://www.psp.pt
Emprego e formação profissional	Instituto do Emprego e Formação profissional http://www.iefp.pt/
Asesso ao Ensino Superior	http://acessoensinosuperior.pt
Bibliotecas Públicas	Porbase http://www.porbase.org

Neste contexto, muitas investigações identificaram problemas de exclusão social dos idosos relativamente às TIC [5], [6], [7], [8].

Por outro lado, as capacidades cognitivas tais como a memória, o raciocínio e a velocidade de processamento da informação diminuem com a idade e podem fazer com que os mais velhos tenham mais dificuldades para aprender coisas novas [9]. Segundo Zajicek [10], as limitações decorrentes da idade (perda de visão, ouvido, memória e mobilidade) contribuem para a falta de confiança, dificuldades de orientação e memorização.

De acordo com Mynatt and Rogers [11], a utilização da tecnologia pode permitir aos idosos a continuação de uma vida independente nas suas casas. Neste contexto, o governo electrónico que permite o acesso fácil e rápido à informação na Internet, a submissão de forrmulários e declarações electrónicas, ou a marcação de consultas, ou mesmo a apresentação de reclamações, pode constituir um precioso auxílio para os seniores, principalmente para os que têm dificuldades em sair de casa.

De acordo com os dados disponibilizados pela UMIC [12], em 2009, o acesso à Internet e ao governo electrónico pelos indivíduos com idades superiores a 55 anos é consideravelmente inferior às médias nacionais e estes valores agravam-se para a faixa etária dos 65 aos 74 anos (tabela 2).

Estes valores contrariam os objectivos do governo electrónico, já que se define como prioridade a maior intervenção de todos os cidadãos contribuindo, assim, para a cidadania plena.

De acordo com Sayago et al.[13], as barreiras virtuais que os seniores enfrentam não estão dependentes, quer da tecnologia, quer da sua experiência com a Internet, quer, ainda, das suas habilitações literárias. De acordo com as limitações próprias deste grupo etário, um interface pobre em usabilidade, as dificuldades para lembrar os passos relacionados com as tarefas, a compreensão dos termos técnicos e a utilização do rato são as principais limitações que impedem o acesso e a interacção com a Web.

Segundo Nielsen [14], os seniors são mais afectados por problemas de usabilidade do que os utilizadores mais novos.

Neste trabalho propomos a avaliação da usabilidade dos interfaces dos sítios Web das entidades públicas que disponibilizam um conjunto de serviços e informações que podem servir de suporte à actividade dos seniores (idades superiores a 60 anos) e que permitem a resolução de muitos dos seus problemas, mesmo sem sair de casa, continuando assim uma vida independente. Neste contexto, propomos a avaliação dos serviços: Finanças, Segurança Social, Portal do Cidadão, Instituto dos Registos e Notariado, Polícia de Segurança Pública e Bibliotecas Públicas. Como resultado, obtém-se, quer uma avaliação individual, quer uma avaliação comparativa dos sítios Web analisados.

TABELA2.ACESSO À INTERNET E AO GOVERNO ELECTRÒNICO

	Internet	Governo Electrónico
% indivíduos com idades entre os 16 e os 74 anos	46	26
% indivíduos com idades entre os 55 e os 74 anos	21	10
% indivíduos com idades entre os 65 e os 74 anos	7	3

O método proposto engloba os parâmetros considerados relevantes para a avaliação geral da usabilidade dos interfaces, mas contempla, igualmente, os aspectos considerados fundamentais para facilitar, para este público alvo, o acesso à informação e aos serviços disponibilizados.

II. METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO

Para o estabelecimento do método de avaliação adoptado e, fundamentalmente, para garantir uma avaliação objectiva, ultrapassando, assim, a subjectividade da satisfação do utilizador, foi feita uma pesquisa bibliográfica que serviu de referência para determinadas etapas do trabalho desenvolvido. Esta pesquisa incidiu sobre dois aspectos fundamentais: definição das características da população senior e consequentes exigências a nível do desenho do interface e definição de critérios que permitam uma avaliação completa e objectica.

A avaliação da usabilidade dos interfaces foi desenvolvida em cinco fases: especificação das expectativas e exigências segundo o ponto de vista do utilizador; definição das características e atributos de qualidade que melhor se adequam ao domínio de avaliação; definição, para cada critério, da respectiva ponderação e contribuição para a avaliação final; análise e medição da qualidade dos sítios Web de acordo com as características e atributos definidos; análise e comparação dos valores parciais e globais obtidos.

A. Desenho do interface para os seniores

A investigação tem demonstrado que o envelhecimento não constitui, por si só, um impedimento para a utilização do computador ou da Internet[15], [16], [17]. No entanto, a utilização das TIC pelos idosos pode estar condicionada pelas alterações decorrentes da idade (visão e capacidades cognitivas), que condicionam a capacidade para relembrar, aprender, pensar e raciocinar [18], [19]. Assim, a memória recente, a velocidade de raciocínio, a atenção e a memória espacial podem condicionar a utilização do computador e da Internet.

Um desenho do interface centrado nestes utilizadores pode colmatar muitas destas limitações: a apresentação da informação de forma adequada, com estruturas de navegação bem estruturadas e funcionalidades de acessibilidade podem facilitar a interacção e tornar o acesso à informação mais fácil, apetecível e eficiente [14], [20], [21]. A tabela 3 apresenta, em síntese, algumas das características que devem ser consideradas no desenho do interface dos sítios Web destinados a este público alvo.

B. Definição dos critérios aplicáveis à avaliação

A avaliação de sítios Web está largamente documentada em investigações de várias areas. Neste contexto consideramos relevantes, entre outras, as contribuições de [22], [23], [24] e [25].

Segundo Evans and King [26], a avaliação de sítios Web

TABELA3. REGRAS PARA O DESENHO DO INTERFACE

Conteúdos
O texto é o tipo de informação que aparece mais nas páginas Web, sendo aconselhável a utilização de parágrafos curtos. As cores do texto e do fundo da página devem permitir uma leitura fácil, sendo recomendável a utilização de texto escuro em fundo claro liso. Por outro lado, o tamanho do texto é um parãmetro muito importante, devido a limitações de visão, Neste sentido,é recomendável um tamanho de 14pts. Em alternativa, deve utilizar-se código HTML que não exclua a possibilidade de aumentar o tamanho do texto de acordo com as necessidades.
A utilização de conteúdos dinâmicos deverá ser cuidadosamente ponderada. Por um lado, os seniores preferem os conteúdos apresentados recorrendo à associação de texto e imagem, não se sentindo muito motivados para a visualização de vídeos ou mesmo qualquer tipo de animações, sendo aconselhável a descrição textual correspondente. Por outro lado é fundamental não sacrificar exageradamente a velocidade de acesso à informação pretendida. Embora esta regra se aplique na generalidade dos casos, para os seniores, pelo menos no início, pode ser um factor muito importante. O atraso no carregamento das páginas Web pode levantar algumas dúvidas, podendo ser mesmo posta a hipótese da não adequação do procedimento e da sequência de passos utilizada para o acesso à informação .
O tamanho das páginas deve, igualmente, ser cuidadosamente ponderado no sentido de captar continuamente a atenção dos idosos sem, no entanto, dar ideia de fragmentação da informação, tornando mais difícil a sua compreensão e relacionamento.
Estruturas de navegação
A implementação das estruturas de nevegação deve ser considerada cuidadosamente, nomeadamente quando se utilizam estruturas em árvore: uma profundidade exagerada (mais de três níveis) geralmente prejuduca o acesso à informação. Da mesma forma, menus pull down ou outros elementos móveis da interface criam problemas porque os seniores têm grandes dificuldades em controlar o rato.
Os menus pop up, além dos problemas já referidos, requerem esforço adicional de memória. É preferível considerar um interface com elementos estáticos, pois tornam-se mais fáceis de usar.
O utilizador deve saber sempre a sua posição (página que está a ser acedida, as páginas já visitadas e quais as possibilidades para explorar). Embora esta regra deva ser aplicada a qualquer sítio Web e para qualquer público alvo, nos caso dos seniores, torna-se essencial.
Devem evitar-se páginas com muitas hiperligações, principalmente se estiverem dispostas muito próximas. O acesso á informação através do rato pode causar alguns problemas nestes casos, dificultando a selecção da hiperligação pretendida.
O texto das hiperligações, além de ser suficientemente esclarecedor para permitir identificar claramente o objectivo da hiperligação, eventualmente associado a textos explicativos, deve ter o tamanho que facilite a sua leitura e posterior selecção.
O mapa do sítio deve estar sempre disponível e ser de fácil acesso.

deve englobar cinco elementos básicos: categorias, atributos, pesos correspondents, avaliação e classificação final.

Segundo esta metodologia, o primeiro passo é estabelecer as categorias e atributos considerados fundamentais para permitir aos utilizadores um acesso fácil e eficiente.

Para a definição destes parâmetros, foi considerada a especificação dos objectivos do ponto de vista do utilizador e consequente exigência de qualidade, configurada com as necessidades gerais dos utilizadores quando pretendem, a partir do sítio Web, aceder a informações ou serviços. Deve reflectir a necessidade de componentes e funcionalidades considerados importantes nos sítios Web.

Para a definição das características que melhor se adequam a este domínio de avaliação também foram considerados a informação e os serviços disponibilizados.

Neste contexto, no sentido de concretizar a avaliação do ponto de vista do utilizador, consideraram-se as características usabilidade, funcionalidade, confiança e eficiência. O peso relativo de cada uma destas características, no contexto da avaliação final, no sentido de valorizar a facilidade e eficiência no acesso á informação, está representado na tabela 4.

TABELA 4 – PESO RELATIVO DAS CARACTERÍSTICAS CONSIDERADAS

Característica	Peso
Usabilidade	30%
Funcionalidade	25%
Confiança	25%
Eficiência	20%

A característica *usabilidade* permite avaliar se o acesso à informação disponibilizada é fácil e se os conteúdos são facilmente compreendidos e identificados. A *funcionalidade* mede a adequação dos elementos que permitem o acesso à informação à informação e a importância dos conteúdos disponibilizados. Com a característica *confiança* pretende-se analisar a existência de erros que condicionam o acesso à informação e a execução das tarefas propostas. Finalmente, a *eficiência* analisa a eficácia do acesso à informação, nomeadamente para utilizadores com limitações ou deficiências.

A partir destas características, foram derivados e ponderados, em função da sua importância relativa, as subcaracterísticas e os atributos mensuráveis correspondentes (Tabelas 5, 6, 7e 8)

TABELA 5: CONFIANÇA

3. Confiança	25%
3.1.Deficiências	**50%**
3.1.1. Erros nas hiperligações	
3.1.1.1. Links "partidos"	35%
3.1.1.2. Links inválidos	35%
3.1.1.3. Links não implementados	30%
3.2. Outros erros	**50%**
3.2.1.Erros ou alterações provocadas pela utilização de diferentes Browsers.	**35%**
3.2.2. Número de "dead end"	**35%**
3.2.3. Número de páginas "under construction"	**30%**

O resultado da avaliação, para cada um dos sítios Web em análise, será a soma de todos os valores parcelares (classificação atribuída e respectiva ponderação).

Para a atribuição de cada um dos valores parcelares considerou-se um escala de 0 a 100%.

TABELA 6: EFICIÊNCIA

4. Eficiência	20%
4.1. Acesso	40%
4.1.1. Velocidade de carregamento da Homepage	**60%**
4.1.2. Velocidade de carregamento das outras páginas	**40%**
4.2. Tamanho das páginas	**20%**
4.3. Acessibilidade	**20%**
4.3.1. Tags semânticas e atributos textuais para conteúdos não-textuais	**25%**
4.3.2. Image replacement	**25%**
4.3.3. Definições de tamanhos de fontes e layouts relativos	**25%**
4.3.5. CSS Media Types	**25%**

TABELA 7. USABILIDADE

1. Usabilidade	30%
1.1. Esquema de compreensão global	**30%**
1.1.1. Esquema de organização global	**30%**
1.1.1.1. Mapa do sítio funcional e acessível a partir de todas as páginas	50%
1.1.1.2. Conteúdos principais facilmente identificáveis a partir da Home page	50%
1.1.2. Legibilidade dos conteúdos	**35%**
1.1.2.1. Texto	40%
1.1.2.1.1. O texto com um tamanho mínimo de 12 pts	15%
1.1.2.1.2. Funcionalidade para aumentar o texto	10%
1.1.2.1.3. Esta funcionalidade está visível e é facilmente identificável	10%
1.1.2.1.4. Funcionalidade para ouvir o texto	10%
1.1.2.1.5. Esta funcionalidade está visível e é facilmente identificável	10%
1.1.2.1.6. Fonte sans serif e não condensada.	15%
1.1.2.1.7. Existe pelo menos 2pt de leading entre cada caracter	10%
1.1.2.1.8. O espaço entre linhas de texto é 1.5 ou duplo	10%
1.1.2.1.9. Existe um bom contraste (texto escuro em fundo claro e liso)	10%
1.1.2.2. Imgens	30%
1.1.2.2.1. Qualidade das imgens	
1.1.2.2.2. Descrição textual das imagens	
1.1.2.3. Media dinãmicos	30%
1.1.2.3.1. Qualidade	
1.1.2.3.2. Descrição textual	
1.1.3. Qualidade das etiquetas	**35%**
1.1.3.1. Etiquetas de texto	60%
1.1.3.2. Etiquetas com ícones	40%
1.2. Feedback e help	**25%**
1.2.1. Qualidade das ajudas	**50%**
1.2.1.1.Explicação geral do sítio	30%
1.2.1.2. Explicação para a execução das tarefas	30%
1.2.1.3. Possibilidade de impressão	20%
1.2.1.3. Pesquisa	20%
1.2.2. Indicação da última actualização do sítio Web	**25%**
1.2.2.1. Global	50%
1.2.2.2. Por tema ou página	50%
1.2.3. Endereços	**25%**
1.2.3.1. Directório de e-mail	50%
1.2.3.2. Directório de telefones e faxes	50%
1.3. Interface e aspectos estéticos	**25%**
1.3.1. Consistência para agrupar objectos de controle principais	**30%**
1.3.2.Presença e estabilidade dos controlos principais	**30%**
1.3.3. Aspectos estéticos	**15%**
1.3.4. Uniformidade de estilos	**25%**
1.4. Aspectos complementares	**20%**
1.4.1. Funcionalidade de língua estrangeira	**20%**
1.4.2. Possibilidade de impressão	**30%**
1.4.3. Interactividade	**50%**
1.4.3.1.Possibilidade de recurso a fóruns	15%
1.4.3.3. Download de formulários	25%
1-4.3.4. Possibilidade de preenchimento de formulários	25%

Pretende-se uma avaliação objectiva apesar da diversidade de parâmetros envolvidos. Nesse sentido, sempre que o tipo de resposta é "Verifica" (Ex. Directório de e-mail) é atribuído 100%, ou "Não verifica" em que é atribuído 0%.

Para os restantes (Ex. Mapa do sítio funcional e acessível a partir de todas as páginas), a classificação atribuída aos parâmetros mensuráveis, foi definida de acordo com a Tabela9.

TABELA 8. FUNCIONALIDADE

2. Funcionalidade	25%
2.1. Funcionalidade de pesquisa	20%
2.1.1. Mecanismos de pesquisa de sítios Web	
2.1.1.1. Apenas no próprio sítio Web	50%
2.1.1.2. Pesquisa global	50%
2.2. Navegação	40%
2.2.1.Navegação local	**25%**
2.2.1.1. Nível de agrupamento da informação	25%
2.2.1.2. Orientação	25%
2.2.1.2.1. Indicação do "caminho"	50%
2.2.1.2.2. Indicação da posição corrente	50%
2.2.2. Navegabilidade global	**25%**
2.2.3. Objectos de controle da navegação	**25%**
2.2.3.1. Estabilidade contextual do controle da navegação	50%
2.2.3.2. Scrolling	50%
2.2.3.2.1. Scroll vertical	50%
2.2.3.2.2. Scroll horizontal	50%
2.2.4. Previsão da navegação	**25%**
2.2.4.1. Título dos links (link com help explicativo)	35%
2.2.4.2. Qualidade dos textos dos links	35%
2.2.4.3.Facilidade e rapidez de acesso á informação pretendida	30%
2.3. Conteúdos	**40%**
2.3.1. Relevância do conteúdo	**25%**
2.3.2. Relevância dos links	**25%**
2.3.3. Utilização de imagens	**15%**
2.3.3.1. Relevância das imagens	50%
2.3.3.2. Indicação do tamanho da imagem	30%
2.3.3.3. Zooming	20%
2.3.4. Vídeo	**10%**
2.3.4.1. Relevãncia de utilização	50%
2.3.4.2. Velocidade	50%
2.3.5. Erros	**25%**
2.3.5.1. Erros de sintaxe e/ou semântica	50%
2.3.5.2. Erros de conteúdo	50%

TABELA 9 – CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO

	Classificação
Não verifica	0
Verifica mas com sérias restrições	20%
Verifica parcialmente	60%
Verifica totalmente	100%

Da mesma forma, a classificação atribuída de acordo com a velocidade de carregamento das páginas obedece às regras definidas na tabela 10

TABELA10- CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO (VELOCIDADE)

	Classificação
Muito lenta	0
Lenta	20%
Aceitável	60%
Rápida	100%

.

Quando se pretende avaliar em função da existência de erros, que estão directamente relacionados com a característica confiança, os critérios de avaliação utilizados estão esquematizados de acordo com a Tabela11.

Este método, além de facultar uma avaliação comparativa de todos os sítios Web em análise, permite igualmente uma avaliação individual. Assim, estabelece-se uma classificação individual decorrente do resultado final, correspondente à

totalidade de todos os parâmetros avaliados que permite aferir da qualidade e adequação do sítio Web (Tabela 12).

TABELA11- CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO (ERROS)

	Classificação
Existem + de 10	0
Existem entre 5 e 10	20%
Existem – de 5	60%
Não existem	100%

TABELA12.CLASSIFICAÇÃO INDIVIDUAL DOS SÍTIOS WEB

Resultado da avaliação	Classificação
<= 50%	Muito fraco. Não satisfaz as exigências do utilizador.
> 50 % e < = 70%	Aceitável. Existem muitos aspectos que devem ser melhorados
> 70%	Bom.

C. Análise e medição da qualidade dos sítios Web

A análise dos sítios Web das entidades públicas que fornecem os services básicos de governo electrónicos decorreu no mês de Novembro de 2010. Os resultados da avaliação foram obtidos manualmente por observação, utilização e execução das tarefas propostas.. Utilizaram-se igualmente ferramentas específicas de validação automática (Tabela 13). Todas as funcionalidades foram utilizadas e testadas.

III. RESULTADOS OBTIDOS

Os resultados foram analisados, quer em termos de cada uma das características consideradas, quer em função da qualidade geral do sítio Web.

Os valores obtidos estão sintetizados na tabela 14.

Como se pode verificar, relativamente à característica **Usabilidade**, o sítio Web da PSP obteve uma classificação abaixo de 50%, considerado o limite mínimo para uma qualidade aceitável. Efectivamente, neste caso, os utilizadores têm grande dificuldade no acesso à informação disponibilizada e sentir-se-ão perdidos, incapazes de encontrar a informação pretendida: páginas extremamente longas associadas a uma

TABELA13. FERRAMENTAS DE VALIDAÇÃO AUTOMÁTICA

Ferramenta	Funcionalidade
Xenu´s http://home.snafu.de/tilman/xenulink.html	Verifica a existência de links partidos nas páginas Web
http://www.octagate.com/service/SiteTimer/ http://websiteoptimization.com/services/analyze/	Mede a velocidade de carregamento das páginas
http://www.sidar.org/hera/index.php.pt?ini=info	Verifica se o sítio Web satisfaz as características de acessibilidade, de acordo com os vários níveis de prioridade, para utilizadores com necessidades especiais
Access keys http://www.accesskeys.org/tools/color-contrast.html	Verifica o contraste entre a cor do fundo e a cor dos restantes elementos constituintes das páginas

TABELA14. RESULTADOS DA AVALIAÇÃO

	Usabilidade	Funcionalidade	Confiança	Eficiência
P. Finanças	65.5%	72.7%	86%	69%
PSP	47,5%	51%	64.3%	55%
P. Cidadão	63%	71,2%	72%	62%
Porbase	58,7%	63.6%	70.5%	60,3%
Seg.. Social	66.3%	69,4%	71%	64,4%
I.R.Notariado	62.4%	79.8%	70,5%	71.5%

estrutura de navegação confusa, sem quaisquer ajudas associadas. Nota-se ainda que, apesar de o texto ser apresentado numa fonte adequada, com parágrafos curtos e ajustados à esquerda, que facilitam a leitura, não tem o tamanho mínimo considerado satisfatório, de acordo com as características dos seniores. Este aspecto poderia ser compensado com a funcionalidade, que não existe, para aumentar texto. Este aspecto agrava-se, já que as fontes são definidas em valores absolutos nas folhas de estilo correspondentes. A cor do texto, o brilho, e o contraste com o fundo também não estão de acordo com os padrões recomendados.

O Portal das Finanças, bem organizado, mas exigindo, por vezes, muitos passos intermédios para a execução das tarefas, apresenta os mesmos problemas relativamente ao tamanho e cor do texto (tamanho, cor, contraste, definição em unidades absolutas).

O Portal do Cidadão é o único sítio Web em análise que apresenta a opção para aumentar o tamanho de texto, embora esta não seja facilmente acessível atendendo à sua localização. Apresenta, para alguma informação, cor do texto e contraste com o fundo da página que não satisfazem as recomendações da Web. Embora sejam fornecidas algumas ajudas aos utilizadores, não está prevista a respectiva versão para impressão.

O sítio Web da Porbase apresenta algumas características que facilitam a interação dos idosos: tamanho, cor e espaçamento do texto. No entanto, o acesso à informação, por vezes, faz-se acedendo a novas janelas (maximizadas) que dificultam a orientação dos seniores.

Relativamente ao sítio Web da Segurança Social, salienta-se a limitação relativa ao tamanho do texto (sem a opção para o aumentar) e a existência, quer de texto que não se identifica como uma hiperligação, quer de hiperligações a partir de imagens que não apresentam textos alternativos. Apresenta, ainda, menus deslizantes que dificultam o acesso à informação. No entanto, este sítio Web apresenta ajudas, com possibilidade de impressao, onde se fazem as descrições das tarefas, passo a passo. Este aspecto é muito importante para facilitar a interacção dos mais velhos.

O sítio do Instituto dos Registos e Notariado apresenta algumas deficiências relativamente ás cores adoptadas (não satisfazem os padrões definidos), mas está bem organizado e fornece muitas ajudas (com versão para impressão) para os utilizadores.No entanto, na estrutura de navegação, existem hiperligações textuais que não se identificam como hiperligações e podem confundir os utilizadores.

Para a característica **Funcionalidade**, na generalidade dos sítios Web, observamos uma melhoria relativamente aos

valores anteriores, não existindo nenhuma situação em que não seja atingido o mínimo considerado aceitável.

A característica **Confiança** é a que apresenta os melhores valores. Com excepção do sítio Web da PSP, todos atingiram classificações com o nível de "Bom". Salienta-se, neste caso, o Portal das Finanças que apresenta o menor número de erros.

Finalmente, para a característica **Eficiência**, salientam-se os sítios Web do Portal das Finanças e do Instituto de Registos e Notariado com o menor nímero de erros de HTML, nomeadamente folhas de estilo, assegurando muitas das exigências de acessibilidade. Em contrapartida, o sítio Web da PSP é o que apresenta mais erros.

Os resultados globais considerando o peso atribuído a cada uma das características estão representados na Fig. 1.

Dos resultados obtidos na avaliação dos sítios Web analisados de acordo com parâmetros definidos em termos da interacção com os utilizadores, em geral, e com particular atenção para os seniores, verifica-se que a característica Confiança é a que está melhor implementada. Por outro lado, para a característica Usabilidade que traduz a facilidade de acesso á informação, em função dos valores obtidos (todos inferiores ao valor considerado correspondente a "bom" – 70%) ainda existem muitos aspectos que podem ser corrigidos e melhorados para permitir aos utilizadores um acesso agradável e eficiente.

Todos os sítios Web em análise obtiveram uma classificação superior a 50% (valor mínimo aceitável).

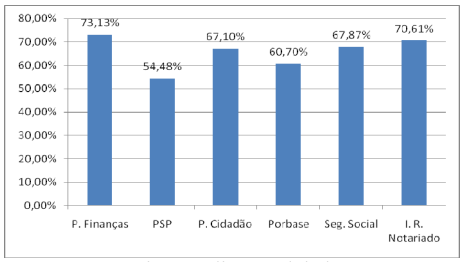


Fig1.Avaliação Global

IV. CONCLUSÕES

Os sítios Web analisados, apesar dos valores satisfatórios obtidos, apresentam, relativamente aos utilizadores seniores, muitas limitações e erros que, em muitos casos, podem ser corrigidos com um desenho adequado do interface. Numa sociedade baseada no conhecimento, com tecnologias que evoluem a um ritmo vertiginoso, é necessário facultar a todos os cidadãos e, em particular aos mais idosos, já que se deparam com mais dificuldades e limitações, a possibilidade de aceder à informação e aos serviços disponibilizados na Web de forma agradável e eficiente, desfrutando, assim, de uma cidadania plena.

Este método permite uma avaliação de vários sítios em simultâneo, mas permite também uma avaliação individual, podendo esta avaliação ser feita considerando apenas cada uma das características em análise.

Este tipo de avaliação deve, com sensíveis vantagens para o resultado final, realizar-se a partir da fase do *design* do interface, acompanhando, desde o início, as necessidades e exigências dos utilizadores.

Principalmente na administração pública é muito importante que as entidades concebam ou reformulem os seus sítios Web de modo a satisfazer os seus utilizadores, independentemente da idade, limitações ou deficiências.

REFERÊNCIAS

[1] SINFIC. "Modernização Administrativa – Interoperabilidade e Segurança". Newsletter SINFIC (40), Novembro 2005.

[2] Chevallerau, F. X.." eGovernment in the Member States of the European Union". 2nd Edition. Bruxelas:IDABC eGovernment Observatory, Comissão Europeia, 2005.

[3] Pinho, J. "Investigando portais de governo eletrônico de Estados no Brasil: muita tecnologia, pouca Democracia". Revista de Administração Pública, . Vol. 42, Nº 3, 2008.

[4] Silva, H., "Governo Eletrônico e Informação Utilitária: uma relação necessária para uma efetiva inclusão digital". Disponível em http://www.portalintercom.org.br/ Acesso em 28 -06-. 2008

[5] Barnett K, Adkins B. "Computers: Community for aging women in Australia". Women and Environments, Vol.50, 2001, pp.23-25.

[6] Cameron, D., Marquis, R., & Webster, B. "Older adults' perceptions, experiences and anxieties with emerging technologies". Australasian Journal on Ageing, Vol.20 , Nº 2, 2001, pp. 50-56.

[7] Foskey, R. "Education, ageing and technology: intersecting networks". Paper presented to Electronic Networks - Building Community 5th Community Networking Conference, 4th July, 2002, Monash University, Melbourne, Vic.

[8] Scott, H . "Seniors in Cyberspace: older people and information", Strategic Ageing Melbourne, Council on the Ageing , 1999.

[9] Swindell, R. "Technology and the over 65s? Get a life". Social Alternatives, *Vol.20*, 2002, pp.17-23

[10] Zajicek, M. "Successful and available: interface design exemplars for older users". Interacting with Computers, Vol. *16*, 2004, pp. 411-430.

[11] Mynatt, E. D. & Rogers, W. A. "Developing technology to support the functional independence of older adults". Ageing International, Vol.27, *Nº* 1, 2002, pp. 24-41.

[12] UMIC. "A sociedade da Informação em 2009", Lisboa: Observatório da Inovação e Conhecimento. UMIC, 2010.

[13] Sayago, S. and Blat, J."Life experience and socialisation in some HCI methods with older people", *ACM-CHINZ'09*, Auckland, New Zealand , July 2009, pp. 124- 126.

[14] Nielsen, J. "*Usability 101: introduction to usability*." <URL:http://www.useit.com/alertbox/20030825.html. Acesso: Dezembro 2008.

[15] Goodman J, Syme A. "Older adults' use of computers: a survey". BCS HCI, Bath, 2003.

[16] Mayhorn, C. Stronge, A. "Older adults, computer training, and the systems approach: a formula for success". Educational Gerontology, Vol. 30, Nº 3, 2004, pp.185-203.

[17] Dickinson, A., Roos , E. "Strategies for teaching older people to use the World Wide Web". Univ Access Inf Soc , Vol. 4, 2005, pp. 3-15.

[18] Purdie, N. & Boulton-Lewis, G. "The learning needs of older adults". Educational Gerontology, Vol. *29*, 2003, pp. 129-149.

[19] Boulton-Lewis, G., Buys, L. & Lovie-Kitchin, J. "Learning and active aging". Educational Gerontology, Vol.*32*, 2006, pp. 271-282.

[20] National Institute on Aging. "Older adults and information technology: A compendium of scientific research and web site accessibility guidelines". Washington, DC: U.S. Government Printing Office, 2002.

[21] Melenhorst, A, Rogers, W. "The use of communication technologies by older adults: exploring the benefits from the user's perspective". Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 45th Annual Meeting. Santa Monica, 2001.

[22] Olsina, L. A. "Metodologia Cuantitativa para la Evaluación y Comparación de la Calidade de sitios web". <URL: http://gidis.ing.unlpam.edu.ar/downloads/pdfs/Web-site_QEM_VF.pdf. Acesso: Janeiro 2006.

[23] Buenadicha, M. , Chamorro, A. "A new web assessment index: Spanish universities analysis". Internet Research: Electronic Networking Applications and Policy, Vol. 11, Nº 3, 2003, pp. 226–234.

[24] F. J. Miranda, R. Cortés, and C. Barriuso, "Quantitative evaluation of e-banking web sites: An empirical study of spanish banks," The Electronic Journal Information Systems Evaluation, Vol. 9, No. 2, 2006, pp. 73–82,.

[25] Winckler, M.A.. Pimenta, M.S; Palanque, P.. Farenc, C.. "Usability Evaluation Methods: What is still missing for the WWW?" .In Proc. of 9th International Conference on Human-Computer Interaction. New Orleans USA .Vol. 5, Nº 10, 2001, pp. 86-98.

[26] J. R. Evans and V. E. King. "Business to business marketing and the world wide web: Planning, managing and assessing web sites". Industrial Marketing Management, Vol.28, 1999, pp.343–358.

Mecanismos de Modelação 3D para Recursos Educativos na Área da Saúde

Miguel Rocha
GILT-ISEP, Graphics Interaction and Learning Technologies
Instituto Superior de Engenharia do Porto
Porto, Portugal
prtmde@gmail.com

João P. Pereira
GECAD-ISEP, Grupo de Investigação em Engenharia do Conhecimento e Apoio à Decisão
Instituto Superior de Engenharia do Porto
Porto, Portugal
jjp@isep.ipp.pt

António Vieira de Castro
GILT-ISEP, Graphics Interaction and Learning Technologies
Instituto Superior de Engenharia do Porto
Porto, Portugal
avc@isep.ipp.pt

Resumo - **Os modelos físicos 3D têm sido utilizados transversalmente como forma de ensino nas mais variadas áreas do saber e têm desempenhado um importante papel na aprendizagem, permitindo inclusivamente, através de simulação de situações práticas, o contacto físico com o objecto de estudo, possibilitando a noção de volumetria, bem como conhecer a posição exacta de cada componente do modelo. Na área da saúde, os modelos digitais 3D podem complementar significativamente os tradicionais modelos físicos, apresentando outras características igualmente importantes e até em certos casos únicas, que devem ser devidamente potenciadas. Nos modelos digitais 3D, a maior dificuldade encontra-se na manipulação da grande quantidade de informação associada à sua representação 3D, na sua difusão via internet onde a largura de banda pode ser crítica e ainda na complexidade da modelação. O presente artigo apresenta um estudo sobre diferentes mecanismos de modelação 3D focalizando a produção de recursos para ensino na área da saúde, com preocupação do anatomicamente correcto.**

Palavras-Chave: 3D Modeling, Computer Graphics, Learning Objects, Health Education.

I. Introdução

É generalizada a utilização de modelos físicos 3D para auxílio no ensino da anatomia, tendo em conta o grau de pormenor e perfeição obtidos, como é o caso do modelo físico do esqueleto e o modelo do corpo humano com diferentes camadas amovíveis que lhe conferem diferentes graus de pormenor. O fabrico de modelos anatómicos, de uma forma geral, requer uma colaboração próxima entre o anatomista ou cirurgião e um escultor ou modelador [1]. No entanto, a mesma evolução tecnológica que abriu caminho aos modelos físicos 3D baseados em material plástico tem também aberto o caminho à elaboração de modelos anatómicos 3D em formato digital, considerados anatomicamente correctos e que, pela sua natureza digital, podem-se encontrar permanentemente disponíveis na internet para uso em aprendizagem.

A. Caracterização do problema

A maior dificuldade na representação de modelos 3D, e em especial na área da saúde, está relacionada com a complexidade da própria estrutura anatómica, que obriga na maioria das situações à modelação de superfícies complexas para a sua representação mais correcta. É fundamental a simplificação e a redução de toda a informação digital da representação de um modelo 3D, sem comprometer a representação anatomicamente correcta, permitindo a sua difusão em redes com pouca largura de banda. Para tal, usam-se técnicas de dizimação que permitem reduzir o número de polígonos de um modelo digital 3D, minimizando as alterações morfológicas.

B. Objectivos

Pretendeu-se com este estudo contribuir com técnicas e estratégias de modelação 3D, foto-realismo e animação, que de uma forma eficiente permitissem a realização na área da saúde de modelos digitais 3D para a obtenção de formas anatomicamente correctas, passíveis de integrar qualquer objecto de aprendizagem (OA). Na busca desses modelos digitais 3D anatomicamente correctos procurou-se realçar a importância do trabalho em equipa, que deverá ser multidisciplinar e composta por um ou mais profissionais quer da área da computação gráfica, quer da área da saúde. Pretendeu-se efectuar a análise e a elaboração de procedimentos que facilitassem a aprendizagem e a formação de especialistas na área da modelação 3D, especialmente na produção de modelos de órgãos ou outros componentes do corpo humano que possam ser considerados anatomicamente correctos.

A definição de uma estratégia de modelação com vista à obtenção de modelos digitais 3D que sejam considerados anatomicamente correctos, foi reforçada pela realização, por parte de um dos autores, de alguns modelos 3D de órgãos humanos em formato digital, usando diferentes abordagens.

A validação final teve como objectivo aferir a importância e viabilidade dos modelos 3D no ensino na área da saúde, através da redução da complexidade digital dos modelos 3D, facilitando o uso pela internet sem perda de qualidade e assim minimizar a utilização de órgãos provenientes de cadáveres humanos ou dos modelos físicos 3D.

II. Os Modelos 3D e o Ensino

Actualmente, com a tecnologia que nos rodeia, os alunos encontram-se particularmente motivados para a aprendizagem baseada em imagem, vídeo e áudio de alta definição, que são facilmente encontrados em jogos interactivos e em ambientes virtuais 3D. A investigação sobre o uso de computadores e de tecnologia no ensino multidisciplinar de ciência, tecnologia, engenharia e matemática, mostra que, quando combinada com as actividades práticas baseadas em investigação e análise reflexiva, a interacção tecnológica é particularmente eficaz para promover o conhecimento, tendo em conta que a tecnologia 3D que pode ser aplicada estabelece a ponte entre os conceitos obtidos na aprendizagem e a sua aplicação no mundo real.

São exemplos de repositórios com modelos digitais 3D no ensino o wisc-online[1], Merlot[2] e o Melor[3].

A. Os Modelos 3D e o Ensino na Área da Saúde

Os modelos digitais 3D aplicados à área da saúde, quando são anatomicamente correctos constituem uma mais-valia considerável para a sua integração em OAs. Na verdade, a percepção de certas características de um órgão ou parte do corpo humano só podem ser bem aprendidas através de um OA quando estas noções lhe estão associadas. No caso de o OA ser digital, a noção de volumetria, textura e forma e ainda a percepção do movimento conseguido pela animação pode ser obtida pela inclusão de modelos digitais 3D, como será o caso de um OA com um modelo digital 3D que represente um coração em corte transversal, com animação produzida de forma a visualizar com foto-realismo o seu comportamento interno enquanto ocorre o fluxo sanguíneo pelo seu interior.

De uma forma geral os modelos digitais 3D na área da saúde, são utilizados dentro de OAs, dos quais se apresentam aqui alguns exemplos relevantes.

1) Caveman

Visa criar mapas visuais de informação sobre doenças que têm um componente genético, como o cancro, a diabetes e o Alzheimer. Usando o CAVE, um ambiente de realidade virtual imersiva, a investigação irá integrar atlas digitais de alta resolução do corpo humano, com dados médicos relativos a doenças específicas. O resultado final será a nova geração de um sistema de visualização 4D (espaço e tempo) para observar processos evolutivos de doença e os efeitos das respectivas intervenções, tais como drogas e outros fármacos [2].

2) VisibleBody

Caracteriza-se por ser um sistema interactivo 3D completo da anatomia do corpo humano, com modelos detalhados de todos os sistemas de corpo, capacidade dinâmica de pesquisa, controlo 3D de fácil utilização e compatibilidade com os navegadores de Web mais populares [3].

3) Primalpictures

Foi criada em 1991 com o objectivo de criar um modelo 3D da anatomia humana, único, completo e medicamente exacto. A partir de 2003, o software de anatomia 3D é já utilizado na área da educação, sendo actualmente utilizado por pacientes, médicos e estudantes em vários países do mundo. [4]

III. Mecanismos de Modelação 3D para Recursos Educativos na Área da Saúde

Na modelação 3D, dependendo do objectivo final e da área de intervenção, podem ser escolhidos vários programas que melhor possam satisfazer a situação concreta. No mercado existem programas que são simultaneamente de modelação, foto-realismo e animação 3D, como o 3D Studio Max[4], Maya[5], Softimage [6] e Blender [7], assim como programas que são predominantemente de modelação 3D, como o caso do Catia[8], Inventor[9], Artcam[10], Powershape[11] e Rhinoceros[12] e ainda programas que são exclusivamente de foto-realismo como o Pov-ray [13]. É também importante usar um programa de tratamento de imagem que possa ajudar na preparação de texturas a utilizar na criação do foto-realismo, como o Photoshop [14], que é uma referência na área, com a particularidade de ser um produto comercial, ou ainda o Gimp[15], que responde bem na grande maioria das situações e tem a particularidade de ser um programa livre ao abrigo da licença GPL.

A. Técnicas de modelação

Os modelos digitais 3D, para manterem uma precisão e perfeição visual aceitáveis, têm de ter um número de polígonos muito elevado, causando um aumento drástico na quantidade de informação necessária à sua representação. Como consequência, pode-se tornar inviável a sua transmissão via internet. É principalmente por esta razão que os modelos 3D

---

[1] http://www.wisc-online.com/Objects/ViewObject.aspx?ID=IAU14008

[2] http://www.merlot.org/merlot/materials.htm?materialType=Simulation&keywords=3d&category=2267&newsearchbutton0.x=0&newsearchbutton0.y=0&newsearchbutton0=Search

[3] http://gilt.isep.ipp.pt:8080/melor/handle/123456789/553

[4] http://usa.autodesk.com/adsk/servlet/pc/index?id=13567410&siteID=123112

[5] http://usa.autodesk.com/adsk/servlet/pc/index?id=13577897&siteID=123112

[6] http://usa.autodesk.com/adsk/servlet/pc/index?id=13571168&siteID=123112

[7] http://www.blender.org/

[8] http://www.3ds.com/products/catia/

[9] http://usa.autodesk.com/adsk/servlet/pc/index?siteID=123112&id=13717655

[10] http://www.artcam.com/

[11] http://www.powershape.com/

[12] http://www.rhino3d.com/

[13] http://www.povray.org/

[14] http://www.adobe.com/products/photoshop/photoshop/?promoid=DTELR

[15] http://www.gimp.org/

encontrados na Web têm qualidade e perfeição visual diminuta, quando comparados com os modelos 3D vocacionados para a produção industrial.

Actualmente existe uma grande variedade de algoritmos baseados em modelos matemáticos para criar e editar os objectos 3D, e que dão origem a técnicas de modelação tais como *Polygonal modeling*, *editable mesh*, *Patch modeling*, *NURBS modeling*, e *Subdivision surface*, que permitem, com abordagens e naturezas distintas, atingir o mesmo objectivo de obtenção do objecto 3D final, procurando cumprir com todos os requisitos inicialmente propostos.

1) Polygonal modeling

Os polígonos são formas geométricas planas com três ou mais arestas rectilíneas e definidos por pontos no espaço tridimensional, que correspondem aos vértices. A região interior do polígono corresponde a uma superfície, a que se dá o nome de face. Os polígonos são modificados pela edição dos seus vértices, arestas e faces.

Um polígono também é simplificadamente designado por face. Quando várias faces se ligam umas às outras, estamos perante uma rede de faces a que se dá o nome de *polygon mesh* (malha poligonal). Os modelos 3D assim criados são baseados nas faces da malha poligonal.

2) Patch modeling

Este tipo de modelação permite criar objectos que se assemelham aos de malha poligonal, mas com a diferença de a curvatura de cada superfície com forma rectangular poder ser livremente controlada, mediante a acção do dispositivo apontador sobre as alavancas definidas em cada vértice das respectivas superfícies. O polígono que corresponde a uma face na modelação poligonal é sempre plano, enquanto o polígono quadrangular que representa uma unidade de superfície na modelação Patch pode ser curvo, ou seja, não reside em nenhum plano. Como consequência, a representação do mesmo objecto com superfície curva pode ser feita com apenas um polígono ou, na pior das hipóteses, com alguns, poucos, polígonos de Patch.

3) NURBS modeling

A expressão *Non-Uniform Rational B-Splines* (NURBS) corresponde a um modelo matemático de representação de geometria 3D que pode descrever com precisão qualquer forma, desde um segmento de recta no plano, um círculo, um arco, até curvas mais complexas, incluindo superfícies ou sólidos com formas orgânicas complexas. Devido ao seu grau de precisão e de flexibilidade, os modelos NURBS podem ser utilizados em qualquer processo de desenho, desde a ilustração, animação até à produção industrial.

A representação de geometria baseada em NURBS tem várias características muito importantes, que a tornam a escolha ideal para a modelação assistida por computador:

- O modelo NURBS permite representar com precisão tanto os objectos com geometria básica como, por exemplo, os segmentos de recta, círculos, elipses, esferas, bem como os objectos com geometria mais complexa, como a forma estrutural de um carro ou como a forma do corpo humano.
- A quantidade de informação necessária para a representação geométrica baseada no modelo NURBS é significativamente inferior aquela que é necessária na modelação poligonal.
- Existem vários ficheiros de transferência baseados em standards industriais que permitem a transferência da geometria NURBS entre sistemas de modelação 3D, sem perda de informação.

Na modelação NURBS não se coloca inicialmente o problema de número de polígonos, porque as superfícies são geradas a partir de equações matemáticas que descrevem essas superfícies graficamente. Para além disso, é possível reproduzir formas muito complexas, que pela modelação poligonal seria muito difícil ou até impossível de obter.

A modelação NURBS foi a técnica escolhida neste trabalho para a obtenção de modelos digitais 3D com a preocupação do anatomicamente correcto.

B. Modelação 3D por vectorização de vistas ortogonais

Enquadrado nesta abordagem foram construídos dois modelos 3D com foto-realismo e animação: a representação do estômago/esófago e a representação externa de um olho com os músculos e o nervo óptico.

1) O modelo 3D do estômago e esófago

Partindo de uma imagem digital com a representação do aparelho digestivo, colocada como fundo na vista frontal do programa Rhinoceros, foram construídas as curvas correspondentes aos contornos e às secções transversais. Este decalque vectorial sobre a imagem deve conter o mínimo número de pontos necessários para ajustar à forma.

Depois de definidos os pontos por onde passa a curva NURBS, a equação associada faz a interpolação da forma da curva entre esses pontos, mantendo sempre uma relação de suavidade. Com as curvas obtidas foi construída a superfície NURBS NetworkSrf, que permitiu obter a forma de uma metade do estômago. O resultado obtido pode ser comparado ao revestimento de uma estrutura de arame com um plástico semelhante ao usado para cobrir os alimentos. Ao esticar o plástico, este, por ser maleável, vai-se conformar à estrutura de arame, embora no intervalo dos arames o plástico tenha uma progressão linear tornando a superfície final algo facetada. Na construção da superfície NURBS, o intervalo entre as curvas vai ser interpolado pela equação associada que pode ser cúbica ou mesmo de grau superior, garantindo sempre uma curvatura suave e por conseguinte uma superfície final também de forma suave.

No caso da modelação do esófago, foi utilizado o comando *Sweep1*, que através da curva axial e das diferentes secções transversais ao longo do esófago permitiu construir a superfície por varrimento dessas secções ao longo do eixo.

Para ligar o esófago ao estômago, foi feita a abertura do estômago cortando e removendo a parte da superfície que não era necessária, e construída uma superfície de ligação através do comando *BlendSrf*, que garantiu a suavidade de transição entre a superfície do esófago e a superfície do estômago.

Com a modelação pronta no Rhinoceros, transferiu-se o modelo para o 3D Studio Max com o objectivo de criar o foto-realismo e a animação (fig. 1).

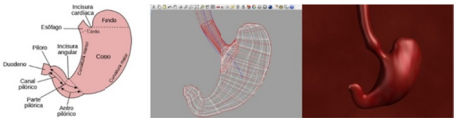


Figura 1. Sequência de modelação 3D do esófago e estômago.

2) O modelo 3D do olho

No caso do modelo 3D do olho (fig. 2), pretendeu-se fazer apenas a sua representação exterior anatómica. Para tal, foram construídas as curvas da forma do globo ocular e dos músculos no programa Rhinoceros, usando uma imagem como fundo contendo a representação lateral do olho. A partir dessas curvas foram modeladas as superfícies representativas da esclerótica do globo ocular, da córnea, da íris e pupila, todas com o comando *Revolve*, do nervo óptico com o comando *Sweep1* e dos músculos recto superior, recto interno, recto externo, recto inferior, oblíquo superior e oblíquo inferior e ainda do músculo elevador da pálpebra superior, todos com o comando *Sweep2*.

Figura 2. Diferentes perspectivas do modelo 3D do olho.

C. A modelação 3D a partir de imagens médicas

Contrariamente à modelação descrita anteriormente, este tipo de modelação 3D é baseado em imagens médicas que são obtidas por método não invasivo a partir do corpo do paciente quando este se sujeita a passar através de uma máquina digitalizadora de tomografia axial computorizada (TAC), ultra-sons ou ressonância magnética (RM). A informação assim obtida permite criar modelos digitais 3D que podem dar origem a modelos considerados anatomicamente correctos. Estas digitalizadoras fazem o varrimento axial do corpo ou de parte do corpo humano obtendo a informação para cada secção transversal que atravessa, guardando num formato de ficheiro de imagens médicas. Os ficheiros assim obtidos têm tanto mais informação quanto mais pequeno é o passo para obtenção da secção transversal no varrimento que é feito durante o movimento axial da digitalizadora, isto é, quanto mais secções transversais forem obtidas na mesma distância percorrida durante o movimento axial. Cada imagem obtida é detentora de muita informação gráfica distribuída por uma área plana correspondente à secção transversal analisada. Esta informação por si só já é fundamental para os actos médicos de diagnóstico, mas se as imagens obtidas no mesmo contexto forem empilhadas, passa a existir toda a informação volumétrica do corpo ou parte do corpo humano, apenas limitada pelo número de secções transversais que forem definidas na digitalização. Neste contexto, existem programas que permitem visualizar, manipular e mesmo obter modelos digitais 3D em formato vectorial.

1) Programas adicionais utilizados

Existem no mercado vários programas, uns comerciais e outros de utilização gratuita, para visualização de imagens médicas. Estes programas permitem essencialmente a sua visualização, conversão e impressão. Exemplos de programas de visualização são o DicomWorks, MicroDicom, Sante Dicom viewer e o OsiriX Dicom Viewer. No entanto, também existem alguns programas com capacidades avançadas de manipulação e edição de imagens médicas. Na sua grande maioria são programas comerciais bastante onerosos, mas há alguns que são de uso livre com excelente qualidade e que resolvem a grande maioria das situações práticas existentes, não só para a visualização das imagens como também para a sua manipulação e exportação em modelo digital 3D, como por exemplo o Invesalius e o Itk-snap.

O MeshLab é um programa de uso livre e de código aberto ao abrigo da licença General Public License, para o processamento e edição de malha poligonal triangular não-estruturada de superfícies. Foi concebido para auxiliar no processamento de modelos oriundos da digitalização 3D. Disponibiliza um conjunto de ferramentas para edição, limpeza, simplificação, restauro, inspecção, foto-realismo e conversão da malha poligonal. Estão disponíveis várias técnicas para a simplificação por dizimação poligonal, contudo aquela que melhor consegue preservar a forma original do objecto é a que se baseia no modelo matemático *quadratic edge collapse decimation* e que corresponde à fusão de dois vértices por remoção da aresta correspondente, reposicionando o novo vértice na posição que menor afastamento introduz, pelo cálculo do erro quadrático, relativamente à sua forma original. Este programa é bastante usado para a simplificação de modelos digitais 3D e foi utilizado neste trabalho, para criar as versões simplificadas dos modelos digitais 3D da orelha e do coração.

2) O modelo digital 3D da orelha

Foi concebido com base na reconstrução anatómica da cabeça de um paciente obtida através das imagens médicas no formato DICOM a partir do programa Invesalius v.1, com a técnica de vectorização por delineação dos contornos das regiões, baseada na diferenciação de pixéis em cada imagem axial, coronal ou sagital. A vectorização, que deu origem a toda a informação de reconstrução anatómica digital 3D, não só capturou a informação anatómica real como também todo o ruído proveniente das estrias entre camadas provenientes da natural falta de informação ocorrida entre cada imagem médica ao longo do eixo da digitalização. Para eliminar o efeito das estrias e das facetas dos polígonos e maximizar a forma anatómica da orelha, foi feita no programa Rhinoceros v.4, a reconstrução da orelha em superfícies NURBS do tipo *NetworkSrf*, *Patch* e *BlendSrf*, a partir das curvas geradas sobre o modelo em malha poligonal vindo do programa de imagens médicas Invesalius. Estas curvas como tem uma natureza suave, vão dar origem a superfícies suaves dando uma grande qualidade superficial ao modelo NURBS e com grande precisão e rigor dimensional, como pode ser visto na sequência de imagens seguintes (fig. 3).

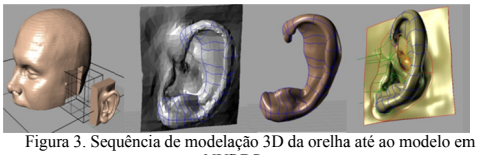


Figura 3. Sequência de modelação 3D da orelha até ao modelo em NURBS.

A construção da orelha em superfícies NURBS apresentou as seguintes vantagens: maior controlo dimensional sobre o modelo 3D, forma orgânica suave das superfícies obtidas, possibilidade de definir continuidade geométrica entre superfícies, maior controlo de modelação porque as superfícies passavam pelos pontos indicados, Maior controlo sobre a reconstrução da forma geométrica, aspecto visual apelativo e a possibilidade de gerar malha poligonal com qualquer resolução.

Após a modelação ter sido concluída, foi necessário estabelecer claramente qual a orientação a dar ao modelo digital 3D como recurso de aprendizagem na área da saúde: modelo digital 3D interactivo para a Web, modelo digital 3D para filme de animação ou molde para modelo físico 3D

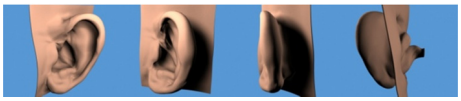


Figura 4. Diferentes perspectivas do modelo 3D da orelha em foto-realismo.

3) Modelo digital 3D do coração

O modelo digital 3D final do coração foi concebido com base na reconstrução anatómica do coração de um paciente, obtida através das imagens médicas no formato DICOM com o programa Itk-snap, utilizando a técnica automática de geração de contornos activos e de propagação dinâmica dos contornos das regiões ao longo das imagens, baseada na diferenciação de pixéis. Esta metodologia é conhecida pela expressão *snake evolution*. O termo *snake* refere-se a uma curva fechada quando vista no plano da imagem ou a uma superfície quando vista em perspectiva no espaço 3D, que representa a segmentação obtida pela propagação dinâmica desta curva ou superfície. Na propagação obtida por este método, a curva fechada evolui a partir de uma estimativa muito grosseira da estrutura anatómica em análise para uma forma muito aproximada dessa estrutura.

A reconstrução do coração foi uma escolha estratégica por ser um órgão interno do corpo humano, pois pretendia-se verificar a viabilidade desta técnica em obter bons resultados ou pelo menos resultados satisfatórios. (fig. 5).

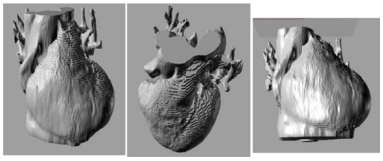


Figura 5. Modelo 3D poligonal do coração oriundo das imagens médicas, evidenciando os defeitos das estrias e dos limites de fronteira mal definidos.

O ruído das estrias é bem visível, mas é também notório o ruído devido a zonas-fronteira menos bem filtradas, como pode ser observado na junção da veia cava superior com a aorta, no excesso de região fronteira na parte inferior do coração e na rede de veias e artérias bastante incompletas.

Este modelo 3D obtido a partir do programa de edição de imagens médicas Itk-snap, não pode ainda ser utilizado como recurso de aprendizagem, sem primeiro ser reconstruído com recurso à modelação 3D. O modelo com 665.856 faces e 332.928 vértices foi importado no Rhinoceros para reconstrução. Com a utilização das superfícies NURBS *Sweep2*, *NetworkSrf*, *Patch* e *BlendSrf*, foram construídas as superfícies do coração utilizando as curvas obtidas do coração original aproximando-as o mais possível à forma real, tal como se pode ver na figura 6.

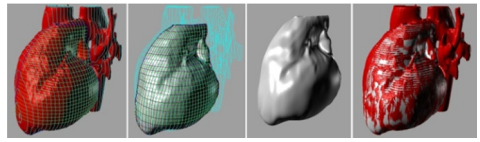


Fig. 6. Reconstrução do modelo 3D do coração em NURBS a partir do modelo 3D poligonal do coração oriundo das imagens médicas

É visível da esquerda para a direita a sequência de operações. Na primeira imagem da sequência vê-se o modelo 3D oriundo das imagens médicas com as curvas de secção já construídas. Na segunda imagem é apresentada a superfície *NetworkSrf* construída a partir das curvas de secção. Na terceira imagem foram escondidos todos os objectos, excepto a superfície *NetworkSrf* em sombreado para realçar a forma e a qualidade superficial obtida. Na quarta e última imagem é apresentada a sobreposição do modelo 3D oriundo das imagens médicas com a superfície NURBS *NetworkSrf* para realçar o elevado grau de ajuste obtido. Para além da construção das superfícies NURBS a partir do modelo obtido pelas imagens médicas, um dos autores fez a reconstrução do arco da aorta e das restantes artérias e veias que ligam directamente ao coração e de algumas do primeiro nível de derivação. Com efeito, o modelo obtido pelas imagens médicas não contém a informação anatómica relativa ao arco da aorta. Para além disso, apresenta excessivo ruído nas regiões de ligação das artérias e veias ao coração. Partindo da informação anatómica existente, que apesar do ruído apresentou informação importante quanto à posição das artérias e veias e à sua forma generalizada, um dos autores fez uma extrapolação desses dados para obter a forma anatómica em falta. Assim, foi possível obter o modelo digital 3D do coração relativamente à sua parte exterior com todo o detalhe. Na imagem é apresentado o foto-realismo do modelo 3D do coração:

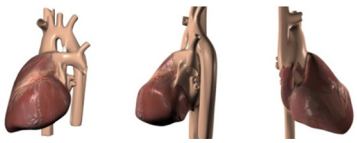


Figura 7. Diferentes perspectivas em foto-realismo do modelo 3D poligonal do coração obtido a partir do modelo 3D em NURBS.

4) Modelo digital 3D interactivo para a Web

O modelo 3D interactivo foi tratado na tecnologia Flash, por programação em ActionScript no Adobe flex, utilizando as bibliotecas de programação PaperVision3D. Assim, antes do

modelo poder ser utilizado de forma interactiva na Web, foi obrigatório diminuir o número de polígonos para este se tornar computacionalmente comportável. Para o efeito foi utilizado o programa MeshLab na dizimação do modelo pelo método *Quadratic Edge Collapse Decimation*, reduzindo (cerca de 93%) para um número de faces aceitável no processamento em tempo real e com perda mínima da forma anatómica.

IV. Resultados e Avaliação

Para que os modelos digitais 3D possam ser difundidos de forma interactiva através da internet, sem comprometer a velocidade de execução, é necessário proceder à sua simplificação. Neste estudo foi feita a simplificação dos modelos digitais 3D, nomeadamente do coração, passando de um modelo inicial com 665.856 polígonos para um modelo final com apenas 2.300 polígonos mantendo a forma e a qualidade superficial (Tabela I).

Tabela I - Simplificação de polígonos minimizando a perda de qualidade superficial

Designação	Densidade poligonal final	NURBS?	Características
Modelo 3D poligonal do coração a partir das imagens médicas.	665.856 polígonos 332.928 vértices	Não	Elevado número de polígonos; Defeitos devido às estrias e às regiões de fronteira mal definidas.
Modelo 3D do coração em superfícies suaves e com rigor dimensional	----------	Sim	Eliminação dos defeitos de estrias e regiões fronteira; grande precisão; ajuste à forma original; excelente qualidade superficial; gera modelos 3D com qualquer número de polígonos.
Modelo 3D poligonal do coração a partir do modelo 3D de superfícies suaves	127.138 polígonos 63.569 vértices	Não	Modelo 3D poligonal sem defeitos de estrias e de regiões de fronteira; Densidade poligonal alta, média ou baixa.
Dizimação poligonal do modelo 3D poligonal anterior	2.300 Polígonos 1.150 vértices	Não	Baixa ou muito baixa densidade poligonal, mantendo a forma e a qualidade superficial. Muito útil para modelos 3D interactivos para difusão por rede internet, onde a largura de banda é crítica.

Após a conclusão dos modelos 3D, estes foram submetidos no repositório Melor. Em quase todos os casos optou-se por um ficheiro de animação em vídeo na norma mpeg2. Num dos casos foi necessário compactar o recurso num ficheiro .zip, por se tratar de um ficheiro executável .exe.

A. Validação do interesse de uso de modelos digitais 3D no ensino da área da saúde

Para conhecer o grau de interesse que os modelos digitais 3D despertam nos profissionais da área da saúde como recursos de aprendizagem, foi elaborado um inquérito *online* e que envolveu a auscultação de um total de 24 pessoas, repartidas pelas áreas da medicina dentária (faculdade de medicina dentária da Universidade do Porto e Universidade Fernando Pessoa), da enfermagem (Hospital S. João), da nutrição/gastrenterologia (Hospital Pedro Hispano) e da terapia da fala (Associação do Porto de Paralisia Cerebral - APPC).

O questionário foi composto por 13 perguntas, todas elas procurando indagar sobre a viabilidade ou importância dos modelos digitais 3D, mas também procurando fazer a comparação e o confronto com os modelos físicos 3D tradicionais. A quase totalidade dos inquiridos considerou ser importante para a sua aprendizagem a utilização de modelos digitais 3D (45,8% considerou utilizar sempre, 50,0% considerou utilizar muitas vezes, 4,2% considerou utilizar às vezes e nenhum dos inquiridos considerou nunca usar). A grande maioria dos inquiridos escolheria aprender a partir dos modelos digitais 3D (nenhum dos inquiridos escolheria utilizar sempre o modelo digital 3D, mas 70,8% escolheria utilizar mais frequentemente o modelo digital 3D anatómico, sendo que 25,0% escolheria utilizar os dois tipos de modelos em igual proporção, 4,2% escolheria utilizar mais o modelo anatómico físico e nenhum dos inquiridos escolheria utilizar só o modelo anatómico físico). Dos inquiridos, nenhum considera que os modelos físicos sejam mais produtivos que os modelos digitais 3D (41,7% consideram ser mais produtiva a aprendizagem através de um modelo digital 3D anatómico, 58,7% consideram ser a produtividade equiparada e nenhum dos inquiridos considera ser mais produtivo a aprendizagem através de um modelo anatómico físico). Quase todos os inquiridos considera os modelos digitais 3D importantes para a aprendizagem, mesmo se menos correctos, desde que contenham uma mensagem pedagógica (41,7% consideram sempre importante, 54,2% consideram que sim, mas se não interferir com a simulação da cirurgia, 4,2% consideram nunca ser importante.

V. Conclusão e Trabalho Futuro

Com a aplicação das técnicas apresentadas conseguiu-se uma simplificação significativa dos modelos 3D, facilitando a sua transmissão via internet e mantendo uma grande fidelidade à forma anatómica. Verificou-se ainda, ao longo do estudo, que os alunos revelam grande interesse e apetência para aprender com modelos digitais 3D. Assim, pretende-se prosseguir este estudo aplicando e aperfeiçoando estas técnicas e identificando outras, para construção destes modelos 3D, com formas progressivamente mais complexas, relacionados com a área da saúde.

A participação, por convite, em projectos nacionais (FCT) e internacionais (CYTED) relacionados com o tema reforça a vontade de continuar a trabalhar sobre o presente estudo.

References

[1] Olry, R.: Wax, Wooden, Ivory, Cardboard, Bronze, Fabric, Plaster, Rubber and Plastic Anatomical Models: Praiseworthy Precursors of Plastinated Specimens [Jornal]. - [s.l.] : Journal of the International Society for Plastination, 2000. - Vols. Vol 15 (1): 30-35 (2000)

[2] Soh Jung Sun Center of Excellence for Visual Genomics - CAVEman 4D Mapping of Genomic and Medical Information [Online] // CAVEman: 4D Mapping of Genomic and Medical Information. - 2005. - http://www.visualgenomics.ca/index.php?option=com_content&task=view&id=111&Itemid=194.

[3] Argosy Publishing Inc. VisibleBody [Online] // Visible Body 3D Human Anatomy. - 2007. - http://www.visiblebody.com.

[4] Primal Pictures lda 3D Human Anatomy Software [Online] // Primal Pictures 3D human anatomy medical software. - 2003. - http://www.primalpictures.com.

Passos para a criação de um repositório temático

O caso do MELOR (Medical Learning Objects Repository)

António Vieira de Castro
GILT, Graphics Interaction and Learning Technologies
Instituto Superior de Engenharia do Porto
Porto, Portugal
avc@isep.ipp.pt

Carlos Vaz de Carvalho
GILT, Graphics Interaction and Learning Technologies
Instituto Superior de Engenharia do Porto
Porto, Portugal
cmc@isep.ipp.pt

Eurico Carrapatoso
Dep. de Eng. Elec. de Computadores
FEUP - Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto
Porto, Portugal
emc@fe.up.pt

***Resumo* – O arquivo de informação e do conhecimento é uma prática comum da humanidade. Desse modo, é preservado o conhecimento e efectuada a sua transmissão às gerações seguintes assegurando a própria subsistência e a evolução da raça humana. Com o advento da informação produzida digitalmente, é necessário assegurar novos mecanismos de preservação e de partilha digital desta nova "sociedade da informação". No que respeita à área da saúde, verificamos que os repositórios existentes são institucionais o que impede a submissão e preservação de conteúdos de profissionais investigadores e alunos independentes, que não façam parte delas. Denota-se ainda que existem nesses repositórios uma grande quantidade de teses, ficando de fora outros recursos multimédia como imagens, vídeos, animações 3D, exames clínicos, estudos de caso entre outros. A criação de um repositório temático não institucional visa contribuir para uma maior disseminação deste tipo de recursos catalogados com metadados a nível global bem como para a preservação digital dos mesmos. O presente estudo apresenta os passos dados para a criação de um repositório temático para a área da saúde.**

Palavras-Chave: ***MELOR, Repository, Dspace, GILT***.

I. INTRODUÇÃO

Desde sempre que o homem arquiva informação no sentido de a fazer chegar aos vindouros para que estes a possam conhecer e aplicar os conhecimentos transmitidos.

Tradicionalmente os "repositórios" de informação aparecem sob as mais variadas formas tendo em comum a particularidade de estar organizados de forma a permitir um acesso rápido a um determinado conteúdo por parte do utilizador.

O "arquivo morto" dos documentos relacionados com a actividade de uma empresa ou uma biblioteca são exemplos de repositórios tradicionais. Com o aparecimento da *internet*, e o advento das novas tecnologias surgem novos meios para produzir recursos digitais e novas formas de os armazenar e distribuir.

Com repositórios digitais, a pesquisa pode simplificar-se ainda mais continuando a sua distribuição a focalizar-se no interesse de quem procura um dado recurso ou informação. Os repositórios digitais são colecções de informação digital aparecendo sob as mais variadas formas e com diferentes propósitos

Segundo Martins [1], os repositórios podem ser colaborativos e com um controlo dos conteúdos e da autoridade dos documentos, tal como as dirigidas para o público em geral.

Outros no entanto são concebidos para promover a literacia e uma aprendizagem responsável, dirigidos a públicos específicos de utilizadores, como por exemplo os estudantes.

O presente documento apresenta um estudo sobre o desenvolvimento e implementação de um repositório temático para a área da saúde denominado MELOR (*Medical Learning Objects Repository*).

II. REPOSITÓRIO DIGITAIS

Existe actualmente uma grande diversidade de repositórios digitais. A questão mais relevante para esta diversidade é a grande variedade de contextos, comunidades, objectivos e práticas ligadas à criação e funcionamento dos mesmos. De sistemas mundiais, cobrindo todos os assuntos, permitindo a qualquer pessoa colocar ou editar informação, a institucionais ou sistemas por assuntos, unicamente para utilizadores autorizados, com procedimentos de aprovação e de controlo de qualidade.

Fernanda Monteiro [2], apresenta de forma resumida uma perspectiva cada vez mais dinâmica da informação no meio digital, favorecida pelo acesso livre a recursos que, dispostos em repositórios, tenham a possibilidade de reunir, divulgar e disponibilizar informações científicas representando assim alternativa aos mecanismos tradicionais de comunicação. Porém, existe um problema ocasionado pelo amplo universo de informação disponível.

Segundo a autora, a dificuldade em organizar a informação coerentemente para facilitar a sua recuperação é evidente pelo que demonstra a necessidade de um modelo que possibilite a aplicação de conceitos compreendidos para uma dada área de conhecimento através de repositórios temáticos de forma a contribuir para a organização da informação.

Afirma ainda que os repositórios são distinguidos em temáticos e institucionais, e apresentam estrutura e características próprias.

Em 2001, Sebastian Uijtdehaage [3] efectua um planeamento do que poderia ser a arquitectura de um sistema

para uma "Livraria Multimédia Digital" para as ciências da saúde.

Na altura, segundo o autor, "*By 2010, curricular materials for students and faculty will be delivered on Websites*" e afirmava que "… *the World Wide Web has already become a ubiquitous vehicle for the delivery of medical courseware. As a result, digital multimedia - including images, videos, and animations—have become indispensable for teaching health sciences*", [3].

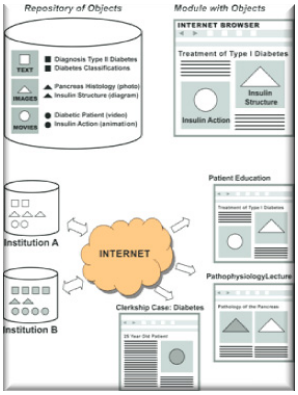


Figura 1.Modelo de Uijtdehaage para um repositório na área da saúde baseado em instituições

No entanto, o autor baseia-se em Instituições como entidades fornecedoras desses recursos.

Pretendemos seguir uma perspectiva diferenciada baseada no indivíduo pelo que avançamos para a criação do repositório temático MELOR.

III. O MELOR

MELOR significa *Medical Learning Objects Repository* e tem como objectivo proporcionar aos profissionais da área da saúde, incluindo docentes, investigadores e alunos a partilha global dos seus conteúdos proporcionando o acesso aos mesmos de forma simples, remota e rápida por outros profissionais, investigadores ou estudantes com interesses similares.

Trata-se de um repositório temático onde todos os profissionais e investigadores da área da saúde poderão colocar os seus recursos ou Objectos de Aprendizagem preservando-os ao longo do tempo e proporcionando um acesso rápido e simples a todos os outros com interesses similares

Estes conteúdos podem deveriam poder ser acedidos por autor, assunto, data ou simplesmente fazendo uma pesquisa livre.

A. Etapas para criação do MELOR

Tendo como propósito a criação de um repositório temático numa área diferente da nossa entendemos enfrentar o desafio seguindo uma abordagem baseada nos passos, (1) Análise, (2) Desenho, (3) Implementação, (4) Teste e (5) Avaliação.

- *A fase de Análise*

Nesta fase foram duas, as nossas principais preocupações.

Por um lado, analisar repositórios existentes no sentido de identificar estruturas interessantes e formas de difusão de informação relacionada com recursos na área da saúde, por outro, analisar que tipos de *software* poderíamos adoptar para montar o nosso repositório.

1 Análise de Repositórios com Recursos para a área da saúde

Seguindo o processo natural de uma investigação, a primeira etapa focalizou a análise e estudo de repositórios existentes no sentido de averiguar se tinham recursos relacionados com a área da saúde e a sua organização, mecanismos de submissão e de distribuição e qual o *software* de suporte.

Neste sentido, sendo o MERLOT[1] um dos repositórios mais conhecidos foi necessariamente um dos analisados nesta fase.

Para além deste, outros como o Repositório da Universidade do Minho e os repositórios da Universidade do Porto foram também observados com o intuito de permitir conceber o MELOR da forma mais adequada.

Nesta fase, analisaram-se ainda repositórios como "O MEDPEDIA" que é um projecto colaborativo lançado em 2009 com propósito criar um acesso *on-line* tipo *wikipedia* mas na área médica em associação com a *Harvard Medical School, Stanford School of Medicine, Berkeley School of Public Health, University of Michigan Medical School,* e *National Health Service* (NHS) bem como por outros contribuintes sob a licença *Creative Commons Attribution-ShareAlike* (CC-BY-SA) do MediaWiki *software*.

A análise do MEDPEDIA[2] foi útil uma vez que a sua estrutura em diferentes comunidades estava coerente pelo que consideramos existir alguma semelhança com a estrutura que planeamos para o MELOR.

Por outro lado, a análise do HEAL[3] (*Health Education Assets Library*) proporcionou-nos uma visualização do tipo de recursos que considerávamos poder distribuir no MELOR.

2 Análise de soluções disponíveis

A escolha de um *software* que possibilitasse a implementação de um repositório foi alvo de uma análise prévia detalhada. Como se pode ver na tabela 1, o Dspace (que acabamos por adoptar) não era o único *software* existente para a criação de repositórios.

Após um período de leituras e análises decidimos que a escolha deveria recair sobre uma aplicação sem custos pelo que a solução a adoptar deveria recair sobre uma aplicação "*open source*". A lista de soluções existentes foi reduzida a quatro opções uma vez que as restantes se encontravam no mercado como soluções comerciais.

[1] Disponível em: http://www.merlot.org/
[2] Disponível em: http://www.medpedia.com/
[3] Disponível em: http://www.healcentral.org/utils/help/faq.jsp

TABELA 1 - PRÉ SELECÇÃO DE *SOFTWARE* OPEN SOURCE O MELOR

Solução	*Tipo*
CONTENTdm, Digital Commons, DigiTool, EQUELLA, IntraLibrary, Open Repository e VITAL	**Comercial**
DSpace, EPrints, Fedora, Zentity	**Gratuita**

A tabela anterior apresenta as soluções inicialmente analisadas e identificadas. Verificou-se que ao nível de metadados, todas as ferramentas *Open Source* disponíveis utilizavam o modelo *Dublin Core*. Neste sentido, a selecção teria que recair sobre outros factores.

Esta foi a fase de olhar à volta e de perceber qual a escolha mais comum entre algumas das Universidades que nos rodeavam. Verificamos que o DSpace era o mais implementado entre nós (U.Porto[4], U. Minho[5], UTAD[6] etc.) e existindo ainda em Portugal a comunidade LusoDspace que poderia apoiar no caso de dúvidas a recolha caiu sobre esta solução.

Decidimos que o MELOR seria baseado em *DSpace* mantendo genericamente a sua forma de preservação e distribuição de conteúdos mas com uma estrutura diferenciada dos repositórios institucionais.

No MELOR, não haveria departamentos (Matemática, Física, Química, Informática, etc.) nem grupos de disciplinas, comuns nos repositórios institucionais.

- *A fase do Desenho*

Conscientes da responsabilidade desta fase, e perante uma área desconhecida como é a área da saúde, o desenho deste repositório obrigou a um estudo prévio sobre a definição da sua organização e a um trabalho colaborativo que envolveu profissionais da área da saúde (docentes, investigadores, médicos), especialistas em redes e especialistas em tecnologias multimédia.

Para os autores, a partilha de conhecimento temático seria uma forma de promover a aprendizagem colaborativa e a responsabilidade social entre todos os seus membros. Iniciou-se um período de trabalho capaz de identificar a macro estrutura do MELOR.

A organização funcional do repositório obrigou a um diálogo permanente entre as questões técnicas e as de conteúdo.

A estrutura actual resulta de debates com docentes e investigadores da área da saúde, no México, no Chile no Uruguay e em Portugal e posteriormente com a Venezuela por vídeo-conferência.

1 A macro estrutura do MELOR

Pretendíamos que a organização do MELOR tivesse uma relação directa com a realidade existente na área da saúde no sentido de proporcionar uma organização temática capaz de proporcionar um acesso rápido à informação e sobretudo que fosse possível a um dado especialista efectuar uma subscrição de temas do seu interesse no sentido de passar a receber automaticamente na sua caixa de correio electrónico, informações sobre novos recursos colocados pelos seus pares sob a forma de um URI.

Concluímos que este repositório de informação temático deveria ser organizado em comunidades. Uma comunidade define-se como é um conjunto de pessoas com interesses mútuos que vivem e convivem, ou não, no mesmo local e se organizam dentro dum conjunto de normas. Pode, também, ser entendida como um conjunto de pessoas que se relacionam virtualmente.

No caso da área da saúde por exemplo temos a comunidade MEDICINA (uma comunidade de topo, *Top Level Comunity*) à qual pertencem todos os elementos que exercem funções clínicas relacionadas com a área, i.é. os médicos.

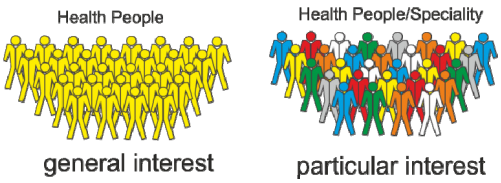


Figura 2 - Exemplo de comunidade de médicos no MELOR

No entanto, dentro dessa comunidade "*Top Level*" verifica-se a existência de interesses mais comuns entre determinado membros que a constituem (muitas vezes relacionado com a sua especialidade).

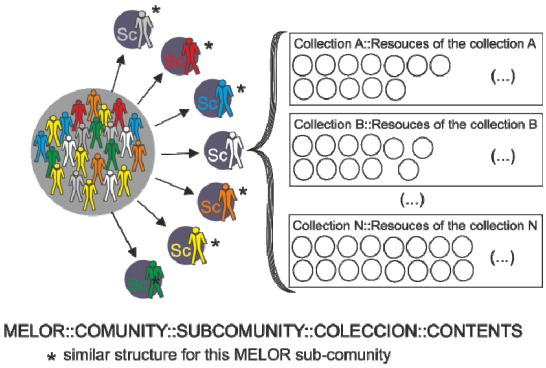


Figura 3 – Macro estrutura do MELOR

A existência destas especialidades distintas aproxima os interesses dos seus membros como por exemplos os grupo dos Pediatras ou dos Oftalmologistas.

Surge então necessidade de dividir a comunidade "*Top Level*" em Sub-Comunidades de interesse mais particular.

Por sua vez, cada Sub-Comunidade é dividida em Colecções e dentro das Colecções, teremos os recursos (conteúdos) relacionados com a mesma. Uma colecção pode

[4] http://repositorio.up.pt/
[5] http://repositorium.sdum.uminho.pt/
[6] https://repositorio.utad.pt/

ser um conjunto de fotos, de artigos, de teses de vídeos, de objectos de aprendizagem ou do que se entender importante.

- *A fase de Implementação*

Esta etapa foi subdividida em duas fases. A Instalação do Dspace no servidor e a desenho de políticas de *Workflow*.

1 A instalação em servidor

O DSpace foi desenvolvido em Java e é suportado por um conjunto de ferramentas também Open Source, tais como, o *PostgreSQL*, o *Tomcat* e o *Lucene* (motor de pesquisa)[4].

Um utilizador experiente poderá instalá-lo sem grandes problemas. A cooperação nesta etapa foi importante uma vez que na prática o processo foi mais demorado do que o inicialmente previsto pelo aparecimento de erros onde a falta de informação obrigou a atrasos.

2 Implementação da "Macro-Estrutura" MELOR

Para tornar mais simples o acesso ao MELOR uniformizando-o com repositórios existentes baseados em DSpace, optou-se por manter o menu original de navegação base.

Figura 4 – Implementação em Dspace da Macro Estrutura do MELOR

Foi instalado em http://gilt.isep.ipp.pt/melor e tem actualmente (fase beta) 5 grandes comunidades:

1. Ciências Básicas de Saúde - Para conteúdos de formação essencial e comum à formação de profissionais da área da saúde.
2. Ciências Clínicas (Medicina) – Para recursos resultantes de prática clínica dentro da área médica em meio hospitalar ou em clínicas.
3. Enfermagem - Sendo a enfermagem uma área com práticas distintas da Medicina criou-se esta comunidade pata colocação de recursos resultantes da prática de enfermagem em meio hospitalar ou em clínicas privadas.
4. Odontologia (Medicina Dentária) - Optou-se por diferencia-la uma vez que ela é uma área de trabalho diferenciada da prática clínica comum.
5. Área de Alunos - Foi decidido criar esta área para proporcionar a subida de recursos produzidos pelos alunos.

Por sua vez, as sub-comunidades encontram-se divididas em 8 colecções: *Case Studies, Journal, Learning Objects, Papers, Photos, Presentations, Thesis* e Videos, podendo a estrutura adaptar-se a novas realidades.

3 Desenho de políticas de submissão e Workflow

Sendo o MELOR um repositório baseado em pessoas, a submissão de recursos está disponível apenas para membros registados sendo por isso necessário efectuar previamente um registo. Após esta etapa, é necessário definir um conjunto de políticas conducentes à definição de autorizações e procedimentos de validação.

Trata-se de uma etapa demorada onde é necessário sistematizar com grande pormenor as permissões e processos associados a cada submissão. As políticas podem ser definidas ao nível de uma comunidade, uma sub-comunidade, uma colecção ou até ao nível do recurso.

O MELOR aceita uma vasta gama de materiais digitais, incluindo ficheiros de texto, imagem, vídeo e áudio, o que possibilita custodiar os mais variados tipos de conteúdos, tais como, livros, artigos, relatórios técnicos, *working papers*, artigos de conferências, e-teses, etc.), aceita ainda programas de computador, modelos e simulações visuais.

Como forma de se adaptar às necessidades específicas parametrizou-se o MELOR com um conjunto de *workflows* "à medida", e definiram-se regras de utilização e formatos digitais suportados. Actualmente o MELOR aceita 44 tipos de formatos distintos, podendo crescer. O DSpace, desenvolvido pela MIT e HP foi desenvolvido tendo em conta parâmetros apertados de segurança protegendo o MELOR contra injecção de código malicioso.

Assim, o processo de *workflow* de submissão de documentos é constituído pela seguinte sequência: depois de a colecção receber um pedido de submissão é examinado o passo 1 do *workflow* da colecção. Se o utilizador estiver associado um grupo ao passo 1, o grupo é notificado e o passo 1 é invocado. Senão, o passo 1 é saltado, passando a ser examinado o passo 2, que também só é invocado se a ele estiver associado um grupo e, por fim, acontecerá o mesmo com o passo 3. Quando um passo é invocado, as tarefas correspondentes a esse passo são colocadas na *pool* de tarefas do grupo respectivo. Cada membro desse grupo pode então aceitar essa tarefa, sendo esta removida da *pool*, para evitar que outro elemento do grupo a aceite.

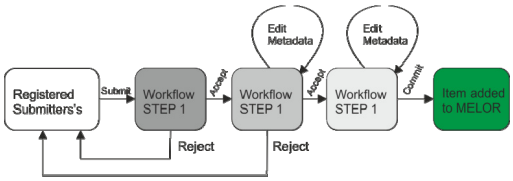


Figura 5 - Diagrama de *WORKFLOW* geral de aceitação no MELOR

Conforme o passo do *workflow* invocado, a pessoa que aceitou a tarefa tem as seguintes acções para executar:

Passo 1: Aceitar a submissão (para incluir no repositório) ou rejeitá-la.

Passo 2: Pode editar os metadados fornecidos pelo autor durante submissão, aceitar a submissão ou rejeitá-la.

Passo 3: Não pode rejeitar a submissão, tem que aceita-la, mas antes pode editar os metadados fornecidos pelo autor.

Se um moderador rejeita um item, a razão invocada pode ser enviada por e-mail à pessoa que efectuou o depósito. A pessoa que pretende depositar um item pode, a partir da sua página pessoal "*My* MELOR", retomar o depósito do item, fazer as alterações necessárias ou aconselhadas e voltar a submeter o mesmo, o que dará início a um novo *workflow*.

4 *Definição de estratégias para preservação digital*

O MELOR recorre a variadas técnicas "*disaster recovery*" com o objectivo de garantir a segurança dos documentos digitais submetidos a depósito. Algumas destas técnicas consistem na realização de cópias de segurança, "*mirroring*" e actualização do suporte físico (i.e., a migrar de um suporte físico obsoleto para outro mais actual).

Para além disso, a cada item é atribuído um identificador persistente de forma a assegurar a sua recuperação na ocorrência duma deslocação dos dados.

Os administradores de cada comunidade têm a possibilidade de limitar o acesso aos conteúdos, quer ao nível do item submetido, quer ao nível da colecção.

5 *Implementação de políticas de controlo de qualidade*

Perante o aparecimento de novos ambientes de aprendizagem, construídos a partir das tecnologias digitais, a necessidade de promover a qualidade dos recursos para suporte a aprendizagem a distância, formal e informal, apresenta-se como um dos grandes desafios que as bibliotecas escolares têm de enfrentar.

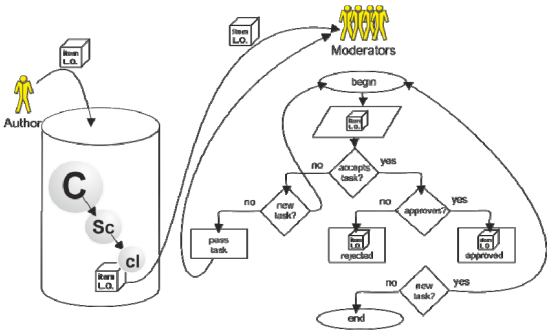


Figura 6. A figura apresenta o processo de validação de recursos no MELOR. Apenas após a aprovação pelos MODERADORES o recurso fica de facto disponível para consulta.

Após clicar em "*Take Task*" o moderador (um especialista da área a quem compete assegurar a garantia da qualidade dos conteúdos depositados) é convidado a assumir uma das seguintes 4 opções:

"Aprovar", "Rejeitar", "Fazer mais tarde" ou "Retornar à lista de tarefas.

Após a aprovação do recurso é-lhe atribuído um identificador único (URI), efectuado um agradecimento pela revisão e notificados os autores do mesmo. O MELOR usa por defeito o *CNRI Handle System*[7] para criar estes identificadores. O seguinte identificador aponta inequivocamente para o recurso:

http://gilt.isep.ipp.pt:8080/melor/handle/123456789/501

- *A fase deTestes*

Iniciamos esta fase com o intuito de avaliar o processo e testar a fiabilidade do servidor.

Durante a fase de testes, foram submetidos inúmeros recursos com diferentes níveis de granularidade de diferentes tamanhos e com diferentes formatos.

Foi possível identificar a existência de alguns constrangimentos relacionados com as velocidades de *upload* e *download* dos recursos relacionadas com o tamanho dos mesmos e as velocidades dos locais de submissão.

Num caso extremo, um *Learning Object* com cerca de 50 Mb demoraria cerca de 20 horas para baixar o que leva a uma reflexão sobre o tamanho excessivo deste tipo de recursos, sugerindo-se que sejam divididos em partes mais pequenas para facilitar o acesso aos mesmos.

Durante esta fase foi possível identificar outros problemas estruturais. Detectaram-se alguns constrangimentos por motivos diferenciados:

a) *Definição de políticas de submissão*
b) *Atribuição a grupos de moderação sem moderadores*
c) *Problemas na submissão de alguns tipos de formatos*

Aparentemente, para um utilizador registado e com permissões para submeter recursos numa dada sub-comunidade ou colecção o processo revelou-se relativamente simples. No entanto, um problema comum foi o facto de o utilizador não ter permissões para subir o seu recurso por não lhe terem sido dados privilégios para tal.

Consideramos ter resolvido esses problemas pontuais sendo que, com uso contínuo do MELOR outros possam advir.

Verificamos a falta de à vontade e de experiência das pessoas da área da saúde manipularem este tipo de aplicações, pelo que decidimos avançar com a produção de um "Manual Interactivo" sobre o MELOR.

A construção do manual teve como objectivo apresentar ao utilizador o repositório criado e dar-lhe indicações sobre o seu uso nomeadamente sobre o processo de submissão.

[7] Mais informações em: *CNRI Handle System*

Figura 7. Manual interactivo sobre o MELOR

Ao longo do manual que se desfolha como se de um livro real se tratasse, o utilizador pode ver vídeos de apresentação, fazer *scrool* sobre informações diversas e assistir a apresentações sobre alguns dos procedimentos mais importantes.

- *A fase de avaliação*

Seguiu-se a fase de avaliação tendo sido solicitados a alguns docentes na área da saúde que convidassem os seus alunos a utilizar o MELOR.

Problemas de velocidade (de *upload* ou de *download*) levam a reflectir sobre a dimensão dos recursos a colocar no MELOR uma vez que podem tornar-se factores desmotivadores para o seu uso sobretudo para quem ainda trabalha com velocidades baixas.

Avaliado por docentes e investigadores após a sua apresentação na Faculdade de Medicina da Universidade Austral do Chile, o MELOR foi escolhido como repositório oficial da mesma.

Figura 8 Adopção do MELOR pela Fac. De Medicina da UACh no Chile (esq.) e aspecto da pesquisa usando o Google.

Analisamos ainda a eficácia dos metadados dos recursos colocados no MELOR em motores de busca como o *Google* onde constatamos a consistência dos mesmos verificando que proporcionam um acesso rápido ao conteúdo pesquisado existindo um constrangimento linguístico pela confusão com "melhor" no caso da língua portuguesa.

Resultados em números

O MELOR conta actualmente com 59 autores com publicações registadas.

Segundo o *Google Analytics*, actualmente o MELOR já foi visto em 25 países tendo 343 visitantes exclusivos absolutos.

A tabela seguinte apresenta os 6 primeiros lugares e a respectiva percentagem de acesso.

TABELA 2 – RANKING DOS 6 PAÍSES COM MAIS ACESSOS AO MELOR

	Portugal	62.06%
	Brasil	14,23%
	México	5,98%
	Chile	5,15%
	Colômbia	2,17%
	U.S.A	1,86%

As línguas mais utilizadas para aceder ao MELOR são portuguesa, espanhola e inglesa.

O que leva a reflectir sobre a inclusão de metadados nestas três línguas.

IV. CONCLUSÕES

Para além de contribuir para o arquivo e preservação de recursos digitais relacionados com o ensino-aprendizagem e investigação na área da saúde o objectivo do MELOR é transformar-se num repositório temático de referência onde os seus profissionais, estudantes e investigadores com interesses similares possam partilhar globalmente os seus recursos.

Os recursos colocados no MELOR são catalogados mediante o padrão DCMI pelo que podem ser acedidos facilmente por um motor de busca como o *Google*.

Paralelamente, os seus membros podem subscrever colecções do seu interesse passando a receber confortavelmente na sua caixa de correio informações sobre os novos recursos colocados pelos seus pares.

O MELOR enquanto repositório temático para a área da saúde baseado em pessoas apresenta uma estrutura baseada em controlo de qualidade de recursos dando confiança aos seus utilizadores.

Os recursos colocados no MELOR podem ser facilmente incorporados em LMS's ou baixados para consulta no computador pessoal do utilizador.

Cremos ter contribuído para uma melhor distribuição de conteúdos temáticos na área da saúde, para a sua preservação, para a reutilização desses conteúdos e para uma maior projecção dos autores e dos seus trabalhos.

Consideramos que o aparecimento de um repositório temático nesta área pode ser um passo em frente para a promoção e partilha de conhecimento envolvendo profissionais que não estejam directamente relacionados com instituições que disponham de repositórios.

REFERENCES

[1] Ana Bela Martins: Repositórios de informação e ambientes de aprendizagem: Criação de espaços virtuais para a promoção da literacia e da responsabilidade social. Gabinete da Rede de Bibliotecas Escolares, Universidade do Minho (2009)

[2] Sebastian Uijtdehaage, Chris Candler, Sharon Dennis: "Supporting health sciences education with IMS-based multimedia repository", UCLA School of Medicine, 60-051 CHS, Los Angeles, CA 90095, 310/794-9009, (2001)

[3] Fernanda Monteiro, "VIII CINFORM : ORGANIZAÇÃO DA INFORMAÇÃO EM REPOSITÓRIOS TEMÁTICOS: O USO DA MODELAGEM CONCEITUAL", Salvador, Bahia, Brasil, (2007)

[4] Fernando Modesto, "DSPACE NA BIBLIOTECA PARA AMPLIAR OS SERVIÇOS DE INFORMAÇÃO", Info-home, 2005

Realidade Aumentada Aplicada ao Processo de Ensino/Aprendizagem

Estudo de Caso

Paulo Magalhães, António Castro, Carlos Vaz Carvalho
GILT (Graphics, Interaction and Learning Technologies)
Instituto Superior de Engenharia do Porto
Porto, Portugal
pst@isep.ipp.pt, avc@isep.ipp.pt, cvc@isep.ipp.pt

Resumo—**Nas últimas décadas temos assistido a um avanço tecnológico a todos os níveis mas com particular incidência ao nível do *hardware* e dos dispositivos móveis. A quantidade de informação (digital) disponível no meio envolvente aumentou de forma exponencial exigindo uma resposta tecnológica com o intuito de melhorar/facilitar o seu acesso e assimilação. É aqui que surge o conceito de Realidade Aumentada a funcionar como uma ponte de ligação entre o real e o digital convidando a novos modelos de interacção com o utilizador. A sua incorporação visa essencialmente tornar os sistemas mais usáveis diminuindo a carga cognitiva inerente à sua utilização. O problema identificado neste trabalho procura investigar se a integração de técnicas de Realidade Aumentada combinadas com técnicas multimédia e outros materiais convencionais podem contribuir para uma maior motivação e percepção cooperando para a construção de conhecimento.**

Palavras-chave; Objectos de Aprendizagem; Interacção Pessoa-Máquina; Realidade Aumentada; Usabilidade; Saúde;

I. INTRODUÇÃO

Antes do advento da computação as pessoas utilizavam interfaces mais naturais no seu quotidiano usando, essencialmente, os seus sentidos.

Os computadores trouxeram um novo processo, mais sofisticado, de interagir com as aplicações, mas esse processo de interacção não é natural porque recorre a associações simbólicas abstractas e, como tal, exige formação adequada.

Durante décadas foram as pessoas que tiveram de se adaptar às máquinas apesar destas se encontrarem ao seu serviço.

A evolução tecnológica ao nível do *hardware*, *software* e telecomunicações fez, aparecer outro tipo de interfaces recorrendo ao uso da voz ou do tacto, dando aos utilizadores a possibilidade de aceder às aplicações como se estivessem a interagir com o mundo real, falando, caminhando ou fazendo gestos.

É neste contexto que emergem conceitos como Realidade Virtual (RV) [1] e Realidade Aumentada (RA) [2] por se tratarem de interacções computacionais avançadas que não estando, ainda, implantadas de forma expressiva na sociedade começam a adquirir uma importância significativa.

Estas tecnologias apresentam-se como uma nova geração de interfaces pois recorrem a representações tridimensionais mais próximas da realidade do utilizador que ultrapassa a barreira do ecrã e permite interacções mais naturais [3].

A RA começa a provocar um impacto significativo na indústria e na sociedade estando referenciada como uma das mais importantes tecnologias estratégicas para o futuro.

Este trabalho enquadra-se numa perspectiva de inovação, abrindo caminho a novos métodos e ferramentas de ensino, no sentido de identificar se os limites da realidade podem ser suplantados pela adição de novos elementos (gerados por computador) que coexistam no mesmo espaço/tempo.

Trata-se de um campo extremamente multidisciplinar, agregando a visão por computador, computação gráfica, interfaces com o utilizador, factores humanos, computação móvel, redes de computadores, dispositivos de visualização e códigos visuais, apenas para nomear alguns dos aspectos mais influentes.

O presente artigo pretende abordar e explorar a sua aplicação no ensino, com a introdução de um novo conceito de aplicações didácticas incorporando a imersão e a mobilidade inerentes à Realidade Aumentada. A sua integração com as demais tecnologias permitirá a construção de novos serviços multimédia, a composição de novos cenários de aprendizagem, e consequentemente conferir uma maior interactividade entre o utilizador e o sistema.

Na primeiro capítulo deste artigo é efectuado um levantamento da evolução e uso de novas tecnologias no processo ensino-aprendizagem e é contextualizado o problema que serviu de mote à realização do presente trabalho.

O segundo capítulo introduz o enquadramento teórico no qual o trabalho se insere abordando conceitos base relacionados com a tecnologia em análise e as suas áreas de aplicação.

No terceiro capítulo são caracterizados os códigos visuais como forma de associar os objectos físicos a representações do mundo virtual.

No quarto capítulo é apresentado e descrito o trabalho realizado no estudo, desde a conceptualização ao desenvolvimento aplicacional funcionando como prova de conceito.

O quinto capítulo apresenta a recolha e análise de dados provenientes da aplicação do estudo de caso a uma amostra diversificada da população.

O sexto e último capítulo apresenta as conclusões resultantes do presente estudo referindo simultaneamente, considerações e indicações sobre trabalho futuro.

II. REALIDADE AUMENTADA

A. Conceitos e Fundamentos

Inicialmente integrada na Realidade Virtual a Realidade Aumentada foi "separada" desta sendo hoje considerada uma área de investigação independente. Não se trata de uma Realidade Virtual mas sim de uma variação desta uma vez que permite ao utilizador "ver" o mundo real com objectos virtuais sobrepostos ou combinados.

Não emerge completamente o utilizador dentro de um mundo virtual, onde este perde o contacto com o que existe à sua volta, mas adiciona elementos virtuais à sua realidade. Trata-se de um suplemento da realidade mas não de uma substituição desta.

A investigação em Realidade Aumentada tem como objectivo desenvolver novos paradigmas de interacção pessoa--máquina com especial incidência na utilização de dispositivos móveis. Ao contrário de apresentar a informação em ecrãs separados, o objectivo é mostrá-la no mundo real.

A Realidade Aumentada esbate desta forma a separação entre mundo real e a interface do utilizador, transformando-o num só de forma natural, permitindo a criação de novas formas de interacção mais simples e usáveis.

TABELA I. COMPARAÇÃO RA / RV

Realidade Aumentada	Realidade Virtual
• Enriquece o mundo real com objectos virtuais	• É totalmente gerada por computador
• O utilizador manteém o sentido de presença no mundo real	• A sensação visual é controlada pelo sistema
• Necessita de um mecanismo para combinar o real e o virtual	• Necessita de um mecanismo para integrar o utilizador no mundo virtual

O processamento em Realidade Aumentada envolve três fases:

- Reconhecimento: O objectivo deste processo é determinar o padrão que está a ser captado pela câmara e calcular a posição original da câmara. É aconselhável que o padrão não se desloque durante este período. Os pontos de referência usados neste reconhecimento são os cantos do padrão – estes são facilmente determinados em função da moldura existente.
- Alinhamento: Os objectos do mundo real e do mundo virtual devem estar alinhados, caso contrário, a ilusão de coexistência dos dois mundos sairá comprometida. Umas aplicações exigem um alinhamento mais preciso que outras. Em qualquer dos casos a RA exige alinhamentos muito mais precisos do que a RV [2].
- Seguimento: O objectivo deste processo é seguir o marcador com precisão. Uma boa precisão é considerada caso se obtenha 1mm e uma pequena fracção de grau [2]. Pode ser obtido através de acelerómetros, sensores magnéticos, sensores de imagem (como no caso proposto). Sempre que o seguimento falhar é necessário voltar a iniciar a fase de reconhecimento.

B. Realidade Aumentada e o Ensino

A RA possibilita diversos tipos de aplicações em diversas áreas e o Ensino não é excepção. Na área educativa esta tecnologia pode ser explorada com o objectivo de auxiliar a aprendizagem praticamente em qualquer disciplina de qualquer nível académico.

O interesse dos alunos é despertado com muita facilidade uma vez que eles estão num ambiente real a visualizar objectos virtuais relacionados com o âmbito do seu estudo. O ambiente educativo torna-se, assim, muito mais atractivo e motivador.

A utilização (principalmente da RV) com fins educativos tem merecido destaque nos últimos anos e tem sido avaliada de forma intensiva. Os resultados mostram ganhos, em termos de aprendizagem superiores a outras formas de interacção que visam a educação apoiada por computador. Acresce a isto o facto da tendência da aprendizagem como tecnologia apontar para as teorias de ensino construtivistas, em que o conhecimento não é transmitido, mas sim construído pelo estudante. A construção do conhecimento parte de um processo activo assente em actividades cognitivas experimentadas na 1ª pessoa.

A RA, entre outras (novas tecnologias como a Inteligência Artificial) permite a interactividade, a participação, a intervenção, a bidirecionalidade e a multidisciplinaridade em ambientes educativos.

A criação de um ambiente artificial para a aprendizagem pode ser um importante aliado para a forma apropriada à aquisição do conhecimento [4]. Para essa finalidade, a RA apresenta-se como uma alternativa tecnológica com grande potencial, principalmente devido às suas técnicas de interacção, em que o aluno pode interagir com o ambiente e ter respostas conforme a decisão tomada, e também pelo seu poder ilustrativo, em que o ambiente é apresentado da forma mais natural e intuitiva possível.

Se considerarmos a aprendizagem como um processo de descoberta, de observação, de exploração, de construção do conhecimento e que alguns assuntos são de difícil compreensão por não ser possível presenciar o processo da forma que o mesmo acontece. Especialmente nestes casos, torna-se evidente que recursos como a RA constituem mais-valias que permitem ao aluno conhecer algo abstracto e perceber a sua ligação com o real.

III. CÓDIGOS VISUAIS

Uma das características inerentes à computação ubíqua é o desvanecer da fronteira entre elementos físicos e elementos virtuais, para que a transição entre ambos possa ser efectuada de forma simples e natural. Nesse contexto de fusão físico-virtual, a interacção com o "computador" é transferida para o

Figura 1. Exemplos de códigos visuais

ambiente que rodeia a pessoa. A manipulação de objectos físicos tem consequências no mundo virtual e, de forma idêntica, os eventos no mundo virtual têm repercussões, ou efeitos, em objectos do mundo físico.

Advém desta abordagem, a necessidade de associar os objectos físicos a representações no mundo virtual e formas de efectuar determinada "operação" sobre esse mesmo objecto [5] [6].

Os códigos visuais (ou marcadores como os apresentados na figura 1) afirmam-se como uma das tecnologias que permite suportar esse tipo de interacções, servindo de fronteira entre ambos os mundos. Um código visual é uma pequena marca embebida num ambiente físico que, quando fotografada e interpretada, utilizando por exemplo, um telemóvel, permite abrir uma porta para um determinado serviço do mundo virtual.

Os códigos visuais (ou *tags* como são vulgarmente conhecidos) são normalmente representações em 2D, de formas, figuras geométricas e padrões de cores, para um limitado conjunto de informação.

Desta forma, permitem a sua posterior leitura e interpretação, através de algoritmos de reconhecimento concebidos para dispositivos que não exigem grandes capacidades de computação e de resolução de imagem [7].

Estes códigos visuais, como os apresentados na figura 1, são considerados uma evolução dos tradicionais códigos de barras utilizados para identificar produtos, que apresentam maiores limitações na sua capacidade de codificação de dados e, consequentemente, nas suas possíveis aplicações.

O facto de estes códigos não necessitarem de um equipamento especificamente concebido para a sua leitura, como acontece com os códigos de barras, permite uma utilização mais vasta e disseminada podendo a sua descodificação ser efectuada por qualquer dispositivo com câmara incorporada.

IV. Desenvolvimento de um Objecto de Aprendizagem com RA

As aplicações multimédia ao integrarem diferentes *media* na representação da informação, captam a atenção dos sentidos do utilizador e, ao exigirem interacção física e intelectual do sujeito, tornam-se apelativas para o público-alvo [8].

O acesso a qualquer tecnologia inovadora, que se pretende massificada, deve ser o mais universal possível por forma a evitar que seja acedida apenas por alguns grupos de indivíduos mais propensos à inovação.

Para incorporar a RA no estudo de caso proposto foi necessário escolher uma plataforma que permitisse, por um lado, um desenvolvimento adequado às necessidades da aplicação e, por outro, que esse desenvolvimento resultasse numa distribuição simples e acessível ao maior número possível de pessoas dispensando instalações e configurações acrescidas.

De entre todas as plataformas disponíveis, a escolha recaiu no *FLARToolkit*, um conjunto de ferramentas e bibliotecas para Realidade Aumentada em código aberto sob a licença GPL.

Ao contrário de outras adaptações do *ARToolKit* (como o *OSGART* e o *OGREAR*), o *FLARToolkit* não renderiza nativamente objectos tridimensionais, para tal recorre a motores 3D externos como o *Papervision3D*, *Away3D*, *Sandy* ou *Alternativa3D*.

Basicamente o *FLARToolkit* limita-se a detectar o marcador a partir de uma imagem de entrada, calcular a posição da câmara no espaço tridimensional e com apoio de bibliotecas auxiliares apresentar a síntese dos gráficos 2D ou 3D.

O RA2[1] (Realidade Aumentada – Anatomia), como foi designado o modelo desenvolvido, é executado a partir do *browser* como qualquer outra página de Internet necessitando apenas da existência de uma *webcam* para que a experiência seja total.

O modelo foi programado e testado no sentido de garantir que o seu funcionamento se mantenha coerente e eficaz independentemente do sistema operativo ou *browser* utilizado.

Não obstante, a utilização local e disseminação noutros formatos (CD, DVD) não foi esquecida sendo também possível, bem como a sua colocação num repositório.

O conceito por detrás do desenvolvimento deste protótipo foi o de tentar que o utilizador se sinta envolvido na exploração do seu conteúdo.

Do ponto de vista das teorias de aprendizagem poder-se-á designar esta solução de inspiração construtivista uma vez que dá liberdade ao utilizador de percorrer livremente os módulos da aplicação para que este possa construir o conhecimento ao seu ritmo e de acordo com os seus interesses.

A solução desenvolvida é constituída por três módulos relacionados entre si: um puzzle anatómico interactivo, um questionário de conhecimento e experiências de Realidade Aumentada.

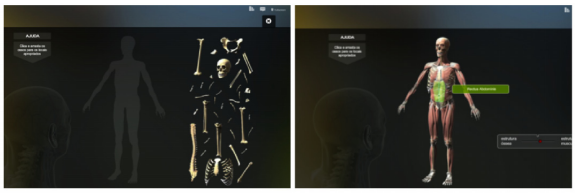


Figura 2. Interacções da aplicação com o utilizador (jogo anatómico).

[1] Disponível em http://www.fipp.ipp.pt/pmag/

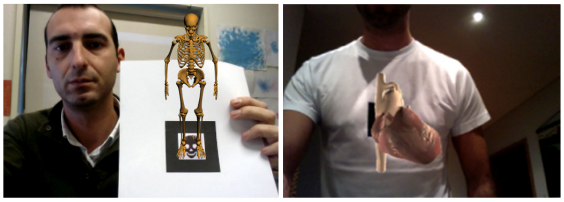


Figura 3. Apresentação de elementos anatómicos em Realidade Aumentada.

A. *O Modelo RA2*

Uma das experiências desenvolvidas neste modelo consiste num puzzle de anatomia (figura 2) em que o utilizador é confrontado com o desafio de organizar de forma correcta os ossos que compõem o corpo humano.

Para tal é fornecida ao utilizador uma silhueta de suporte onde deverá colocar os ossos na posição devida. É também fornecido um índice visual quando o utilizador coloca o cursor sobre qualquer osso indicando a sua designação.

Caso o osso movimentado seja colocado no local apropriado este mantém a sua posição, caso contrário ao ser largado (num local indevido) o osso regressa à sua posição de origem.

Os ossos são reorganizados dinamicamente no início do jogo por forma a que a repetição do jogo não permita a memorização posicional mas obrigue à percepção cognitiva.

Finalizado o jogo, após uma animação de rastreamento do esqueleto, o utilizador vê ser adicionada uma nova camada de informação ao esqueleto: a estrutura muscular. Recorrendo a uma barra de controlo da opacidade o utilizador pode alternar entre a visão das estruturas muscular e esquelética.

Funcionando como "prémio" pela conclusão do puzzle são oferecidos, ao utilizador, marcadores que podem ser impressos e com os quais, recorrendo a uma *webcam*, o utilizador poderá visualizar e movimentar ao seu lado objectos aumentados (figura 3) como um esqueleto integral tridimensional, um crânio, um coração, entre outros e aceder a conteúdos em formato de texto, vídeo e páginas *Web* pela simples detecção de códigos visuais.

As experiências existentes no RA2 foram desenvolvidas com duplo sentido de proporcionar ao utilizador experiências relacionadas com o caso de estudo proposto: anatomia; e apresentar as diferentes possibilidades de interacção que este tipo de tecnologia permite, nomeadamente quando aplicado a processos de ensino/aprendizagem.

O utilizador dispõe de cinco experiências que vão desde o redireccionamento para conteúdos na *Web* até à apresentação de modelos anatómicos tridimensionais ou mesmo objectos de vídeo ou texto.

B. *Cenários de Utilização*

Apesar de reconhecida a aplicabilidade da RA nas mais variadas áreas de actividade, a sua aplicação ao ensino e aprendizagem apresenta ainda um grande desafio.

Um dos pré-requisitos na construção de Objectos de Aprendizagem prende-se com a facilidade do seu uso. Caso contrário o tempo do aprendiz poderá ser desperdiçado com a aplicação em vez de ser aproveitado para a aprendizagem.

A usabilidade do modelo RA2 foi considerada desde o momento de concepção centrando-a no utilizador com o principal objectivo de aumentar a sua motivação e retenção do conhecimento.

Em virtude da especificidade atribuída ao caso de estudo de anatomia, o presente OA adequa-se essencialmente a um público alvo enquadrado nas áreas da saúde, biologia ou fisiologia.

No entanto, e por se tratar de um caso de estudo, o modelo foi desenvolvido tendo presente mais do que a sua utilização, a sua reutilização de modo simples podendo ser adaptada a outros propósitos e noutros contextos educativos.

A implementação de prototipagem modular colocada em prática no decurso deste trabalho permite que a solução desenvolvida se torne evolutiva.

V. ANÁLISE DE RESULTADOS

Relativamente ao processo de avaliação considerado neste estudo, a intenção era descobrir padrões de comportamento e tendências que permitissem aferir o contacto com a RA e a predisposição para o mesmo. Ao nível mais específico do trabalho desenvolvido procurou obter-se o grau de satisfação e de complexidade da interacção com o modelo desenvolvido.

Da análise efectuada aos dados recolhidos foi possível constatar a heterogeneidade do grupo formado por indivíduos entre os 25 e os 55 anos com habilitações académicas compreendidas entre o 12º ano e o mestrado e com actividade em áreas tão diversificadas como a comunicação, comércio, energia, saúde e ensino.

Os gráficos seguintes (figuras 4 e 5) apresentam os resultados de validação do recurso produzido, tendo estes dados sido tratados após recepção de 44 participações de avaliação ao modelo concebido.

Pretendeu-se identificar numa primeira instância qual o grau de conhecimento sobre o tema, bem como aferir o contacto prévio com a tecnologia de RA.

Os resultados obtidos permitiram verificar que esta tecnologia é ainda desconhecida para grande parte da população.

Figura 4. Grau de conhecimento prévio de RA.

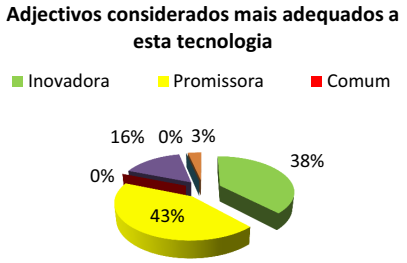


Figura 5. Caracterização da RA de acordo com os termos apresentados.

Foi, também, solicitado aos utilizadores que identificassem o adjectivo que consideravam melhor classificar esta tecnologia.

Relevante, nos resultados, não só o facto da maioria considerar a tecnologia inovadora e promissora (81%), como também a ausência de qualquer resposta que adjectivasse a RA como comum.

Num conjunto de questões, mais ligadas ao modelo desenvolvido, pretendeu-se avaliar o factor de atracção que a tecnologia encerra, determinando a mais valia da sua incorporação quer em suportes digitais (que encerram já alguma inovação) quer em suportes analógicos.

Procurou-se, também, avaliar a interacção das experiências "aumentadas" numa graduação de simplicidade e de satisfação. Os resultados obtidos são claramente animadores cabendo praticamente todas as respostas entre o "beneficiaria" e "beneficiaria muito" e o "satisfeito" e "muito satisfeito".

Para o presente estudo de caso merece especial destaque as respostas à questão se a Realidade Aumentada beneficiaria o processo de ensino/aprendizagem. 50% dos inquiridos considerou que *beneficiaria bastante*, enquanto os restantes 50% dividiram as suas respostas entre o *beneficiaria* e o *beneficiaria muito*.

Outro dado curioso extraído dos resultados é a ligação íntima observável entre o grau de simplicidade e de satisfação, que neste estudo se equipararam à unidade.

VI. Conclusões

A Realidade Aumentada ainda tem alguns desafios e barreiras a superar mas a verdade é que o trabalho que tem vindo a ser desenvolvido, nomeadamente por alguns laboratórios de pesquisa e investigação pelo mundo fora, mostram uma vontade e entusiasmo capazes de os superar.

No contexto educativo a RA pode ser um componente chave em futuros ambientes de aprendizagem uma vez que contribui de forma significativa na percepção, interacção e motivação dos participantes.

Os utilizadores aprovaram o método, na sua maioria, a propósito da motivação através do uso da RA. A visualização da informação é um quesito de relevo uma vez que os objectos podem ser visualizados de vários ângulos ao contrário do que sucede nos materiais convencionais em que estes são estáticos.

A RA é uma tecnologia de manuseio simples e de baixo custo que permite melhorar a qualidade da aplicação de conteúdos.

A disponibilização de bibliotecas abertas para o desenvolvimento de aplicações de Realidade Aumentada é um factor que tem colaborado para a proliferação de pesquisas sobre esta tecnologia. A exigência e as expectativas dos utilizadores, cada vez mais propensos à inovação está a abrir as portas da receptividade à Realidade Aumentada.

O futuro da Realidade Aumentada é claramente brilhante, esta tecnologia contempla os pontos fortes da realidade virtual e não é condicionada pelos seus pontos fracos como o a exequibilidade, custo e o alheamento da realidade que a imersão normalmente acarreta. O ambiente real é o "palco" onde todas as coisas acontecem. A realidade não é representada ou alterada, simplesmente é acrescida de informação digital.

Num futuro próximo a realidade aumentada será cada vez mais parte integrante do nosso dia a dia. As crianças irão usá-la como ferramenta de aprendizagem nas escolas. Os consumidores irão usá-la para perceber como os produtos irão ficar em suas casas e até como auxílio à sua instalação/ colocação. Arquitectos irão usá-la para perceber como uma nova construção irá resultar e afectar a área envolvente.

A realidade aumentada representa um grande salto na intersecção do mundo virtual com o mundo real mas não deixa de ser uma ferramenta. Cabe-nos a nós e às gerações futuras encontrar a melhor forma de a utilizar.

Consideramos com este trabalho ter contribuído para um primeiro estudo relacionado com a incorporação de RA no processo de ensino/aprendizagem.

Referências

[1] Burdea, G., Coiffet,P.: Virtual Reality Technology, John Wiley & Sons. (1994)

[2] Azuma, R. T.: A Survey of Augmented Reality. In: Presence: Teleoperators and Virtual Environments, v.6, n.4, p. 355-385. (1997).

[3] Kirner, C., Tori, R.: Introdução à Realidade Virtual, Realidade Misturada e Hiper-realidade. In: Claudio Kirner; Romero Tori. (Ed.). Realidade Virtual: Conceitos, Tecnologia e Tendências. 1ed. São Paulo, v. 1, p. 3-20. (2004).

[4] Braga, M.: Realidade Virtual e Educação. Revista de Biologia e Ciências da Terra, ISSN 1519-5228, Volume 1, Número 1. (2001).

[5] Barton, John, Kindberg, Tim: The challenges and opportunities of integrating the physical world and networked systems; Internet and Mobile Systems Laboratory; Hewlett-Packard Laboratories; CA, USA. (2001).

[6] Pinhanez, Claudio, Podlaseck, Mark.: To Frame or Not to Frame: The Role and Design of Frameless Displays in Ubiquitous Applications; In Proc. of Ubicomp'05, Tokyo, Japan; September 11-14, pp.340-357. (2005).

[7] Oliveira: A Adopção de Códigos Visuais como Modelo de Interacção, http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/8173.

[8] Carvalho, Ana Amélia Amorim: Como olhar criticamente o software educativo multimédia. Cadernos SACAUSEF – Sistema de Avaliação, Certificação e Apoio à Utilização de Software para a Educação e a Formação - Utilização e Avaliação de Software Educativo, Número 1, Ministério da Educação, 69-82, 85-86. (2005)

Applying the UTAUT model in Engineering Higher Education: Teacher's Technology Adoption

Bertil P. Marques
Dep. Eng. Informática – ISEP
GILT- Graphics, Interaction and Learning Technologies
Porto - PORTUGAL
bpm@isep.ipp.pt

Jaime E. Villate
Univ. Porto, Fac. Engenharia
Lab. de Sist. Inst.e Model. em Ciências e Tecnol. do Amb. e do Esp. – SIM
Porto - PORTUGAL
villate@fe.up.pt

Carlos Vaz Carvalho
Dep. Eng. Informática – ISEP
GILT- Graphics, Interaction and Learning Technologies
Porto - PORTUGAL
cmc@isep.ipp.pt

Abstract — **Many research theories try to explain the adoption/ rejection of technology by the users. One of them focuses on the study of the acceptance and the intention of its use and it is named Unified Theory of Acceptance and Use of Technology (UTAUT). The main goal of this article is to model the verification of the adequacy of UTAUT to the use of information technologies (IT) in pedagogical processes in Higher Education (HE). A research methodology centered on the analysis of the use of the e-learning platform in the Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP) has been developed in order to validate the factors in that context.**

Keywords- E-Learning platform; Higher Education; ISEP; MOODLE; UTAUT Model.

I. INTRODUCTION

Since the 1980s, the organizations have made a great investment in the information technologies (IT) area. According to Westland and Clark [1], about half of all the investments made by companies are channeled to IT. Obviously, those investments aim an increase of productivity, hence, profit. However, to attain those objectives it is necessary that those technologies are accepted and adopted by the employees. That is also true when we refer to a school of higher education and to the use of technology by teachers in pedagogical processes.

Many studies have been developed to find explanations for the process of technology acceptance, with the aim of finding a useful tool to predict the acceptability of introducing a particular technology in an organization. That allows a better understanding of the factors that are behind that process of acceptance and, thus, it allows deciding and planning interventions, such as training and dissemination courses for staff and/or potential users, in order to eliminate or mitigate the barriers that are normally faced when adopting new technologies.

There are several lines of inquiry that seek to explain the adoption of technology by users. One line of research focuses on the study of individual acceptance of technology, by using intention and actual usage as dependent variables [2]. These researchers tested thirty-two variables of eight models - the Theory of Reasoned Action (TRA), the Technology Acceptance Model (TAM), the Motivation Model (MM), the Theory of Planned Behavior (TPB), the Combined Model (TAM/TPB), the Model of PC Utilization (MPCU), the Innovation Diffusion Theory (IDT) and the Social Cognitive Theory (SCT) - in order to define which ones are more important on the influence of technology use. In an attempt to integrate the most important models and theories about the acceptance of ICT, Venkatesh et al [2] created the UTAUT model [3].

The aim of this paper is the attempt to present a model which checks the UTAUT model adequacy in HE. The motivation of this study relates to the fact that, despite the benefits expected from the introduction of an e-learning platform to support teaching, the acceptance of that platform by its potential users is, however, critical to its success. In this article, besides a survey of the different theories, we present a description of the verification process and some of the tools of data collection, in particular, a survey that checks the facilitating and limiting factors of the use of the platform by teachers in ISEP.

II. BASE MODELS

In this section, we briefly describe the eight models or theories underlying the UTAUT model.

A. Theory of Reasoned Action (TRA)

The TRA proposed by Fishbein and Ajzen [4,5] aims to predict the behavior of users in a given situation. Its main premise considers that users will adopt a specific behavior if they perceive that this will lead to positive results [6].

In the TRA, a person's behavior is directly influenced by their willingness to adopt or not that behavior (Present Behavioral). Behavioral Intention, on the other hand, is influenced by two factors: Attitude Toward the Behavior and Subjective Norm [3,4,5].

B. Technology Acceptance Model (TAM)

The TAM [7] was specifically designed for the area of Information Technology (IT). This model is based on theoretical and empirical components [8], and it has been successfully tested by several researchers [9,10].

The TAM has altered some of the associated measures mentioned in TRA by others related to technology acceptance: the ease and usefulness of a system [11]. The TAM indicates that the Behavioral Intention to Use, which is the willingness to use the system in the future by the user, is determined by two variables: Perceived Ease of Use and Perceived Usefulness [3,12,13].

C. Motivation Model (MM)

Motivational variables, such as promotion, management and regulation of behavior, are a core component of motivational activation process in the pedagogical intervention [13,14,15]. In fact, the recovery of intentional processes that streamline the construction of the teachers' psychosocial identity requires a broad understanding of some pre and post decisional processes underlying the functioning of personalized motivation in meaningful contexts of interaction, examples of which are the self - efficacy expectations, perceptions of barriers within the scope of socio professional performance, and personal achievements of planned actions [16-20].

The Theory of Motivation formulated by Deci [21,22,23] defends that the behavior is determined by intrinsic and extrinsic motivations. While extrinsic motivations lead to action because of its rewards, such as increased performance [24], intrinsic motivations refer to the satisfaction resulting from the practice of an action itself [25].

According to Vallerand [26], Intrinsic Motivation refers to the pleasure or value associated to an activity. On the other hand, Extrinsic Motivation values the result of an action and the likelihood of achieving it.

Vroom [25] derived from this theory, applying it to the study of the adoption and use of new IT [3,27,28].

D. Theory of Planned Behavior (TPB)

The TPB [29] is an extension of the TRA that adds the variable Perceived Behavioral Control, defined as the perception of a person on the ease or difficulty which represents the practice of a particular behavior. The Perceived Behavioral Control depends on Control Beliefs and Perceived Facilitation of that control factor to facilitate or inhibit behavior [3,29,30].

E. Combined Model TAM/TPB (TAM/TPB)

Taylor and Todd [31] introduced a hybrid model that combines the variables of the TPB with Perceived Usefulness of the TAM.

They added a variable on the user experience in IT, called Previous Experience. Taylor and Todd [31] theorized that by separating users into groups based on Previous Experience, different forces would be revealed on the effects of variables of this model. For new users, the Behavioral Intention seems to be more influenced by the Perceived Usefulness, followed by the Ease of Use. The main contribution of this combined model suggests that the experience levels of users should be considered in studies of the acceptance of IT [3].

F. Model of PC Utilization (MPCU)

The MPCU derives greatly from the Theory of Human Behavior established by Triandis [31].

Some authors [33] adapted this theory to predict the use of personal computers rather than the intention. However, its application has become adequate to predict the acceptance of a wide variety of IT [3].

G. Innovation Diffusion Theory (IDT)

IDT is a theory based on Sociology, with a strong prominence in the field of explaining the use and adoption of technology [34,35].

The concept of innovation is an idea, practice, or object that is perceived as something new for a user [36]. Innovation creates uncertainty, which motivates a user to seek information about alternatives. Diffusion is the process by which innovation is communicated through different channels over time, by the members of a social system [35]. IDT aims to explain the decision process of innovation and determine the factors that influence the rate of adoption as well as the adopter's categories. It aims to predict the probability of adoption of an innovation and its adoption rate.

One of the most important contributions of this theory is the definition of innovation decision process, which begins with the user's knowledge of an innovation and ends with the confirmation of the adoption or rejection of that innovation.

ITD emerged from the study of innovations in the 1960s [37] and has been used in various types of technologies since then [3,38].

H. Social Cognitive Theory (SCT)

SCT supports the search for answers to questions such as: How does the work and other life roles are assumed as more or less relevant? How can individuals take self-directivity in its development progress?

The Bandura's social cognitive theory [39,40] emphasizes the personal variables of self-efficacy, outcome expectations, goals and interaction with environmental variables such examples of important personal development, such as social support. These authors assume that a complex set of factors - culture, gender, socio-structure, state of health - works together and influence the cognitions, the nature and scope of skills.

As such this theory can scaffold the individual and specific behavior in relation to technology adoption.

III. UNIFIED THEORY OF ACCEPTANCE AND USE OF TECHNOLOGY (UTAUT)

The UTAUT was published in September 2003 by researchers [2] in the area of technology acceptance, based on empirical and conceptual similarities of the eight models/theories exposed in the previous section.

The studies that led to its formulation empirically compared the models, using surveys with items to measure the variables in all of them, in four organizations of different industries that had set plans to introduce new systems. It is important to refer that, from the four systems, two of them were mandatory and the others were for voluntary.

They were longitudinal studies, conducted on three different occasions: after the training on the system, a month later and three months after implementing the system. The actual use of the system was measured six months after the training of users. Finally, the model was validated in two other organizations, being able to explain approximately 70% of the

variation in technology acceptance behavior, a notable increase over other models that, on average, stood at 40% [2].

The UTAUT defends that there are three variables that determine directly, significantly, the intention of using a particular system, namely: Performance Expectancy, Effort Expectancy and Social Influence. Behavioral Intention is the willingness shown by the user in using the system in the future, the Facilitating Conditions influence directly the Use Behavior, which concerns the effective use of the system. As moderators of those variants, we have Gender, Age, Experience and Voluntariness or Willingness of Use [2,3] as we can see in the graphical representation, in Figure 1, presented in by Venkatesh et al [2].

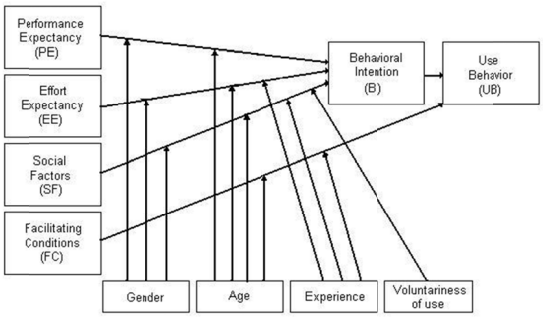


Figure 1. Graphical representation of UTAUT Model [2]

A. *Performance Expectancy (PE)*

Performance Expectancy is defined as the degree to which the user believes that using a particular system will improve his/her performance. This variable, independently of a voluntary or mandatory use of the system, is the strongest determinant for the prediction of behavioral intention. The relationship between Performance Expectancy and Intention to Use is moderated by Gender and Age [2].

B. *Effort Expectancy (EE)*

Expectation Effort refers to how easy the use of a certain system is, as perceived by the user. It is a significant variable, both within the voluntary and mandatory use of a system. The Effort Expectancy is moderated by Gender, Age and Experience in the variable of Intention to Use [2].

C. *Social Influence (SI)*

Social Influence is defined as the degree to which a user perceives how important it is for other people to use the system. This variable is based on the assumption that individual behavior is influenced by the way a user believes other people will look at him/her according to whether he has or has not used the technology. The moderators of Social Influence are: Experience, Gender and Age [2].

D. *Facilitating Conditions (FC)*

Facilitating conditions are defined as the degree to which a user believes that an organizational and technical infrastructure exist to support the system. Facilitating conditions have a direct influence on system use and are moderated by Experience and Age [2].

IV. ADEQUACY VERIFICATION OF THE MODEL UTAUT

ICT made an impact on all aspects of society over recent years, and its potential to transform education is widely mentioned. The high expectation on the role ICT can play in schools presents both opportunities and challenges for those involved in its implementation and application for teaching and learning. The pressure to use technologies for learning emerged also from the implementation of the Bologna Declaration, which aims to harmonize the structures HE and to increase the competitiveness of the European HE system.

With this study, it was intended to analyze the adoption of IT in higher education. As the authors had already understood in two case studies [41,42], the use of a particular technology, an e-learning platform, by the teachers of ISEP was far from exploring all its potential. The authors wanted to assess if the UTAUT model could provide an effective answer that explained the lack of use and, at the same time, provided clues to improve its adoption. Those observatory cases studies were based on quantitative data resulting from logs of the platform usage which however did not provide enough information to assess the validity of the UTAUT model.

Therefore the authors created a questionnaire where the main four variables of the model were considered, as well as the four moderating factors.

The questionnaire items used to measure the variable Performance Expectancy are:

- The platform is useful to my work. (Q1)
- The platform allows me to accomplish tasks more quickly. (Q2)
- The platform increases my productivity. (Q3)
- The platform increases the chances of success for students. (Q4)
- I feel apprehensive about using the platform.(Q5)

The questionnaire items used to measure the variable Effort Expectancy are:

- My interaction with the platform is clear. (Q6)
- The platform is easy to use. (Q7)
- Learning to use the platform was easy for me. (Q8)
- The platform is not compatible with other systems that I use. (Q9)
- I might finish a job or task using the platform, without anyone telling me what to do. (Q10)

The questionnaire items used to measure the variable Social Influences are:

- People who influence my behavior think I should use the platform. (Q11)
- The management of the Institution thinks that I should use the platform. (Q12)
- My colleagues believe that the platform has been helpful. (Q13)
- Students have requested support from the course on the platform. (Q14)
- The existence of e-Learning platforms in other educational institutions motivates me to use our platform. (Q15)

The questionnaire items used to measure the variable Facilitating Conditions are:

- The school has supported the use of the platform. (Q16)
- I have the knowledge to use the platform. (Q17)
- I have the resources to use the platform. (Q18)
- There is someone available to assist when difficulties arise with the platform. (Q19)
- The platform makes the work more interesting. (Q20)

The questionnaire items used for the moderator Willingness to Use are:

- The platform is not compulsory in my work. (Q21)
- The course director does not require using the platform. (Q22)
- The school board expects me to use the platform. (Q23)
- Use the platform is voluntary. (Q24)

Other moderating factors - Gender, Age and Experience - appear in the description of the participant.

V. RESULTS

Questionnaires were distributed to teachers at ISEP, based on a Lickert scale where possible answers range from 1- Strongly disagree, through 4 - Neutral (neither agree nor disagree), to 7 - I agree completely.

Results show that the average values of each factor of the UTAUT model (*Performance Expectancy, Effort Expectancy, Social Influence, Facilitating Conditions* and *Voluntariness of Use*) are between 4.94 and 5.31, as shown by the summary table - Table I.

The factor with an average value closer to neutral is *Social Influence* and the generality of those who answered the survey were closer to 4 in the questions: - People who influence my behavior think I should use the platform (Q11). - The management of the Institution thinks that I should use the platform (Q12). - My colleagues believe that the platform has been helpful (Q13). - Students have requested support from the course on the platform (Q14). - The existence of e-Learning platforms in other educational institutions motivates me to use our platform (Q15).

The most positive factor is *Facilitating Conditions*, which the persons answering the survey responded with values closer to the seven: - The school has supported the use of the platform (Q16). - I have the knowledge to use the platform (Q17). - I have the resources to use the platform. (Q18) - There is someone available to assist when difficulties arise with the platform. (Q19) - The platform makes the work more interesting. (Q20).

Table I - Overall results for factor

Factor	Average
Performance Expectation (PE)	5,24
Effort Expectancy (EE)	5,11
Social Influence (SI)	4,94
Facilitating Conditions (FC)	5,31
Voluntariness of Use (VU)	5,25

Making an analysis by gender, overall, women are more optimistic (Figure II) in the responses to the questionnaire except in the factors *Effort Expectancy* (EE), *Facilitating Conditions* (FC) and *Voluntariness of use* (VU) (Figure III).

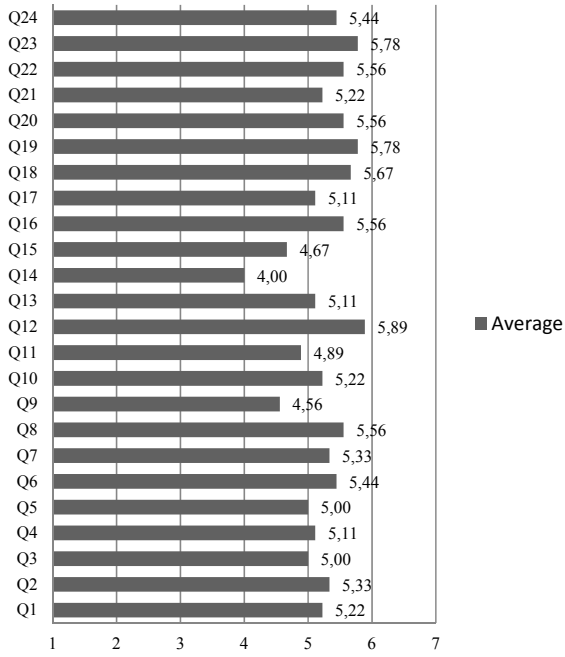


Figure II - Gender Female

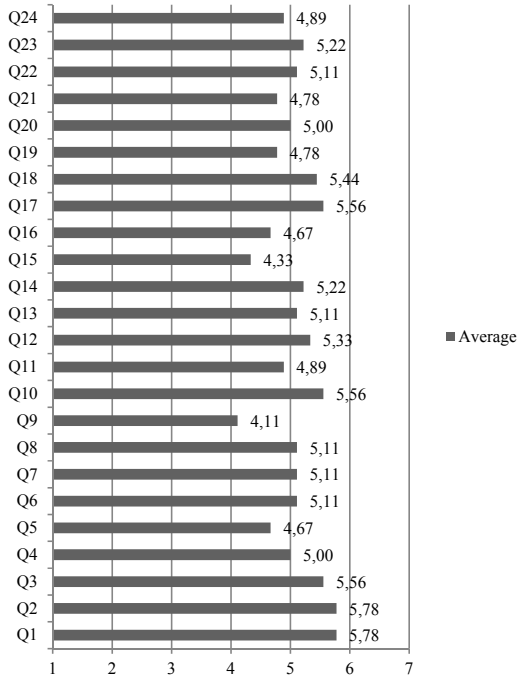


Figure III - Gender Male

Considering the *Previous training*, results were separated between those that received some training to use the platform, and those that did not. The answers given by those trained to

use the platform (Figure IV) are more optimistic on the factors *Performance Expectation* (PE), *Facilitating Conditions* (FC) and *Voluntariness of Use* (VU) than those given by those not trained (Figure V). However it is less optimistic on the factors *Effort Expectancy* (EE) and *Social Influence* (SI).

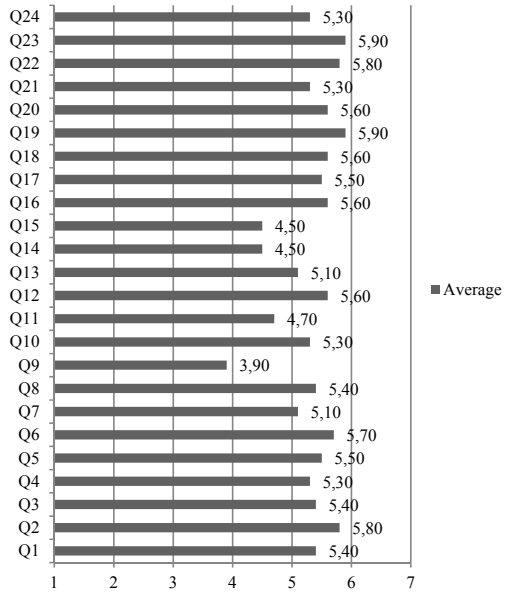


Figure IV - With platform MOODLE training

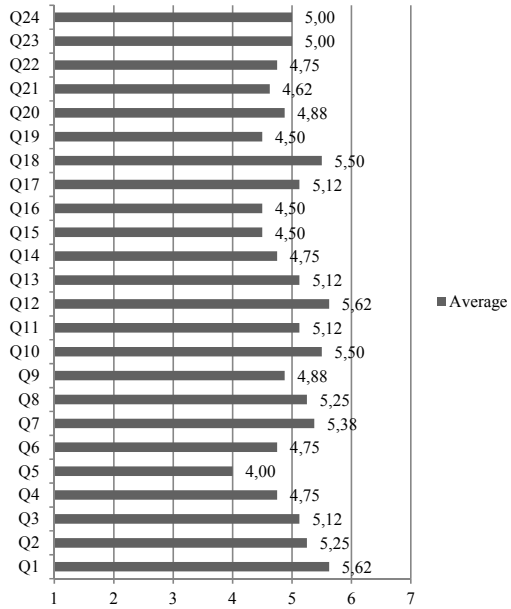


Figure V - Without platform MOODLE training

VI. Conclusions

This article is a short survey of the eight theories and/or models that originated the UTAUT model and a brief description of that model. We also explain the reason to attempt to validate this model in an Engineering Higher Education School. We describe the methodology and the main tools that we used and will use in this process. In short, this study is meant to find solutions that lead to improved adoption of the use of technology by teachers in Higher Education more specifically at ISEP.

The answers to the questionnaire, which was done following the model UTAUT, reflect that those who replied are people that use the platform; however it does not allow us to gauge whether such use corresponds to a proper use of the platform, that is, not to be used only as a repository of information.

The five factors, Expected Performance (EP), Effort Expectancy (EE), Social Influence (SI), Facilitating Conditions (FC), Voluntariness of Use (VU), obtained results above average. Enabling factors are the Facilitating Conditions (FC) and Voluntariness of Use (VU) that scored more optimistic in general observation.

In the gender separation women are more optimistic in the responses to the questionnaire, except in the factors Effort Expectancy (EE), Facilitating Conditions (FC) and Voluntariness of use (VU).

VII. Future Work

In a next step these results will be used to define a methodology to intervene near the teachers of the institution, possibly including specialized training in MOODLE modules such as: WORK, CHAT, DATABASE, FORUM, WIKI, WORKSHOP, Etc... It is intended to encourage the use of these modules in order to combat the use of the platform just as a repository and encourage its use in the context of e-learning.

Acknowledgment

The authors would like to thank Mrs. Cristina Costa Lobo for the support given in the review of the theories and models. We are also grateful to Sara Veiga, for the translation work, in spite of all the stress caused by short deadlines.

References

[1] Westland, J.C. e T.H.K. Clark, Global Electronic Commerce: Theory and Case Studies, MIT Press, 2000.

[2] Venkatesh, V., M.G. Morris, G.B. Davis e F.D. Davis, "User acceptance of information technology: Toward a unified view", MIS Quarterly, 27, 3 (2003), 425-478.

[3] Figueiredo, R. M.; Portais Escolares: Estudo de aceitação de um projecto para um portal Web num contexto de ensino. Master Thesis. Universidade do Minho – Escola de Engenharia, 2005.

[4] Fishbein, M. e I. Ajzen, Belief, Attitude, Intention and Behavior: An Introduction to Theory and Research, Addison-Wesley Publishing Company, 1975.

[5] Ajzen, I. e M. Fishbein, Understanding Attitudes and Predicting Social Behavior, Prentice Hall, 1980.

[6] Compeau, D.R. e C.A. Higgins, "Computer Self-Efficacy: Development of a Measure and Initial Test", MIS Quarterly, 19, 2 (1995), 189-211.

[7] Davis, F., Technology Acceptance Model for Empirically Testing New End-User Information Systems: Theory and Results, Doctoral Dissertation, Massachussetts Institute of Technology, 1986.

[8] Hu, P.J., P.Y.K. Chau, O.R. Liu Sheng e K. Yan Tam, "Examining the Technology Acceptance Model Using Physician Acceptance of Telemedicine Technology", Journal of Management Information Systems , 16, 2 (1999), 91-112.

[9] Legris, P., J. Ingham e P. Collerette, "Why do people use information technology? A critical review of the technology acceptance model", Information & Management, 40, 3 (2003), 191-204.

[10] Venkatesh, V. e F.D. Davis, "A theoretical extension of the Technology Acceptance Model: Four longitudinal field studies", Management Science, 46, 2 (2000a), 186-204.
[11] Bagozzi, R.P., F.D. Davis e P.R. Warshaw, "Development and Test of a Theory of Technological Learning and Usage", Human Relations, 45, 7 (1992), 659-686.
[12] Davis, F.D., "Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use and User Acceptance of Information Technology", MIS Quarterly, 13, 3 (September), (1989), 319-340.
[13] Davis, F.D., R.P. Bagozzi e P.R. Warshaw, "User Acceptance of Computer-Technology - a Comparison of 2 Theoretical-Models", Management Science, 35, 8 (1989), 982-1003.
[14] Eccles, J. & Wigfield, A. Motivational beliefs, values and goals. Annual Review of Psychology, 53, (2002), 109 – 132.
[15] Deci, E.L.; Ryan, R.M.. The support of auatonomy and the control of behavior. Journal of personality and social psychology, (1987),53 (6).
[16] Dornyei, Z. Motivation in action: towards a process oriented conceptualisation of student motivation. The British Journal of Educational Psychology.4, (2000), 519 –532.
[17] Dweck, C. (1999). Self - Theories: Their Role in Motivation, Personality, and Development. Philadelphia: Psychology Press.
[18] Deci & Ryan, R. Intrinsic Motivation and Self – Determination in Human Behavior. New York: Plenum, (1985).
[19] Gonçalves, A. As asas do diploma: A inserção profissional dos licenciados pela Universidade do Minho. Braga: Universidade do Minho, Grupo de Missão para a orientação vocacional, (2001).
[20] Savikas, M. Toward the Convergence of Career Theory and Practice [Brochure]. Department of Psychology, Ohio State University, Columbus, (1994).
[21] Savikas, M. & Walsh, B. Handbook of Career Counseling Theory and Practice. Palo Alto, Ca.: Davies-Black Publishing, (Eds.) (1996).
[22] Deci, E.L., "Effects of Externally Mediated Rewards on Intrinsic Motivation", Journal of Personality and Social Psychology, 18(1971), 105-115.
[23] Deci, E.L., "Intrinsic Motivation, Extrinsic Reinforcement, and Inequity", Journal of Personality and Social Psychology, 22(1972), 113-120.
[24] Deci, E.L., Intrinsic Motivation, Plenum Press, 1975.
[25] Vroom, V., Work and Motivation, Wiley, 1964.
[26] Davis, F.D., R.P. Bagozzi e P.R. Warshaw, "Extrinsic and Intrinsic Motivation to Use Computers in the Workplace", Journal of Applied Social Psychology, 22, 14 (1992), 1111-1132.
[27] Vallerand, R.J., "Toward a Hierarchical Model of Intrinsic and Extrinsic Motivation", Advances in Experimental Social Psychology, Academic Press, 23, (1997), 271- 300.
[28] Vallerand, R.J.; C. Speier, "Creating an Effective Training Environment for Enhancing Telework", International Journal of Human Computer Studies, 52 (2000), 991-1005.
[29] Venkatesh, V.;C. Speier, "Computer Technology Training in the Workplace: A Longitudinal Investigation of the Effect of Mood", Organizational Behavior and Human Decision Processes, 79, 1 (1999), 1-28.
[30] Ajzen, I., "The Theory of Planned Behavior", Organizational Behavior and Human Decision Processes, 50, 2 (1991), 179-211.
[31] Taylor, S. e P.A. Todd, "Understanding Information Technology Usage - a Test of Competing Models", Information Systems Research, 6, 2 (1995b), 144-176.
[32] Taylor, S.;P.A. Todd, "Assessing IT Usage: The Role of Prior Experience", Mis Quarterly, 19, 2 (1995), 561-570.
[33] Triandis, H.C., Interpessoal Behavior, Brooke/Cole, 1977.
[34] Thompson, R.L., C.A. Higgins e J.M. Howell, "Personal Computing: Toward a Conceptual Model of Utilization", MIS Quarterly, 15, 1 (March) (1991), 125- 142.
[35] Rogers, E.M., Diffusion of Innovation, 4ª ed., The Free Press, 1995.
[36] Rogers, E.M.; F.F. Shoemaker, Communications of Innovations: A Cross-Cultural Approach, Free Press, 1971.
[37] Rogers, E.M., Diffusion of Innovations, 1ª ed., The Free Press, 1962.
[38] Tornatzky, L.G.; K.J. Klein, "Innovation Characteristics and Innovation Adoption Implementation: A Meta-Analysis of Findings", IEEE Transactions on Engineering Management, 29, 1(February) (1982), 28-44.
[39] Bandura, A. Self-efficacy: Toward a unifying theory of behavioral change. Psychological Review, 84, (1977), 191-216.
[40] Lent, R. W., Brown, S. D., & Hackett, G. Toward a unifying social cognitive theory of career and academic interest, choice, and performance. Journal of Vocational Behaviour, 45, (1994), 79-122.
[41] Marques, B. P., Villate, J. E. , Carvalho, C. V.; Tecnologias da Informação e Comunicação no apoio à aprendizagem no Ensino Superior. CISTI2010, 5ª Conferencia Iberica de Sistemas y Tecnologías de Información, Santiago de Compostela, España, 16 al 19 de Junio, 2010. Proceedings pp. 361-366. ISBN: 978-989-96247-3-3.
[42] Marques, B. P., Villate, J. E., Carvalho, C. V.; Technology Acceptance on Higher Education: the case of an Engineer's School. ICERI2010, International Conference of Education Research and Innovation, 15 to 17 November, Madrid, Spain, 2010. CD Proceedings pp. 5094-5102. ISBN: 978-84-614-2439-9

Classification of Defect Types in Requirements Specifications: Literature Review, Proposal and Assessment

Isabel Lopes Margarido*, João Pascoal Faria, Raul Moreira Vidal
Department of Informatics Engineering, Faculty of Engineering of the University of Porto
Porto, Portugal
{isabel.margarido, jpfaria, rmvidal@fe.up.pt

Marco Vieira
Department of Informatics Engineering, Faculty of Sciences, University of Coimbra
Coimbra, Portugal
mvieira@dei.uc.p

Abstract— **Requirements defects have a major impact throughout the whole software lifecycle. Having a specific defects classification for requirements is important to analyse the root causes of problems, build checklists that support requirements reviews and to reduce risks associated with requirements problems. In our research we analyse several defects classifiers; select the ones applicable to requirements specifications, following rules to build defects taxonomies; and assess the classification validity in an experiment of requirements defects classification performed by graduate and undergraduate students. Not all subjects used the same type of defect to classify the same defect, which suggests that defects classification is not consensual. Considering our results we give recommendations to industry and other researchers on the design of classification schemes and treatment of classification results.**

Keywords- software; requirements; defects; classification; taxonomy

I. INTRODUCTION

In this paper we consider that a defect is a fault, as defined in [1], extended to include all the software development artefacts (code, documentation, requirements, etc.). A defect is a problem that occurs in an artefact and may lead to a failure. We consider the requirements review as an inspection method.

In 2009, Chen and Huang analysed the impact of software development defects on software maintainability, and concluded that several documentation and requirements problems are amongst the top 10 higher-severity problems (see table I) [2]. The authors demonstrated the impact of the software requirements defects in the maintenance phase of a software project, when the defects affect the client, in case of failure. In the same year Hamill and Goseva-Popstojanova showed that requirements defects are among the most common types of defects in software development and that the major sources of failures are defects in requirements (32.65%) and code (32.58%) [3]. Therefore it is crucial to impede the propagation of requirements defects to posterior phases.

Card stated in 1998 that "Classifying or grouping problems helps to identify clusters in which systematic errors are likely to be found. [4]" Hence, it is important to have an adequate taxonomy to classify requirements defects, that support the following goals: **(1)** identify types of defects that are more frequent or have a higher cost impact; **(2)** analyse the root cause of requirements defects; **(3)** prepare requirements reviews checklists; **(4)** reduce risks associated with common problems in the requirements management process, such as bad communication, incomplete requirements, and final acceptance difficulties.

The Orthogonal Defect Classification (ODC) is frequently used by practitioners, but it is more adequate to classify code defects than defects in the requirements specifications [5-6].

There are several classifications identified in the literature, but none of them is indicated as being the most adequate for the classification of requirements defects, and, to the best of our knowledge, their quality properties were not validated. In our research we do a literature review and propose values for the attribute **type of defect** in the case of requirements using the recommendations of Fermut *et al* [6]. We conducted an experiment to validate the quality properties of the proposal and test the following hypotheses, when reviewing requirements specifications: null hypothesis (H_0) **all subjects use the same value to classify the type of a defect**; the alternative hypothesis (H_1) **not all subjects use the same value to classify the type of a defect**. Our results demonstrate that there is no guarantee that all subjects use the same value to indicate the type of a defect. Considering such results we give recommendations to industry and other researchers on the design of classification schemes and treatment of classification results.

The following sections contain: Section II – a literature review about defects classification, particularly the ones applicable to requirements; Section III – the assembly of the requirements defects classification list; Section IV – the validation of the classification list and results analysis; and finally, conclusions and future research are given in section V.

II. LITERATURE REVIEW

In 2009, Chen and Huang performed an e-mail survey with several software projects, and presented the top 10 higher-severity problem factors affecting software maintainability, as summarised in table I [2].

The authors indicated the following causes of software defects [2]: **(1)** a significant percentage of defects is caused by

Work partially funded by Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT): Programa Operacional Potencial Humano (POPH) of QREN, and Fundo Social Europeu (FSE)

incorrect specifications and translation of requirements, or incomplete ones [7-8]; **(2)** half of the problems rooted in requirements are due to ambiguous, poorly written, unclear and incorrect requirements, the other half result of omitted requirements [9]. In 2003, Lutz and Mikulski analysed the impact and causes of requirements defects discovered in the testing phase, resulting from non documented changes or defects in the requirements, and proposed guidelines to distinguish and respond to each situation [10]. Their work emphasises the importance of requirements management.

TABLE I. TOP 10 HIGHER-SEVERITY PROBLEM FACTORS [2]

#	Software Development Factors	Problem Dimension
1	Inadequacy of source code comments	Programming Quality
2	Documentation obscure/untrustworthy	Documentation Quality
3	Changes not adequately documented	Documentation Quality
4	Lack of traceability	Documentation Quality
5	Lack of adherence to standards	Programming Quality
6	Lack of integrity/consistency	Documentation Quality
7	Continually changing requirements	System Requirements
8	Frequent turnover within the project team	Personnel Resources
9	Improper usage of techniques	Programming Quality
10	Lack of consideration for software quality requirements	System Requirements

Considering the problems that occur in the requirements specifications we present in the following subsections work that is related with or includes a requirements defects classification.

A. Code Defects Classifications, 1992

ODC is applicable in all the development phases except the requirements phase. The defect types used are: **function**, **interface**, **checking**, **assignment**, **timing/serialisation**, **build/package/merge**, **documentation** and **algorithm**. For each defect it is necessary to indicate if the feature is incorrect or missing [11]. Such classifiers do not seem completely adequate to classify requirements defects, and **Documentation** is too generic to give further information on the defect. The Hewlett-Packard (HP) [12] categorises the defects by **mode**, **type** and **origin**, (see figure 1) [6]. From the types of defects with origin in the **requirements/specifications phase**, the **requirements/ specifications** seems to be vague and the interfaces ones are too detailed and more adequate to design specification defects.

B. Quality Based Classifiers, 1976 – 2010

In this section we present the work of several authors that applied quality based classifiers to requirements defects.

In 1976, Bell and Thayer did a research to verify the impact of software requirements defects. Not surprisingly, they concluded that software systems meeting defective requirements will not effectively solve basic needs [13]. They aggregated the defects in categories, as presented in table III (Annex A). In 1981, Basili and Weiss categorised defects found in requirements documents and gathered a set of questions to be asked while reviewing them (as a review checklist) [14]. Table III shows the distribution of the 79 errors by different categories. Later, in 1989, Ackerman *et al* analysed the effectiveness of software inspections as a verification process [15]. They presented a sample requirements checklist to use in inspections of requirements documents, containing questions organised by defect categories: **completeness**, **consistency** and **ambiguity**. And in 1991, Sakthivel performed a survey about requirement verification techniques and presented a requirements defects taxonomy based on a literature review. The classes that the author proposed are: **incomplete**, **inconsistent**, **infeasible**, **untestable**, **redundant** and **incorrect**. For each class, Sakthivel presented different defects and an example [16].

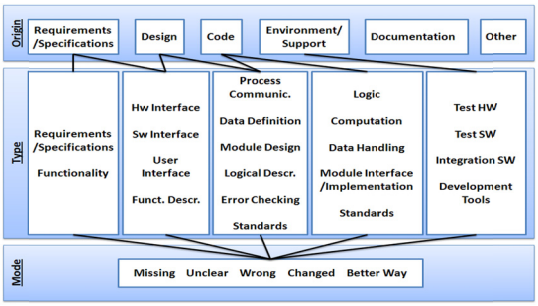


Figure 1. HP defects classification scheme [6].

In 2003, Hayes developed a requirements fault taxonomy for NASA's critical/catastrophic high-risk systems. Hayes stated that ODC refers to design and code while their approach emphasised requirements, so they adapted the Nuclear Regulatory Commission (NRC) requirement fault taxonomy from NUREG/CR-6316 (1995). [17] Afterwards, in 2006, Hayes *et al* analysed a software product related with the previous to build a common cause tree [18]. In both works **unachievable** was reserved for future. In 2006, the same was also done with **infeasible** and **non verifiable** (Table III shows their results).

Defects classification is important to support the analysis of the root causes of defects. In 2010, Kalinowski *et al* were aware that Defect Causal Analysis (DCA) could reduce defect rates by over 50%, reducing rework, and improving quality and performance [19]. To enhance DCA, they improved their framework named Defect Prevention Based Process Improvement (DPPI) used to conduct, measure and control DCA. The authors mentioned the necessity of collecting metrics for DCA and the importance of considering: **(1)** context when collecting metrics; **(2)** stability of the inspection; **(3)** technology/similarity of projects in inspections. When demonstrating their approach they reported the requirements defects distribution, classified by nature (see table III).

C. Functional and Quality Based Classifiers, 1992 – 2009

In this section we present defect classification taxonomies that are functional and quality based. In our research we consider that the functional classifiers represent the function of the requirement in the product (e.g. interface, performance, environment, functional).

In 1992, Schneider *et al* identified two classes of requirements defects to use when reviewing user requirements documents: **Missing Information** and **Wrong Information**

(table III) [20]. In 1995, Porter *et al* compared requirements inspection methods. They performed an experiment where two Software Requirements Specification (SRS) documents were inspected with a combination of ad hoc, checklist and scenario inspection methods. The checklist was organised in categories, resembling a defect classification: **omission** (**missing functionality**, **performance**, **environment** or **interface**) and **commission (ambiguous** or **inconsistent information**, **incorrect** or **extra functionality**, **wrong section**). The scenarios also included categories: **data type consistency**, **incorrect functionality**, **ambiguity**, and **missing functionality**. The authors concluded from their results that the scenario inspection method was the most effective for requirements [21]. Later, in 2007, Walia *et al* repeated an experiment to show the importance of requirements defects taxonomy. They involved software engineering students in a SRS document review using a defect checklist. The students repeated the review, after being trained in the error abstraction process. The results of the experiment showed that error abstraction leads to more defects found without losses of efficiency and the abstraction is harder when people are not involved in the elaboration of the SRS and have no contact with developers. Requirements defects were classified as: **general**, **missing functionality**, **missing performance**, **missing interface**, **missing environment**, **ambiguous information**, **inconsistent information**, **incorrect or extra functionality**, **wrong section**, **other faults** [22]. This experiment was applied to error abstraction; we consider that a similar experiment is useful to validate defects classification.

Along the years researchers introduced classifiers to fulfil the specificities of requirements defects. Some reused existent classifications and conducted experiments to analyse the impact of different methodologies in SRS inspections. Table III summarises the relation between authors and classifiers.

III. Proposal of a Classification of Defect Types in Requirements Specifications

In 2005, Freimut *et al* [6] indicate the quality properties of a good classification scheme: **1. clearly** and **meaningfully define** the **attributes** of the classification scheme; **2. clearly define** the **values** of the attributes; **3.** ensure it is **complete** (every defect is classifiable by using the scheme); **4.** guarantee that it contains a **small number of attribute values -** the authors recommend 5 to 9 attributes, since this is the number of items that human short-memory can retain [11]; **5. aggregate attribute values**, to reduce ambiguity [13], whenever they are less significant, i.e. when they rarely occur, and detailed categories may be aggregated into a single one. For the attribute "type of defect" we consider that it is important that the values are **unambiguous**, i.e. only one value is applicable to one defect. Considering these recommendations we assembled a list of values for the attribute type of defect.

From the literature review, presented in section 2, we collected several different taxonomies and the frequency of the defects classifiers of the researchers' experiences (see table III). We analysed the frequency with which each classifier was used and its adequacy to classify a requirement defect.

The following classifiers were excluded for the indicated reasons:

- Considered important only for change management: **Not in current baseline**, **New** and **Changed Requirement** and **Not Traceable**;
- Too vague (given the intention of having a complete and clearly defined list of values): **General, Other** and **Inadequate**;
- Subsumed by another (**Inconsistent**): **Incompatible**;
- Too generic (given the existence of separate, more specific, classifiers): **Incorrect or Extra Functionality;**
- Over-detailed (given the existence of the more generic classifiers **Missing/Omission**, **Incorrect** and **Inconsistent,** and the intention of keeping a small number of attribute values): classifiers 19 to 33 and 35 in Table III detailing what is missing, incorrect or inconsistent (the details can be given in the defect description).

The following classifiers with overlapping meanings (and small frequencies in some cases) were aggregated into a single one, to avoid ambiguity:

- **Missing/Omission** and **Incomplete** → **Missing or Incomplete**;
- **Over-specification**, **Out of scope**, **Intentional Deviation** and **Extraneous Information** → **Not Relevant or Extraneous**;
- **Unclear** and **Ambiguity** → **Ambiguous or Unclear**;
- **Infeasible**, **Unachievable**, **Non Verifiable** and **Unstestable/Non Verifiable** → **Infeasible or Non-verifiable**.

Finally, some classifiers were slightly renamed.

The resulting 9 values for the type of defect attribute, with definitions and examples, are listed in Table II. We tried to give a clear and meaningful definition for each value.

IV. Practical Application and Results

In this section we present two experiments to verify the properties of our classifier against the recommendations of Fermut *et al* [6]. Formalising the hypothesis H, when reviewing requirements specifications: **H_0 - all subjects use the same value to classify the type of a defect**; **H_1 - not all subjects use the same value to classify the type of a defect**.

We conducted two experiments with different groups of people and similar classifiers. The final list (table II) used in the 2nd group had more detail in the values, definitions and examples. The 1st group was composed of master graduate students that had learnt how to develop a SRS document, and were familiar with inspections and defect classifications. The 2nd group was composed of third year undergraduate students that were familiar with SRS documents, inspections and defect classifications. We provided to each group the same SRS and the list of its defects. The subjects should register the type of defect in a form that included: the defects to classify, and distinct fields for the classifier, doubts between classifiers or to a new classifier and corresponding definition. The classification of the defects would indicate if the classifiers were ambiguous (one defect with different classifiers),

meaningless (incorrectly classified) or incomplete (new classifier suggested).

TABLE II. REQUIREMENTS DEFECT CLASSIFICATION (FINAL VERSION)

Classifier	Definition	Example
Missing or Incomplete	The requirement is not present in the requirements document .Information relevant to the requirement is missing, therefore the requirement is incomplete. If a word is missing without affecting the meaning of the requirement the defect shall be classified as a typo.	"The system will allow authentication of authorised users." The way to access the system is not detailed. Is it by using a login and corresponding password? Using a card? And what happens when a non-authorised user tries to access it? If the requirement includes the expression To be Defined (TBD) it is incomplete.
Incorrect Information	The information contained in the requirement is incorrect or false, excluding typographical/grammatical errors or missing words. The requirement is in conflict with preceding documents.	Stating that "The Value Added Tax is 23%" when the correct value is 12%.
Inconsistent	The requirement or the information contained in the requirement is inconsistent with the overall document or in conflict with another requirement that is correctly specified.	One requirement may state that "all lights shall be green" while another may state that all "lights shall be blue"[23]. One requirement states "The house shall have 2 windows, 1 door and a chimney." and the second one states "The house shall have 2 windows and 1 door." one of the requirements is inconsistent with the other.
Ambiguous or Unclear	The requirement contains information or vocabulary that can have more than one interpretation. The information in the requirement is subjective. The requirement specification is difficult to read and understand. The meaning of a statement is not clear.	The requirement "An operator shall not have to wait for the transaction to complete." is ambiguous, depends on each person's interpretation. To be correctly specified it should be, e.g., "95% of the transactions shall be processed in less than 1 s." [23].
Misplaced	The requirement is misplaced either in the section of the requirements specification document or in the functionalities, packages or system it is referring to.	Include a requirement about the server application in the section that refers to the web-client application.
Infeasible or Non-verifiable	The requirement is not implementable, due to technology limitations, for instance. The requirement implementation can not be verified in a code inspection, by a test or by any other verification method. If the requirement is non-verifiable due to ambiguity, incorrectness or missing information, use the corresponding classifier instead.	"The service users will be admitted in the room by a teleportation system." The teleportation technology has not sufficiently evolved to allow the implementation of such requirement. "The message sent to the space for potential extraterrestrial beings should be readable for at least 1000 years."
Redundant or Duplicate	The requirement is a duplicate of another requirement or part of the information it contains is already present in the document becoming redundant.	The same requirement appears more than once in the requirements specification document, or the same information is repeated.
Typo or Formatting	Orthographic, semantic, grammatical error or missing word. Misspelled words due to hurry. Formatting problems can be classified in this category.	"The system reacts to the user sensibility, i.e. if the user is screaming the system stops." The word sensibility is different from sensitivity. When a picture is out of the print area.
Not relevant or Extraneous	The requirement or part of its specification is out of the scope of the project, does not concern the project or refers to information of the detailed design. The requirement has unnecessary information.	If the customer is expecting a truck then the requirement stating "The vehicle is cabriolet." is out of the scope of the project. A requirement that should have been removed is still in the document.

The results of the experiments are summarised in the pictograms on figure 2, that show the proximity of the subjects' answers (dark circles) to the classifier that we expected them to use (bright circles) in each defect. The size of the circle gives the number of the students that used a certain classifier. There were 29 defects to classify (x axis). The classifiers, **doubt** between classifiers or **new** classifier are represented in the y axis. We noticed that in the 1st experiment no defect was unanimously classified and in the 2nd several ones were. In both experiments certain defects were classified differently but with similar percentages. These observations induce us to conclude that certain defects will be differently classified, for their own characteristics. The full report of our work includes all experiments' results and analysis [24].

The two experiments we did are not totally comparable: the experience of the individuals on defects classification and the size of the group and the treatment (values of the type of defect attribute) were different. Despite that, the degree of agreement of the subjects, given by the Fleiss' kappa measure, was moderate in both experiments (0.46 in the 1st experiment and 0.44 in the 2nd) [25]. We also did a Cochran test to verify our hypotheses. Since the test is binomial, we considered that when the subjects chose the most used classifier they answered as the **majority (1)** and when they used any other classifier, they chose **other (0)**. The significance value indicates that the subjects answered the same way (0.60 in the 1st group and 0.63 in the 2nd, i.e. p-value > 0.05 which indicates that we cannot reject $\mathbf{H_0}$). Using the same transformation of data we did the McNemar test to verify if the results of the experiments were similar. The percentages of subjects classifying as the majority or using other classifier were similar on both experiments (see figure 3).

In our opinion, the following facts may have contributed to the subjects moderate degree of agreement: **(1)** the subjects were not the ones identifying the defects which may increase the error of misinterpretation (and consequent misclassification) of the defects; **(2)** the subjects were not involved in the development and did not have access to the developers of the SRS document. This is similar to the problem reported in an experiment of Walia and Craver [22]; **(3)** certain words in the description of defects induced the selection of the classifier named with a similar word; **(4)** the defects are expressed in natural language, which introduces ambiguity in the classification process.

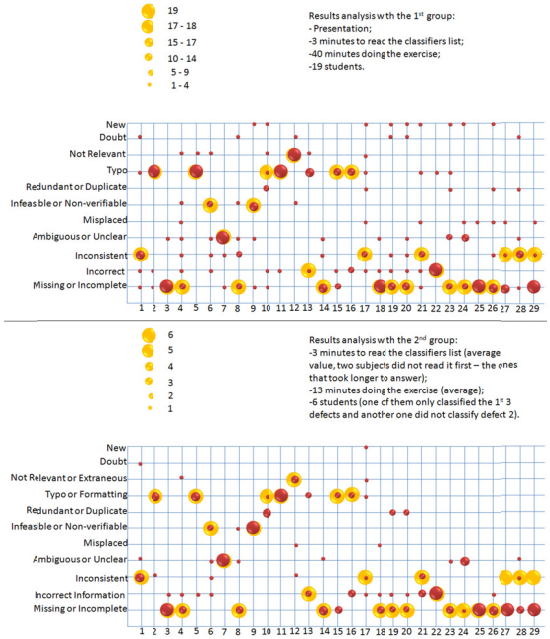


Figure 2. Results of the 1st experiment are represented the upper pictogram and of the 2nd are in the bottom.The collumn chart presents the McNemar test.

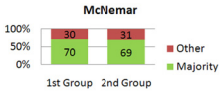


Figure 3. McNemar test.

Based on the experiments conducted, we suggest some recommendations for organizations that want to use requirements defects' classifications in an effective and consensual way: **(1)** people should be trained in the usage of the defects classification focusing in the distinction of the classifiers, the clarification of their definitions, practical examples and exercises; **(2)** to avoid that people apply a classifier based on its name only (often insufficient), without considering its definition, have the definition easily available, e.g., as a tool tip in a tool.

V. Conclusions and Future Work

We agree with Card when he states that a defect taxonomy should be created in such a way that it supports the specific analysis interests of the organisation that is going to use it, namely in the implementation of defect causal analysis [26]. In our work based on a literature review we assembled a classification for defect types in requirements specifications, following the recommendations in [6]. Such classification is important to support the analysis of root causes of defects and their resolution, to create checklists that improve requirements reviews and to prevent risks resulting from requirements defects. We evaluated our classification scheme through two experiments where students had to classify defects identified in a SRS document. We concluded that, even after refining the classification list, different people may classify the same defect in a different way. Hence, when choosing a classification for requirements' defects, organisations need to be aware of the problems of using them. People may interpret the classifiers differently and doing retrospective analysis of defects simply based on the type of defects might be misleading. Experiments similar to the ones presented in this paper may be conducted to determine the degree of consensus among their personnel.

As future research work we intend to improve the classifier and perform modified experiments "on the job", i.e.: **(1)** using individuals from industry; **(2)** using a SRS document from a project they are involved in; **(3)** having each individual conduct a complete SRS review to detect and subsequently classify defects. We expect that the classification difficulties will be attenuated in this setting, leading to more accurate and unanimous classifications. We will also use the defects classification to create a checklist to be used in the requirements inspections, and will conduct experiments (with a control group not using the checklist) to assess their impact on the review efficacy (percentage of defects detected), efficiency (time spent per defect) and convergence (of defect classification). We will verify if the classification of defects and application of the checklist reduce the number of defects in subsequent software development phases.

VI. References

[1] IEEE, "IEEE Standard Glossary of Software Engineering Terminology," ed: IEEE Press, 1990.

[2] J.-C. Chen and S.-J. Huang, "An empirical analysis of the impact of software development problem factors on software maintainability," Journal of Systems and Software, vol. 82, pp. 981-992 June 2009.

[3] M. Hamill and G.-P. Katerina, "Common Trends in Software Fault and Failure Data," IEEE Trans. Softw. Eng., vol. 35, pp. 484-496, 2009.

[4] D. N. Card, "Learning from Our Mistakes with Defect Causal Analysis," IEEE Softw., vol. 15, pp. 56-63, 1998.

[5] K. Henningsson and C. Wohlin, "Assuring Fault Classification Agreement - An Empirical Evaluation," presented at the International Symposium on Empirical Software Engineering, Redondo Beach, California, 2004.

[6] B. Freimut, et al., "An Industrial Case Study of Implementing and Validating Defect Classification for Process Improvement and Quality Management," presented at the Proceedings of the 11th IEEE International Software Metrics Symposium, 2005.

[7] L. Apfelbaum and J. Doyle, "Model based testing," presented at the 10th International Software Quality Week Conference, San Francisco, 1997.

[8] O. Monkevich, "SDL-based specification and testing strategy for communication network protocols," presented at the Proceedings of the 9th SDL Forum, Montreal, Canada, 1999.

[9] G. Mogyorodi, "Requirements-based testing: an overview," presented at the 39th International Conference and Exhibition on Technology of Object-Oriented Languages and Systems (TOOLS39), 2001.

[10] R. R. Lutz and C. Mikulski, "Requirements discovery during the testing of safety-critical software," presented at the Proceedings of the 25th International Conference on Software Engineering, Portland, Oregon, 2003.

[11] R. Chillarege, et al., "Orthogonal Defect Classification - A Concept for In-Process Measurements," IEEE Transactions on Software Engineering, vol. 18, pp. 943-956, November 1992.

[12] R. B. Grady, Practical software metrics for project management and process improvement: Prentice-Hall, Inc., 1992.

[13] T. E. Bell and T. A. Thayer, "Software requirements: Are they really a problem?," presented at the Proceedings of the 2nd international conference on Software engineering, San Francisco, California, United States, 1976.

[14] V. R. Basili and D. M. Weiss, "Evaluation of a software requirements document by analysis of change data," presented at the Proceedings of the 5th international conference on Software engineering, San Diego, California, United States, 1981.

[15] A. F. Ackerman, et al., "Software Inspections: An Effective Verification Process," IEEE Software, vol. 6, pp. 31-36, May 1989.

[16] G. S. Walia and J. C. Carver, "Development of Requirement Error Taxonomy as a Quality Improvement Approach: A Systematic Literature Review," Department of Computer Science and Engineering MSU-070404, 2007.

[17] J. H. Hayes, "Building a Requirement Fault Taxonomy: Experiences from a NASA Verification and Validation Research Project," presented at the Proceedings of the International Symposium on Software Reliability Engineering, Denver, CO, 2003.

[18] J. H. Hayes, et al., "Case History of International Space Station Requirement Faults," presented at the Proceedings of the 11th IEEE International Conference on Engineering of Complex Computer Systems, Standford, California, 2006.

[19] M. Kalinowski, et al., "Applying DPPI: A Defect Causal Analysis Approach Using Bayesian Networks," in Product-Focused Software Process Improvement. vol. 6156, M. Ali Babar, et al., Eds., ed: Springer Berlin / Heidelberg, 2010, pp. 92-106.

[20] G. M. Schneider, et al., "An experimental study of fault detection in user requirements documents," ACM Trans. Softw. Eng. Methodol., vol. 1, pp. 188-204, 1992.

[21] A. A. Porter, et al., "Comparing Detection Methods for Software Requirements Inspections: A Replicated Experiment," IEEE Transactions on Software Engineering, vol. 21, pp. 563-575, June 1995 1995.

[22] G. S. Walia, et al., "Requirement Error Abstraction and Classification: A Control Group Replicated Study," presented at the Proceedings of the The 18th IEEE International Symposium on Software Reliability, 2007.

[23] IEEE, "IEEE Recommended Practice for Software Requirements Specifications," ed: IEEE, 1998.

[24] I. Lopes Margarido, "Requirements Defects Classification List," Faculty of Engineering, University of Porto, Technical Report 2010. http://paginas.fe.up.pt/~pro09003/publications.html.

[25] J. R. Landis and G. G. Koch, "The Measurement of Observer Agreement for Categorical Data," Biometrics, vol. 33, pp. 159-174, 1977.

[26] M. Kalinowski, et al., "Guidance for Efficiently Implementing Defect Causal Analysis," presented at the Brazilian Software Quality Symposium,VII SBSQ Florianópolis, Brazil, 2008.

VII. ANNEX A

TABLE III. DEFECT CLASSIFIERS PER AUTHOR BY CHRONOLOGICAL ORDER FROM LEFT TO RIGHT.

		[13]	[14]	[15]	[16]	[11]	[12]	[20]	[21]	[17-18]	[22]	[19]	Sum
1	Not in current baseline	1.50%											1
2	Out of scope	7.20%											1
3	Missing/Omission	21.00%	24.00%							10.80%		23.50%	4
4	Incomplete	merged		Yes	Yes					23.30%			4
5	Inadequate	merged											1
6	Incorrect	34.80%	37.00%		Yes					30.11%		35.30%	5
7	Inconsistent	9.10%	10.00%	Yes	Yes			23	Yes	13.07%	Yes	5.90%	9
8	Incompatible	merged											1
9	New	7.20%											1
10	Changed Requirement	merged											1
11	Typos/Clerical	9.90%	23.00%										2
12	Unclear	9.30%											1
13	Ambiguity		4.00%	Yes				15	Yes	13.07%	Yes	11.80%	7
14	Wrong Section/Misplaced		1.00%						Yes	1.14%	Yes		4
15	Other		1.00%								Yes	5.90%	3
16	Infeasible				Yes					0.00%			2
17	Untestable/Non-verifiable				Yes					0.00%			2
18	Redundant/Duplicate				Yes					2.27%			3
19	Missing Functionality/Feature						/u/w/c/b	34	Yes		Yes		4
20	Missing Interface					/incorrect		11	Yes		Yes		4
21	Missing Performance							7	Yes		Yes		3
22	Missing Environment							9	Yes		Yes		3
23	Missing Software Interface						/u/w/c/b						1
24	Missing Hardware Interface						/u/w/c/b						1
25	Missing User Interface						/u/w/c/b						1
26	Missing Function/Description					/incorrect	/u/w/c/b						2
27	Missing Requirement/Specification						Inadequate						0
28	Missing/Incorrect Checking					Yes							1
29	Missing/Incorrect Assignment					Yes							1
30	Missing/Incorrect Timing/Serialization					Inadequate							0
31	Missing/Incorrect Build/Package/Merge					Inadequate							0
32	Missing/Incorrect Documentation					Inadequate							0
33	Missing/Incorrect Algorithm					Formal Spec							0
34	Incorrect or Extra Functionality								Yes		Yes		2
35	Data Type Consistency								Yes				1
36	Over-specification									1.14%			1
37	Not Traceable									2.27%			1
38	Unachievable									0.57%			1
39	Intentional Deviation									2.27%			1
40	General										Yes		1
41	Extraneous Information											17.60%	

For each defect classifier we indicate the authors who used it. The following information appears: **Yes** if we have no further information; the percentage of occurrence of a defect using the data of the experiment done with more data points; the quantity of defects; **merged** when the author used it merged with the classifier that is above that one; **Inadequate** when we consider that the classifier is not useful for requirements defects; **/incorrect**, indicating that the authors also used the 'incorrect' prefix; **/u/w/c/b** indicating the authors also used the prefixes 'Unclear', 'Wrong', 'Changed' and 'Better Way; **Formal Spec.** (Formal Specification) when we consider that such defect classifier would only be applicable if the requirements were specified with formal language.

A Brief Survey on Online Analysis of Movement Data

Joaquim P. Silva
School of Technology
Polytechnic Institute of Cávado and Ave
Barcelos, PORTUGAL
jpsilva@ipca.pt

Maribel Yasmina Santos
Information Systems Department
University of Minho
Guimarães, Portugal
maribel@dsi.uminho.pt

João Moura Pires
Science and Technology Faculty
New University of Lisbon
Lisboa, PORTUGAL
jmp@di.fct.unl.pt

Abstract—**The increasing availability of mobility data and the awareness of its importance and value have been motivating many researchers to the development of models and tools for analyzing movement data. This paper presents a brief survey of significant research works about modeling, processing and visualization of data about moving objects. We identified some key research fields that will provide better features for online analysis of movement data. As result of the literature review, we suggest a generic multi-layer architecture for the development of an online analysis processing software tool, which will be used for the definition of the future work of our team.**

Moving objects; data warehousing; on-line analytical processing; movement data analysis

I. INTRODUCTION

A moving object is a pervasive object that can change it position or size in time. New applications of mobile data are emerging as the collection of mobility data increases. Satellite positioning technologies and location aware devices are being used to gather data about people, animals, vehicles and other moving objects. The available data can be exploited by multiple applications, such as, finding human mobility patterns, vehicle traffic planning, leisure purposes, optimization of vehicle trajectories, or Location-Based Services (LBS).

The current top Database Management Systems (DBMS), such as Oracle DBMS, Microsoft SQL Server or IBM DB2, supports spatial data applications, but is not well appropriated for representing spatiotemporal data [1-3]. On the other hand, current Geographic Information Systems (GIS) were conceived to process traditional, static or slow changing, geospatial data, but are unsuitable to represent dynamic spatial data, as is the case of the movement of objects [2]. New data models to represent moving objects have been proposed to deal with movement data; spatiotemporal access methods have been developed for increasing efficiency of movement data manipulation.

To explore this vast amount of raw data in order to transform it into useful knowledge, researchers are proposing the use of data warehousing (DW), Online Analytical Processing (OLAP) and data mining techniques. The data warehouse was conceived to be the enterprise's data repository, working as an integrated data repository that is organized around the main subjects of the organization. The implemented model is usually easy to understand and is optimized to query operations [4]. Online analysis is performed by the use of an intuitive and responsive software tool, such as OLAP, for the appropriated visual analysis of the data. The OLAP concept was proposed by E. F. Codd *et al.* [5] to enhance the querying of the data stored in data warehouse systems. OLAP systems include a set of tools and algorithms that enable easily and efficiently querying data warehouses with huge amounts of data.

However, traditional DW and OLAP systems are not able to cope with the spatial or geospatial dimension of movement data. Several works have proposed data warehouse systems for support the online analysis of movement data [6-8]. . In order to provide the analysis of data with spatial and temporal characteristics, OLAP systems should integrate spatial analysis features, which can be obtained by the integration of GIS features in OLAP systems. Because moving objects can generate huge amount of quite complex data, data mining techniques are being used in the aggregation and summarization of movement data [9,10].

The main scientific contributes of this paper are a brief survey about methods and tools for the analysis of movement data and a generic multi-layer architecture for the development of an online analysis software tool for movement data. The paper is organized as follows. Section 2 presents the fundamental concepts associated with moving objects. Section 3 focuses on mobility databases and data warehouses, while section 4 is dedicated to online analysis for moving objects.

The generic multi-layer architecture is explained in section 5. Last section presents a brief conclusion and the future work.

II. MOVING OBJECTS MODELLING

The most relevant research works about moving objects we found are based on 2D-space model and represent moving objects as points, lines or regions. Distinct spatial data types can be defined depending on the modelling approach, which can be continuous or discrete. Based in the continuous approach, three kinds of basic abstract spatial data types were defined [11]: point, line and region. To capture time, the initial spatial data model was extended to include two basic data types, *mpoint* and *mregion*, defined as mappings from time into space (see Fig. 1). Forlizzi *et al.* [12] stressed the fact that these abstract models are needed but are more difficult to implement, and proposed a discrete data model for the abstract data model proposed in [11]. Forlizzi *et al.* presented a correspondence between abstract and discrete data types. The transformation into discrete spatiotemporal types was made using a time *sliced representation*, i.e., through the decomposition of a continuous value into fragments, called "slices".

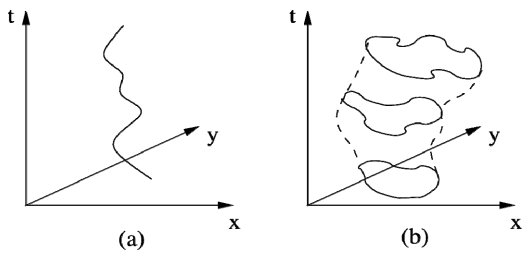


Figure 1. Continuous representation of a moving point (a) and a moving region (b) [14]

Although all these developments, there is no de facto standard data location model for moving objects, which is the core of moving objects modelling. The most obvious approach is to store the location of each moving object periodically. Wolfson identified several problems with this approach, such as query weakness and resource inefficiency, and proposed a trajectory-based location model to overcome it [15]. Current DBMS do not handle moving object type of data very well because it would require too high data update frequency, which could cause serious performance problems. Therefore, indexing moving objects databases was the aim of many works [16,17]. A moving objects database should store predicted data and provide query capability for querying such data [14]. In a comprehensive survey presented in [18], spatiotemporal access methods are classified into four categories: (1) Indexing the past data – are restricted to fixed networks, work by building line- trajectories or are trajectory oriented; (2) Indexing the current data – deal with frequent updates of objects positions; (3) Indexing the future data – predict the future positions of the objects; and (4) Indexing data at all points of time – provide, usually trajectory-based, past, present and future objects positions.

The focus of our research is the online analysis of data that is generated by gathering the position of moving objects through time. This research will not address the problem of how to know, in real-time, the location of moving objects. Therefore, in the next sections, we restrict our study to historical movements of moving points; it will not include the approaches to address the modelling of future movements, as well as moving regions issues.

III. MOBILITY DATABASES AND DATA WAREHOUSES

Spatiotemporal databases support temporal evolution as well as spatial management of objects data and can deal with geometries changing over time. The Event-based Spatio Temporal Data Model (ESTDM) was proposed to assist the analysis of temporal changes by mean of the integration of a time dimension in GIS raster-based systems [19]. Kim et al. [20] designed and implemented a spatiotemporal query-processing prototype, based in a conventional database management system, which was able to answer to spatiotemporal queries. They suggested a logical spatiotemporal database model to represent spatial and historical information within databases, and proposed a spatiotemporal database query language, named STQL, as superset of the conventional SQL language, which can process spatial and temporal attributes. However, all code and data has to be loaded into memory, and no spatiotemporal join, indexing or aggregation issues were taken into consideration.

In the context of moving objects research, several other spatiotemporal database systems have been developed. Here, we highlight SECONDO and HERMES systems. Güting et al. [21] developed the SECONDO system for implementing the moving objects data model they proposed [13]. SECONDO is based in a extensible architecture, consisting of three major components: the kernel, the optimizer and the GUI. The kernel could be supported by different DBMS and is extensible by data models. The optimizer assumes an object relational model and supports an SQL-like language. SECONDO supports spatiotemporal indexing and was designed for support the development of spatial and spatiotemporal algorithms and applications.

In the context of LBS, Pelekis et al. [22] implemented the HERMES system for querying trajectory data. Instead of using the moving object database (MOD) for maintaining the moving objects current position, HERMES provides a trajectory database, which the authors argue is more appropriated for LBS. HERMES is developed as an extension to the Oracle DBMS and supports advanced querying on trajectories, including coordinated-based queries (e.g. range, nearest neighbour queries), trajectory-based queries (e.g. topological, navigational, similarity-based queries) or combination of both.

As we said before, although current DBMS are not appropriated to support the storage and query processing of movement data, top market DBMS already support spatial data types. Therefore current DBMS can be used to store the huge amounts of movement data and are suitable to support the

implementation of mobility data warehouses. A spatial data warehouse integrates typically spatial data, and both dimensions attributes and fact measures can be associated to spatial data. According to Han *et al.* [23], a spatial data warehouse "*is a subject-oriented, integrated, time-variant, and non-volatile collection of both spatial and non-spatial data in support of management's decision-making process*". Thus, the spatial data warehouse is an appropriate source for on-line spatial data analysis and spatial data mining. In a spatial data cube, there are three types of dimensions [23,24]: 1) descriptive dimension without spatial attributes; 2) mixed spatial dimension, containing both kinds of attributes; and 3) geometric or spatial dimension containing only spatial attributes.

All the data warehouse systems proposed for support the online analysis of movement data that we analysed [6-8], transform the movement data into trajectories. Trajectory data warehouses aim to provide relevant information about moving objects trajectories, such as travelled distance, average speed, maximum acceleration and presence of distinct trajectories [7].

In spite of competence to handle spatiotemporal data, neither SECONDO nor HERMES can be used as a tool for online analysis of movement data. First, they do not provide an easy and efficient query system for the use of the analysts, such as available on OLAP systems; and second, they do not provide an appropriate interface for the processing of geospatial data, such as implemented by GIS tools. Thereby, the use of spatial data warehouses emerges as a viable alternative for the development of tools that enable analysis of data movements.

IV. Online Analysis of Moving Objects

One of the biggest issues with spatial data warehouses is the execution of OLAP queries for analysing and exploring data that have spatial and temporal characteristics. SOLAP was first termed by Bédard, *apud* Rivest et al. [25], who defined it as "a visual platform built especially to support rapid and easy spatiotemporal analysis and exploration of data following a multidimensional approach comprised of aggregation levels available in cartographic displays as well as in tabular and diagram displays". OLAP operations with spatial measures raise challenging issues on the efficiency of the performed implementations. Furthermore, spatial OLAP requires the definition of new concepts, operations and similarity metrics to support the aggregation and summarizing of movement data.

A. Spatial OLAP

To enhance spatial queries performance, Han *et al.* [23] developed a method for selective materialization of a data cube by pre-computing selected spatial aggregations, balancing the cost of on-the-fly computation with the storage overhead of the pre-computed aggregations. The method facilitates both on-line spatial data analysis and spatial data mining, and includes two algorithms for selection of spatial objects able to be merged. In order to enhance the efficiency of spatial queries that require on-the-fly computation, Papadias et al. [26] developed a method that combines spatial indexing with the pre-aggregated results. They propose a data structure, named aR-tree, which combines a spatial index with the materialization technique. The aR-tree is a R-Tree that stores the value of the aggregation function for all objects enclosed in each minimum bounding rectangle (MBR). Therefore, an aggregation query is more efficient, since part of the answer is found in the intermediate nodes of the tree and the query does not need to access all the enclosed objects.

Papadias et al. [27] identified three basic barriers of traditional techniques when applied directly in spatiotemporal applications: 1) no support for ad-hoc hierarchies that are not known at the design time; 2) lack of spatiotemporal indexing methods; and 3) limited support for dimension versioning and volatile regions. Dimensioning versioning allows data cube analysis with dimensions that evolve over time. Volatile regions are those that change their extents over time. To overcome these obstacles, they proposed a solution to these three problems based in the creation of spatiotemporal structures that integrate indexing with the pre-aggregation technique, keeping summarized information inside the index to boost aggregation queries with arbitrary groupings.

Most of the research with Spatiotemporal OLAP focuses in the query efficiency, using computational pre aggregation, index mechanisms or both techniques. An excellent survey on spatiotemporal aggregate computation describes and formalises the different kinds of aggregations over moving objects (Lopez, Snodgrass, & Moon, 2005): aggregation on explicit attributes, temporal aggregation, spatial aggregation and spatiotemporal aggregation.

B. Spatial OLAP Systems

Many research publications describe the implementation of SOLAP systems. Using a SOLAP tool, a user has the ability to conduct the analysis without having to master a query language or to know and understand the underlying structure of the database, which may be very complex in the case of spatiotemporal databases. Based in an SOLAP system prototype, developed previously by the research group, Rivest et al. [25] described an application example to demonstrate the features of a new SOLAP technology, such as the visualization and manipulation of the geometric component of the spatial data, the database navigation operators, the synchronization of the displays and the graphical symbology, and the interactive legends.

The work developed by Bédard and his team on SOLAP concepts and systems is remarkable. They provided a truly easy and useful system for the online analysis of spatiotemporal data, even when in a context of evolving specifications [28]. Based in the same concepts, Bimonte *et al.* [29] went a bit further and presented a use case where spatial measures provide better decision support. They developed a spatial multidimensional data model and identified two requirements for dealing with complex spatial measures: (1) support *n* to *n* relationships between fact and dimensions; and (2) model measures as complex entities with support to inter-dependent attributes and aggregation functions.

The PIET system is another significant SOLAP system that resulted from a loosely coupled integration of GIS and OLAP. In the PIET system both kinds of data are maintained

separately [30]. PIET data model provides a formal framework for integrating spatiotemporal data with OLAP and data warehousing. PIET makes use of a two-phase query processing technique: 1) a process called *subpolygonization* decomposes each thematic layer into open convex polygons; 2) the overlay of those layers is computed and stored in a database for later use by the query processor. PIET model and implementation supports standard GIS and OLAP queries, geometric aggregation queries (e.g., "total population in countries with more than three airports") and integrated GIS-OLAP queries (e.g., "total sales by product in cities crossed by a river").

However, in the spite of the extendible implementation of analytical features for spatiotemporal data, we did not found SOLAP concepts and implementations that cope with dynamic spatiotemporal data, such as moving objects data.

C. OLAP for Moving Objects

Several relevant contributions are helping to implement true online analysis of movement data. Damiani and Spaccapietra [31] proposed the Multigranular Spatial Data Warehouse Model (MuSD), which is a formal model based on the concept of spatial measures at multiple levels of geometric granularity. The MuSD model has the following distinctive characteristics: (1) a spatial measure represents the location of a fact at multiple levels of spatial granularity; (2) spatial dimension and spatial measures are represented in terms of OGC features; (3) spatial measures at different spatial granularity can be dynamically computed by applying a set of coarsening operators. A measure of this kind is, for example, the location of an car accident: depending on the application requirements, an accident may be represented by a point along a road, a road segment or the whole road, possibly at different cartographic scales. The MuSD model defined the algebra of SOLAP operators to enable user navigation and data analysis.

In order to facilitate trajectory data analysis in different application domains, Alvares et al. [32] advocate the enrichment of trajectories with semantic geographical information. They proposed a data pre-processing model that adds semantic information to trajectories to simplify queries, analysis, and mining of moving objects data. The complexity of most queries is reduced from a spatial query to a conjunctive query after the execution of an algorithm that extracts *stop* and *moves* from raw trajectories.

Baltzer *et al.* [10] developed an OLAP framework for trajectories analysis that answers aggregate queries with respect to the spatial movements of a set of objects represented in a relational table. A new operator GROUP TRAJECTORIES for group-by operations on trajectories was introduced. It includes three alternative implementations for computing groups of trajectories for group-by aggregation: group by overlap, group by intersection, and group by overlap and intersection. The algorithms assume the objects move on a 2D spatial grid and the results are dependent from several input parameters. No performance issues where taken into account.

Trajectory Data Warehouses (TWD) have been proposed by several authors. Orlando *et al.* [7] followed an approach based on classical data warehouse concepts and the use of a commercial efficient tool and system, the Oracle database management suite. The TDW was aimed to study the trajectory properties such as average speed, travel led distance, maximum acceleration, and presence of distinct trajectories. The granularity of the fact table is given by a regular three-dimensional grid on the spatial and temporal dimensions (x,y,t), where the facts are the set of trajectories which intersect each cell of the grid. The study focused in loading and computation in the ETL (Extract, Load and Transform) process of a complex aggregate measure, the *presence*, which can be defined as the number of distinct trajectories lying in a cell.

Marketos *et al.* [6] implemented a TWD system, based in the HERMES framework, and developed trajectory-oriented ETL processes for the creation of spatial measures. The trajectories are first constructed and stored in the HERMES moving objects database, and then loaded in the TDW. Like in the previous approach, only numeric measures are loaded into a fact table, and conform dimensions cells defined by a multilevel spatial dimension and a time dimension. A third dimension provides the profile of the moving objects. In the ETL phase, the following measures are computed: count trajectories, count users, average distance travelled, average speed, average travel duration, and average absolute acceleration. Like in the previous TDW, the distinct count problem was specifically addressed. The aggregate computation of the presence is not trivial because many indexing techniques suffer from the distinct count problem.

Based in the PIET framework, Gómez et al. [8] developed an extension to trajectory data by the definition of a moving object fact table (MOFT) that stores the id and the position scans for each object. In order to reduce the amount of data generated by periodic position observations, a small MOFT was created by the semantic extraction of *stop* and *moves*. The small MOFT stores all object stops: the object id, the geographic id, the initial *stop* time and the final *stop* time. Both tables are factless fact tables. A query language, based on regular expressions, called RE-SPaM, was developed with the objective to find out sequential patterns in trajectory databases. Aggregation is performed on top of this language, applying aggregate operators to the sequences that are in the query result. The support of rollup functions, it allows performing mining at different levels of aggregation and it is possible go back to the base data, in order to support any kind of queries. Association rule analysis can also be supported by this approach.

V. Generic Multi-layer Architecture for Online Analysis of Movement Data

As a result of the literature review presented in the previous section, we have conceived a generic multi-layer architecture that is organized into four layers (see Fig. 2). The architecture aims to integrate seamlessly GIS and OLAP concepts and encompass both MOD and TDW in order to be able to answer to a broad scope of queries. OLAP and GIS tools seek to improve the data access through easy visual interaction. GIS lacks analytical features and OLAP is unsuitable to analyze spatial data; the integration seeks to get the best of both worlds.

OLAP requires the use of different levels of granularity to allow the analysis of data at different levels of detail. The

OLAP *roll up* operation is based in the summarization and aggregation of the measures, what poses several issues in the case of movement data. Baltzer *et al.* [10] proposed new OLAP operators based in data mining techniques. But, data mining is also very important to provide adequate visual analysis of movement data [9,33]. Data mining aims to map low-level data, usually huge and not easily understandable, into other forms that might be more compact, more abstract or more useful. For that reasons is fundamental to integrate data mining techniques as a fundamental component of the architecture.

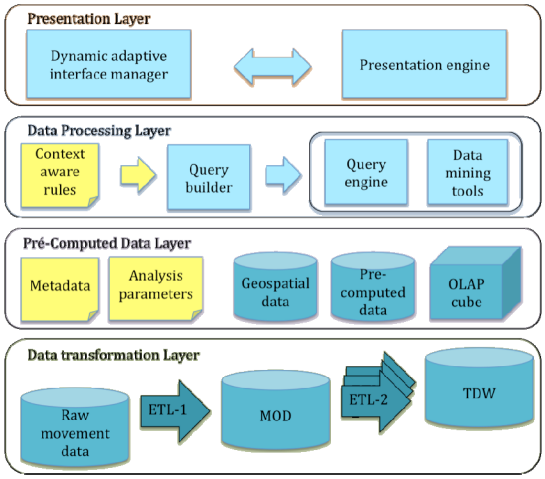


Figure 2. Generic multi-layer architecture

The generic multi-layer architecture encloses the main components that should be integrated in a software system for online analysis of movement data. These components are organized into four layers:

- **Data transformation layer** includes the data sources, a moving objects database (MOD), a TWD, and the ETL processes. ETL-1 represents the ETL process that cleans the raw movement data, converts it to adequate moving objects format and loads the data into the MOD. ETL-2 represents the ETL processes that build the trajectories from data extracted from the MOD. ETL-2 process can be repeated with different analysis parameters and can be used to the enrichment of data with semantics, such as proposed in [32] and according to the analysis parameters. According to Macedo *et al.* [34], the trajectory is defined as a core entity of our TDW data model, while the moving object stands as the core entity of the MOD.
- **Pre-computed data layer** is composed by the OLAP cube, the pre-computed data, the geospatial data repository, the analysis parameters, and the metadata definitions. The analysis parameters will save configurable definitions that could be adjusted by the analyst accordingly with the application context. Configurable parameters can be used to tune the ETL process, as an input to the query builder or even as a context definition in the presentation layer. Pre-computed data, which can be obtained from the OLAP cube, the geospatial data repository, the MOD or the TDW, will be stored, whenever it is opportune, to enhance the queries performance.
- **Data processing layer** has four main components, the query builder, the query engine, the data-mining module, and the context aware rules module. The query builder can submit queries to the distinct databases and call data mining routines. The context aware rules module will bring some intelligence to the system behavior, providing an input to the query builder and the dynamic adaptive interface manager, so the system can automatically choose the more adequate query visualization format.
- **Presentation layer** comprises two main components and is crucial for the successfully implementation of online analysis tools. The dynamic adaptive interface manager will help to configure the interface according to the query results. The presentation engine is the component that will generate the data output.

Many issues arise to fully implement a software solution according to the described architecture. We can find easily numerous challenges, concerning all the four layers, which can be used for conducting scientific research.

VI. Conclusion

The potential for the use of online analysis is increasing every day, as a consequence of the augment of the collection of movement data and the emergence of new applications for movement data. So, there is a vital need to develop online analysis tools for movement data, even if those tools are not the more complete and fully suitable. In the literature research, we found several interesting but incomplete analysis tool proposals, which are far from fulfil the complete list components described in the previous section.

All the TDW and (spatial) OLAP systems described previously implement space as a data warehouse dimension, such as time is usually modelled in data warehouses. So, all proposals are constrained to a 2D space grid or hierarchical multilevel space domain. The moving objects data warehouses we found are TDW, because it should be more advantageous as argued Pelekis et al. [22]. In the TDW presented in [6-8], moving object is a dimension entity, space and time are converted in dimensions, the central fact is the position of the moving object, and several nonspatial measures are added, such as distance, speed, bearing or acceleration.

The design of the generic multi-layer architecture, described in previous section, was based in, but not limited to, the presented literature review. Several other research papers have inspired us, but could not be included in this paper. The proposed architecture will be now used as a reference for the development of an online analysis tool.

REFERENCES

[1] M. Wachowicz, A. Vázquez-Hoehne, D. Ballari, D. Orellana-Vintimilla, and A. Rodríguez-de-Castro, "Human Mobility Patterns: A Source of Geospatial Knowledge," *The European Journal for The Informatics Professional*, vol. X, 2009, pp. 16-23.

[2] A. Prasad Sistla, O. Wolfson, S. Chamberlain, and S. Dao, "Modeling and querying moving objects," *Proceedings. 13th International Conference on Data Engineering*, 1997, pp. 422-432.

[3] O. Wolfson, B. Xu, L. Jiang, and S. Chamberlain, "Moving Objects Databases: Issues and Solutions," *Scientific and Statistical Database Management, International Conference on*, Los Alamitos, CA, USA: IEEE Computer Society, 1998, pp. 111-122.

[4] R. Kimball, *The data warehouse lifecycle toolkit: expert methods for designing, developing, and deploying data warehouses*, Wiley, 1998.

[5] E.F. Codd, S.B. Codd, and C.T. Salley, *Providing OLAP (on-line analytical processing) to user-analysts: An IT mandate*, Technical report, EF Codd and Associates, 1993.

[6] G. Marketos, E. Frentzos, I. Ntoutsi, N. Pelekis, A. Raffaetà, and Y. Theodoridis, "Building real-world trajectory warehouses," *Proceedings of the 7th ACM International Workshop on Data Engineering for Wireless and Mobile Access*, Vancouver, Canada: ACM, 2008, pp. 8-15.

[7] S. Orlando, R. Orsini, A. Raffaetà, A. Roncato, and C. Silvestri, "Trajectory data warehouses: Design and implementation issues," *Journal of Computing Science and Engineering*, vol. 1, 2007, p. 240–261.

[8] L. Gómez, B. Kuijpers, B. Moelans, and A. Vaisman, "A Survey of Spatio-Temporal Data Warehousing," *International Journal of Data Warehousing and Mining*, vol. 5, 2009, p. 28–55.

[9] G. Andrienko, N. Andrienko, and S. Wrobel, "Visual analytics tools for analysis of movement data," *ACM SIGKDD Explorations Newsletter*, vol. 9, 2007, p. 38–46.

[10] O. Baltzer, F. Dehne, S. Hambrusch, and A. Rau-Chaplin, "OLAP for Trajectories," *Proceedings of the 19th international conference on Database and Expert Systems Applications*, Turin, Italy: Springer Berlin Heidelberg, 2008, pp. 340-347.

[11] M. Erwig, R.H. Güting, M. Schneider, and M. Vazirgiannis, "Spatio-Temporal Data Types: An Approach to Modeling and Querying Moving Objects in Databases," *GeoInformatica*, vol. 3, 1999, pp. 269-296.

[12] L. Forlizzi, R.H. Güting, E. Nardelli, and M. Schneider, "A Data Model and Data Structures for Moving Objects Databases," *Proceedings of ACM SIGMOD 2000*, Dallas, Texas, USA: 2000, pp. 319-330.

[13] R.H. Güting, M.H. Böhlen, M. Erwig, C.S. Jensen, N.A. Lorentzos, M. Schneider, and M. Vazirgiannis, "A foundation for representing and quering moving objects," *ACM Transactions on Database Systems*, vol. 25, 2000, pp. 1-42.

[14] R. Praing and M. Schneider, "A universal abstract model for future movements of moving objects," *The European Information Society*, 2007, p. 111–120.

[15] O. Wolfson, "Moving Objects Information Management: The Database Challenge," *Proceedings of the 5th International Workshop on Next Generation Information Technologies and Systems*, Springer-Verlag, 2002, pp. 75-89.

[16] S. Saltenis, C.S. Jensen, S.T. Leutenegger, and M.A. Lopez, "Indexing the positions of continuously moving objects," *Proceedings of the 2000 ACM SIGMOD international conference on Management of data*, Dallas, Texas, United States: ACM, 2000, pp. 331-342.

[17] H. Chon, D. Agrawal, and A. Abbadi, "Storage and Retrieval of Moving Objects," *Mobile Data Management*, Springer Berlin / Heidelberg, 2001, pp. 173-184.

[18] L.V. Nguyen-Dinh, W.G. Aref, and M.F. Mokbel, "Spatio-Temporal Access Methods: Part 2 (2003-2010)," *Data Engineering*, vol. 33, 2010, pp. 46-55.

[19] D.J. Peuquet and N. Duan, "An event-based spatiotemporal data model (ESTDM) for temporal analysis of geographical data," *International journal of geographical information systems*, vol. 9, 1995, p. 7.

[20] D.H. Kim, K.H. Ryu, and C.H. Park, "Design and implementation of spatiotemporal database query processing system," *Journal of Systems and Software*, vol. 60, Jan. 2002, pp. 37-49.

[21] R. Güting, V. Almeida, D. Ansorge, T. Behr, Z. Ding, T. Hose, F. Hoffmann, M. Spiekermann, and U. Telle, "Secondo: An extensible DBMS platform for research prototyping and teaching," *Data Engineering, 2005. ICDE 2005. Proceedings. 21st International Conference on*, IEEE, 2005, p. 1115–1116.

[22] N. Pelekis, E. Frentzos, N. Giatrakos, and Y. Theodoridis, "HERMES: aggregative LBS via a trajectory DB engine," *Proceedings of the 2008 ACM SIGMOD international conference on Management of data*, Vancouver, Canada: ACM, 2008, p. 1255–1258.

[23] J. Han, N. Stefanovic, and K. Koperski, "Selective materialization: An efficient method for spatial data cube construction," X. Wu, R. Kotagiri, and K. Korb, eds., Springer Berlin / Heidelberg, 1998, pp. 144-158.

[24] S. Rivest, Y. Bédard, M.J. Proulx, M. Nadeau, F. Hubert, and J. Pastor, "SOLAP technology: Merging business intelligence with geospatial technology for interactive spatio-temporal exploration and analysis of data," *ISPRS journal of photogrammetry and remote sensing*, vol. 60, 2005, p. 17–33.

[25] S. Rivest, Y. Bedard, and P. Marchand, "Toward better support for spatial decision making: defining the characteristics of spatial on-line analytical processing (SOLAP)," *GEOMATICA*, vol. 55, 2001, p. 539–555.

[26] D. Papadias, P. Kalnis, J. Zhang, and Y. Tao, "Efficient OLAP Operations in Spatial Data Warehouses," *Proceedings of the 7th International Symposium on Advances in Spatial and Temporal Databases*, Springer-Verlag, 2001, pp. 443-459.

[27] D. Papadias, Y. Tao, P. Kalnis, and J. Zhang, "Indexing spatio-temporal data warehouses," *Proceedings of ICDE*, 2002, pp. 166-175.

[28] M. Miquel, Y. Bédard, A. Brisebois, J. Pouliot, P. Marchand, and J. Brodeur, "Modeling Multi-dimensional Spatio-Temporal Data Warehouses in a Context of Evolving Specifications," *International Archives Of Photogrammetry Remote Sensing And Spatial Information Sciences*, vol. 34, 2002, p. 142–147.

[29] S. Bimonte, A. Tchounikine, and M. Miquel, "Towards a Spatial Multidimensional Model," *Proceedings of the 8th ACM international workshop on Data warehousing and OLAP*, Bremen, Germany: ACM, 2005, pp. 39-46.

[30] A. Escribano, L. Gomez, B. Kuijpers, and A.A. Vaisman, "Piet: a GIS-OLAP implementation," *Proceedings of the 10th ACM international workshop on Data warehousing and OLAP*, Lisboa, Portugal: 2007, p. 73–80.

[31] M.L. Damiani and S. Spaccapietra, "Spatial data warehouse modelling," *Processing and Managing Complex Data for Decision Support*, J. Darmont and O. Boussaid, eds., Hershey PA, USA: Idea Group Publishing, 2006, p. 12–27.

[32] L.O. Alvares, V. Bogorny, B. Kuijpers, J.A.F. de Macedo, B. Moelans, and A. Vaisman, "A model for enriching trajectories with semantic geographical information," *Proceedings of the 15th annual ACM international symposium on Advances in geographic information systems*, Seattle, Washington: ACM, 2007, pp. 1-8.

[33] G. Andrienko and N. Andrienko, "Spatio-temporal aggregation for visual analysis of movements," *IEEE Symposium on Visual Analytics Science and Technology. VAST'08.*, IEEE, 2008, p. 51–58.

[34] J. Macedo, C. Vangenot, W. Othman, N. Pelekis, E. Frentzos, B. Kuijpers, I. Ntoutsi, S. Spaccapietra, and Y. Theodoridis, "Trajectory data models," *Mobility, Data Mining and Privacy*, 2008, p. 123–150.

Mapping Different Communication Traffic over DDS in Industrial Environments

Ismael Etxeberria-Agiriano[1], Isidro Calvo[2], Federico Pérez[2] and Oier García de Albeniz[2]

[1,2]{ismael.etxeberria, isidro.calvo, federico.perez, oier.garciadealbeniz}@ehu.es

[1]Dept. of Computer Languages and Systems
[2]Dept. of Automatic Control and Systems Engineering
University of the Basque Country
C/Nieves Cano, 12, 01006, Vitoria-Gasteiz
SPAIN

Abstract – **This paper describes the different communication patterns followed in industrial communications and maps them into DDS (Data Distribution Service) which is a recent middleware specification. This specification follows the publisher/subscriber paradigm and it is characterized by providing an API that allows tuning the QoS (Quality of Service) of the applications with a large set of parameters. This paper proposes using DDS as the backbone for industrial communications at the control level. In particular, we advocate its use to combine sending critical information such as alarms and real-time periodic information with less critical information related to configuration, diagnostic or maintenance operations.**

Keywords –Middleware, QoS, Industrial Communications, Publisher/Subscriber, Client/Server

I. INTRODUCTION

During the last years, the complexity of industrial communications has increased due to the rise of the amount of data used to improve the production processes. This problem has yield to the so-called automation pyramid (see Fig. 1), which consists of different layers that allow separating the solutions used at every layer in order to solve the whole problem of industrial communications. Traditionally, different communication technologies have been used at the different layers. As Fig. 1 shows, at the bottom layers of the architecture specialized technologies such as Profibus or CAN, known as fieldbuses, were used. This type of networks solve the particularities of automation applications such as distributing short packages of data with high frequencies and providing real-time guarantees. On the other extreme, at the top layers of the automation pyramid, the communication requirements change. Typically, they are not so time-critical but require sending data of larger size that, most of the times, are processed with office computers. At these layers typical office networks, such as Ethernet or Wi-Fi, are used.

However, during the last years some office networks, and in particular Switched Ethernet or Ethernet-modified architectures, are gaining increasing acceptation at the bottom levels of the pyramid for creating distributed automation applications [1]. There are several reasons for this shift:

1. Intelligence is being moved to individual distributed components decentralizing the applications.
2. Vertical integration is gaining higher importance.
3. Strong demands for the use of IT standards that reduce the cost of the communication hardware.

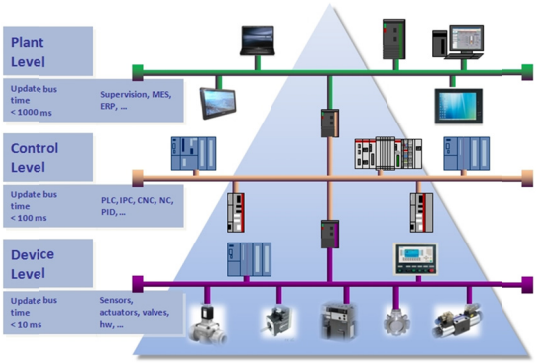


Figure 1. Automation pyramid.

In addition, an increasing number of vendors of industrial devices such as Programmable Logic Controllers (PLC) or Robots are adopting RTOSs (Real-Time Operating Systems) or improved versions of general purpose OSs (like Windows or Linux). This trend is determined by the demand for a new generation of devices based on open platforms which may reduce the hardware costs and offer new possibilities. Thus, these platforms are able to adopt state-of-the-art, modular software technologies as a way to reduce the complexity required for the devices.

In this context, middleware solutions simplify the design of communications and solve the problem of the heterogeneity of platforms due to the existence of multiple non-compatible manufacturers. Some examples of these middleware technologies allowing the integration of control devices are CORBA [2, 3], OPC [4, 5], Web Services [6] and DDS [7].

In particular, DDS (Data Distribution Service) is a middleware specification defined by the OMG which follows the publisher/subscriber paradigm. DDS provides several

mechanisms to specify and manage the Quality of Service (QoS) requirements in real-time communications.

However, the nature of the communications in industrial applications requires mixing different traffic patterns. Particularly, some operations require a request/response following the client/server approach whereas other data must be delivered simultaneously to a set of recipients following the publisher/subscriber paradigm. Unfortunately, most middleware technologies do not mix both paradigms, but they follow one of them (client/server in the case of CORBA vs. publisher/subscriber in the case of DDS). In addition, control level communications require guarantees that real-time data will be sent without being jeopardized by sending non-critical data over the same media.

This paper focuses on mapping the different types of traffic involved among the controllers at the control layer, such as PLCs, robots or industrial PCs, over DDS. This approach exploits the QoS mechanisms offered by DDS. Other works have proposed using DDS automation environments such as [13] where DDS QoS mechanisms are analyzed from the point of view of automation applications or [14] where SIFBs to implement publisher/subscriber communications over the IEC61499 standard are proposed.

The layout of the paper is as follows. Section 2 describes the DDS specification with special attention on QoS aspects. Section 3 characterizes the control communications in industrial automation. In Section 4 the mapping of industrial communications into DDS using QoS is proposed. The final section draws conclusions and proposes the future steps of this research.

II. DATA DISTRIBUTION SERVICE (DDS)

The Data Distribution Service (DDS) [7] is a recent specification released by the Object Management Group (OMG) that provides a platform-independent middleware for data centric publish/subscribe applications. DDS implements some of the best practices followed by specific real-time data distribution middleware products developed by companies like RTI [15] and Thales. Although initially there were few DDS products, nowadays the number of DDS vendors is increasing and there even exist some open source products, such as OpenDDS [16] or OpenSplice [17].

One of the main characteristics of DDS, in addition to ensuring deterministic data exchange, is providing mechanisms for the management of many Quality of Service (QoS) aspects to meet application requirements. In contrast with message-oriented paradigms, instead of exchanging data in the form of messages, DDS uses a platform independent way to define the data to be sent inherited from the CORBA specification known as IDL (Interface Definition Language). This approach allows the automatic generation of communication source code for specific target platforms.

DDS allows combining different programming languages (mainly C, C++ and Java) and operating systems (such as Windows, VxWorks, QNX, Lynx and other Unix/Linux derivatives).

DDS defines a virtual Global Data Space that may be accessed by applications from heterogeneous platforms. By following a publisher/subscriber many-to-many paradigm, publishers produce/write information that can be consumed/read by subscribed applications which are decoupled in time, space and synchronization. This means that an application joining the system may subscribe and obtain persistent data that was issued at an earlier instant. This general communication scheme is depicted in Fig. 2.

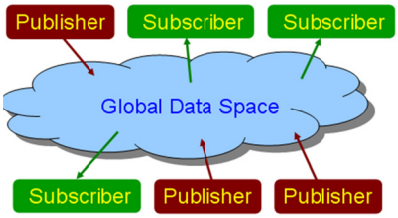


Figure 2. DDS Global Data Space.

The basic data information unit that flows from publishers to subscribers in DDS is the **Topic**. Applications declare their intention to publish topics and to subscribe to topics on a domain. This interrelation is illustrated in Fig. 3.

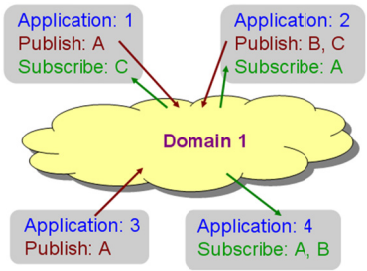


Figure 3. Topics in domain 1.

DDS defines the Data-Centric Publish-Subscribe (DCPS) model, a topic-based API involving the following entities [7]:

- **Topic** – Information unit that atomically connects publishers and subscribers, identified by a name. It allows anonymous and transparent communications. Topic instances are data objects distinguished by a key, defined using a subset of IDL.
- **Domain** – Communication context which provides a virtual environment, isolating different concerns and thereby optimizing communications.
- **Domain Participant** – Entity taking part of an application in a domain.
- **Data Writer** – Entity intending to publish a Topic, providing type-safe operations to write/send data.
- **Data Reader** – Entity intending to subscribe a Topic, providing type-safe operations to read/receive data.
- **Publisher** – Entity created by a Domain Participant to manage a group of Data Writers.

- **Subscriber** – Entity created by a Domain Participant to manage a group of Data Readers.

Fig. 4 represents the interaction of these entities. The middleware dynamically detects new participants in the system and establishes connections between publishers and subscribers for a specific Topic. There are two different approaches to achieve this: Callback and Waitset. The former is a listener-based non-blocking asynchronous mechanism; the latter is a blocking synchronous mechanism that awakes an application when a desired condition is met.

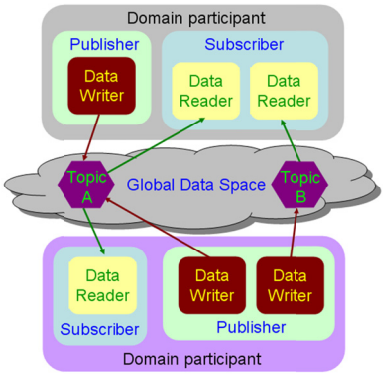


Figure 4. Interrelated DDS entities.

There are several QoS policies that can be configured at different DDS entity levels: topics, data writers, data readers, publishers and subscribers. These QoS policies allow the configuration of aspects like data availability, durability/volatility, delivery priority and reliability, timeliness (e.g. latency and deadlines), and infrastructure. The enumeration of the available policies at the current specification can be found in Table I.

TABLE I. LIST OF DDS QUALITY OF SERVICE POLICIES

DDS QoS policies	
Deadline	Ownership Strength
Destination Order	Partition
Durability	Presentation
Durability Service	Reader Data Lifecycle
Entity Factory	Reliability
Group Data	Resource Limits
History	Time-Based Filter
Latency Budget	Topic Data
Lifespan	Transport Priority
Liveliness	User Data
Ownership	Writer Data Lifecycle

These policies must be publisher/subscriber compatible under an RxO (Request vs. Offered) contract, which may concern different entities, mostly topics, data writers and data readers.

This commercial off-the-shelf (COTS) technology is being increasingly adopted in many military and civil sectors: aerospace, traffic control systems, SCADA or robotics and automation [13]. Other works propose using DDS for sending multimedia traffic, e.g. [18] in collaborative applications. Also, there are some works such as [19] that describe the main entities used in DDS and how to build critical applications. However, these works do not address the problem of mixing different types of traffic in industrial communications.

III. CONTROL COMMUNICATIONS IN INDUSTRIAL AUTOMATION

The control layer of the automation pyramid allows connecting different types of process controllers (mainly industrial PCs, robots and PLCs). At this level, at least three different communication types must be provided:

1. **Non-Real-Time Communications**. They are used in configuration and parameterization operations, diagnostics of distributed devices, sending reference signals for process control and providing eventual access to process data. In general, these operations support configuration and monitoring aspects of industrial control applications. These communications cover the needs of plant engineering tools including Supervisory Control and Data Acquisition packages (SCADA), as well as support for higher level applications like Manufacturing Execution Systems (MES) and Enterprise Resource Planning (ERP) software packages. Typical required times for handling the messages of this kind may reach up to 100 milliseconds.
2. **Cyclical Process Communications**. This type of communication covers the real-time needs for the process data transfer. This is the basic communication relationships to support communications that allow the execution of distributed control algorithms among several devices of a system. These are the transfer relationship of the classical automation signals. In these cases process variable update times may reach up to several tens of milliseconds (10, 50, 100 ms). Usually, the jitter in the update times of this type of process variables communication may be acceptable if kept below the 15%. The maximum accepted latency depends on the applications, but a typical value is connected to the value of the tasks periods.
3. **Acyclic Process Communications**. This type of communication is typically used to distribute alarms and events. Also, this type of communication is used to distribute other process data in an acyclic way. This information must be delivered satisfying certain real-time constraints such as a maximum latency which varies quite a lot since it is closely related to the nature of the applications. With regards to the maximum acceptable jitter in the transmission of this kind of data it also must also be below a specific threshold.

The different types of communication described above may be mapped into different paradigms. Traditionally, ad hoc point to point configured links have been used to communicate controllers in a best effort paradigm to perform control communications. Nowadays, new technologies, such as middleware that implement client/server (C/S) or publisher/subscriber (P/S) paradigms are being used.

Thus, both cyclic and acyclic process communications may be easily distributed over middleware using a P/S paradigm, providing that certain QoS constraints are met. These kinds of information frequently require sending the information from many to many. A typical example it is the case of an event must be delivered simultaneously to a set of recipients.

On the contrary, most non-real time operations may be mapped better into a C/S paradigm in which the Client makes a request to a Server who must provide a response to the Client (Synchronous request). Other times, the Client makes a request to the Server and this one processes the request without responding the Client (Asynchronous request).

In order to make different types of traffic coexist two acceptable alternatives seem to be possible. One is adapting different technologies to allow them to coexist as proposed in [8, 9, 10, 11, 12]. The second alternative is mapping the C/S traffic into a P/S paradigm. Efficiency will be lost but only on the request/response operations, which frequently require lower priorities. This approach allows using a unique middleware specification to manage the communications, leaving the middleware to deal with the communication requirements. This is the approach followed in this work.

DDS has been chosen as communication backbone since it is a unique middleware that provides a rich set of parameters to control QoS constraints, such as transport priorities, deadlines, reliability or liveliness, as described in previous section. It also provides a very high performance when compared with other high-level standardized middleware [8]. However, mechanisms to execute request/response and request/non-response operations must be also provided.

IV. MAPPING INDUSTRIAL COMMUNICATIONS WITH DDS

This section characterizes the communication traffic in industrial environments and proposes some guidelines to map the different types of traffic identified in the previous section over the DDS middleware specification.

One of the benefits of using DDS as communication backbone for all types of traffic involved among the controllers found at the control level of the automation pyramid is that QoS parameters may be configured accordingly.

On the one hand, DDS manages priorities according to the communication needs of the application. Thus, non-Real-Time communication data will be mapped into topics with low priority values improving the traditional best-effort paradigm. On the other hand, cyclical real-time process communication will be distributed by using a medium priority value thereby guaranteeing the basic update times. Finally, acyclic real-time communications for alarm and events delivery will use the highest priority levels allowed by the basic architecture upon which is the communications stack.

Following there is a short description of the most relevant DDS QoS parameters in this context according to the consideration of the authors:

- **Deadline**: This parameter is significant for critical real-time communications, especially for cyclical and acyclic communications. It will be used to represent the maximum separation among two topic updates.
- **Latency budget**: This parameter is significant for Real-Time communications. It specifies the maximum acceptable delivery delay from the Data Writer to the Data Reader. However, due to the nature of TCP/IP protocols, it is not enforced but a hint.
- **Reliability**: This policy specifies whether to attempt to deliver all samples or it is acceptable not retrying any failed data propagation.
- **History**: It specifies the behavior on keeping changes.
- **Transport priority**: An integer value or a suggestion on how to set the priority of the underlying transport. Due to the nature of TCP/IP this parameter is not enforced but a hint that the underlying infrastructure may use if configured accordingly.
- **Durability**: It specifies if the data should outlive their writing time. It may take different values: *volatile*, *transient* or *persistent*.

Since DDS is a P/S technology, using it as a communication backbone for all types of services described in the previous section requires mapping them in terms of DDS. The description of this mapping follows:

- **Distribution of Alarms and Events**: this is directly mapped into the many-to-many P/S paradigm provided by DDS. Each alarm or event (or a fixed set of them) is mapped to a topic depending on the desired granularity of the system. On the other hand, each handling node must subscribe to the relevant events. The transport priority of this kind is the highest and the delivery must be reliable.
- **Distribution of Sampled Measured Values:** as in the previous case, it also follows the many-to-many P/S paradigm. Each of the monitored variables (or a fixed set of them) is mapped to a topic and the relevant nodes subscribe to the topics as needed. Due to the nature of most automation systems, generally, only the last sample available is relevant. Thus, the history window can be kept to a minimum of one sample and the reliability parameter can be set to *best effort*. The priority of each topic must be set according to that of the measurement variable in the range of medium to high priorities. Due to the cyclic nature of this kind of traffic, the Deadline QoS can be enforced with a value marginally higher than the sampling period.

- **Request / No response Services**: this kind of communication follows a Client/Server paradigm, in the sense that a single client requests a service from another single client. This is achieved using a topic per service and identifying the server in the body of the topic. As no response is to be send, reliability must be enforced. The priority of these services is set to low since most services of this class are frequently non-critical.
- **Request / Response Services**: unlike the previous, this is a synchronous C/S case, where the client remains blocked until a response from the server is received. This behavior is achieved by using a pair of topics: one for the request and another one for the response. The client writes the request into the request-topic and performs a blocking read upon the response-topic. The priority of this traffic is set to lowest, since frequently these services are used for non-critical operations.

Table II provides a mapping of the most typical generic services in the described industrial automation environment into DDS.

TABLE II. SUMMARY OF THE MAPPING INTO TOPICS AND SERVICES

	Services			
	Aperiodic Alarms & Events	**Periodic Sampled Measures**	**Request/No Response**	**Request / Response**
Topics	1	1	1	2
Distribution	Many to many	Many to many	One to one	One to one
Deadline	-	Period	-	-
Destination Order	Source	Source	Reception	Source
Durability	Persistent / Transient	Volatile	Volatile / Transient	Volatile / Transient
History	Keep N	Keep last	Keep N	Keep N
Latency Budget	Estimated urgency	33-50% of Period	-	-
Lifespan	App. dependent	Period	-	-
Liveliness	Automatic	Manual by topic	Automatic	Automatic
Ownership	Shared / Exclusive	Shared	Shared	Exclusive
Reliability	Reliable	Best effort	Reliable	Reliable
Transport Priority	Highest	High	Low	Lowest

DDS uses a subset of IDL to define the interface of the data. Table III provides sample IDL interfaces that illustrate how to define the data in order to distribute them among de nodes of the distributed application for the above described services.

Other DDS entities, such as Domains and Partitions, may be used to separate the traffic among applications that must coexist over the same media but should not interfere with each other.

TABLE III. SAMPLE INTERFACE DEFINITIONS

	IDL

Distribution of Alarms and Events	`struct FooEvent {`
	`  long  id;`
	`  string source;`
	`  Foo event;`
	`};`
	`#pragma keylist FooEvent id`

Distribution of Sampled Measured Values	`struct FooSmv {`
	`  long  id;`
	`  string source;`
	`  Foo value;`
	`};`
	`#pragma keylist FooSmv id`

Request Services	`struct FooRequest {`
	`  long  id;`
	`  string source;`
	`  string destination;`
	`  Foo in_parameters;`
	`};`
	`#pragma keylist FooRequest id`

Response Services	`struct FooResponse {`
	`  long  id;`
	`  string source;`
	`  string destination;`
	`  Foo out_parameters;`
	`};`
	`#pragma keylist FooResponse id`

V. CONCLUSIONS AND FUTURE WORK

This paper proposes the use of DDS as a middleware backbone for connecting industrial controllers at the control layer of the automation pyramid. DDS is a middleware specification proposed by the OMG that implements the publisher/subscriber paradigm. Even though this paradigm is adequate for Real-Time data exchange some services found in industrial applications adapt better to the client/server paradigm. In addition, the traffic generated by the different services must be separated in order to avoid interferences among them according to their level of criticality.

The authors have identified the main services found in this industrial applications and present a mapping of these services to the main DDS entities (topics, QoS parameters) that may help programmers to use DDS when building new industrial applications.

In the future, the authors intend to analyze the performance of different DDS products in order to test whether the non-functional requirements of the applications (time delivery of the data, etc.) is achieved. Also, the authors are working on building IEC61499 blocks that implement the main types of services found in industrial applications.

REFERENCES

[1] T. Skeie, S. Johannessen, and O. Holmeide, "Timeliness of real-time IP communication in switched industrial Ethernet networks", IEEE Transactions on Industrial Informatics, Vol. 2, No. 1, pp. 25-39, Feb. 2006.

[2] OMG, Object Management Group, "Common Object Request Broker Architecture: Core Specification", Version 3.0.3, March 2004.

[3] OMG, Object Management Group, "Notification Service Specification", Version 1.1, October 2004.

[4] OPC foundation, http://www.opcfoundation.org/.

[5] F. Perez, D. Orive, M. Marcos, E. Estévez, G. Morán, and I. Calvo, "Access to Process Data with OPC-DA using IEC61499 Service Interface Function Blocks", 14th IEEE Intl. Conf. ETFA-2009, Palma de Mallorca, Spain, Sep. 2009. DOI: 10.1109/ETFA.2009.5347024.

[6] F. Jammes, and H. Smith, "Service-oriented paradigms in industrial automation", IEEE Trans. Industrial Informatics, vol. 1, issue 1, pp. 62-70, Feb. 2005. DOI: 10.1109/TII.2005.844419.

[7] OMG, Object Management Group, "Data Distribution Service for Real-time Systems", v1.2, June 2007.

[8] I. Calvo, O. García de Albéniz, A. Noguero, and F. Pérez, "Towards a Modular and Scalable Design for the Communications of Electrical Protection Relays", Proc. of the Industrial Electronics IECON 2009 Conf., pp 2511 – 2516. DOI: 10.1109/IECON.2009.5415221.

[9] C.R. Ozansoy, A. Zayegh, and A. Kalam, "Interoperable CORBA Middleware Design for Substation Communication Systems", Eighth IEE International Conference on Developments in Power System Protection, April 2004, 705-708. DOI: 10.1049/cp:20040220.

[10] C.R. Ozansoy, A. Zayegh, and A. Kalam, "A Modelling of a Network Data Delivery Service Middleware for Substation Communication Systems using OPNET", Proc. of the 2003 AUPEC Conference, Christchurch, New Zealand, October 2003.

[11] C.R. Ozansoy, A. Zayegh, and A. Kalam, "The Real-Time Publisher/Subscriber Communication Model for Distributed Substation Systems", IEEE Trans. on Power Delivery, vol. 22, no. 3, pp. 1411-1423, July 2007. DOI: 10.1109/TPWRD.2007.893939.

[12] R. Sanz, "Embedding Interoperable Objects in Automation Systems", IEEE 2002, 28th Annual Conference of the Industrial Electronics Society, vol. 3, 5-8 Nov 2002, pp. 2261-2265. DOI: 10.1109/IECON.2002.1185324.

[13] M. Ryll, and S. Ratchev, "Application of the Data Distribution Service for Flexible Manufacturing Automation", Proc. of World Academy of Science, Engineering and Technology, vol. 31, July 2008, pp. 178-185.

[14] I. Calvo, F. Pérez, I. Etxeberria, and G. Morán, "Control Communications with DDS using IEC61499 Service Interface Function Blocks", IEEE Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA), pp. 1 – 4, Bilbao, Spain, 13-16 Sept. 2010. DOI: 10.1109/ETFA.2010.5641207.

[15] R. Joshi, "RTI: Data Oriented Architecture. A Loosely-Coupled Real-Time SOA", 2007, Available at: http://www.rti.com/whitepapers/Data-Oriented_Architecture.pdf. Accessed Feb. 2011.

[16] D. Busch., "Introduction to OpenDDS", Available at http://www.opendds.org/Article-Intro.html, Accessed Feb. 2011.

[17] OpenSplice. http://www.opensplice.com/.

[18] J. Lopez-Vega, J. Povedano-Molina, J. Sanchez-Monedero, and J.M. Lopez-Soler, "Políticas de QoS en una Plataforma de Trabajo Colaborativo sobre Middleware DDS", XIII Jornadas de Tiempo Real JTR2010, February 2010.

[19] G. Pardo-Castellote, B. Farabaugh, and R. Warren, "An introduction to DDS and Data-Centric Communications", 2005 Available at http://www.omg.org/news/whitepapers/Intro_To_DDS.pdf.

Multi-Touch as a Natural User Interface for Elders: A Survey

Bruno Loureiro
DEI/FEUP - Department of Informatics Engineering
Faculty of Engineering, University of Porto
Porto, Portugal
bruno.loureiro@fe.up.pt

Rui Rodrigues
DEI/FEUP - Department of Informatics Engineering
Faculty of Engineering, University of Porto
Porto, Portugal
rui.rodrigues@fe.up.pt

Abstract - **The use of traditional input devices such as keyboards and mice can become a huge obstacle for older adults in interacting with computer systems. Using Natural User Interfaces (NUI's), more specifically using gestures or movements on a multi-touch device, can be a good alternative to overcome these dificulties. This paper analyses the state of the art and identifies a set of criteria relevant to classify the projects in this area. The resulting classification enables us to recognize research opportunities on Natural User Interfaces, and namely multi-touch interfaces for elderly.**

Keywords: Human-Computer Interaction; Natural User Interfaces; Multi-Touch; Taxonomy; Elderly.

I. INTRODUCTION

Gesture-based interaction has been strongly applied in a wide range of devices, from mobile phones, laptops, digital cameras, and navigation systems, to tabletop's, such as Microsoft Surface [1]. This led to considerable attention to this type of interaction in several application domains where these technologies can be exploited.

One particular domain of interest is the elder people group. Gestures enhance a natural, direct and intuitive way of interaction with a device, allowing easier human computer interaction for this special group [2] [3], which has shown considerable growth in recent times.

The percentage of elderly among the population has increased significantly due to demographic, structural and social changes in industrialized countries [1]. Furthermore, the United Nations predict that the number of older adults in Europe will represent 38% of the population in 2050 [4]. This growing of the elderly population requires adaptation of existing services and the creation of new services for this type of users [5].

Additionally, the normal aging process is typically accompanied with physical changes (namely visual, auditory and motor control impairments), cognitive changes (decline in working memory, selective attention), psychological changes and social changes [5] [6] [7] [8] [9].

Despite the benefits provided by the use of new technologies, such as easy and fast access to several types of information, good communication tools, etc., older people still regard technology as something not belonging to their own world [10] [11], feeling uncomfortable and anxious about it [12], and showing also some resistance to its use [13].

Turner and Van de Walle [14] focused that the difficulties experienced by older people using new technologies can be due to two factors: their perception of being too old to learn to use them or their common feeling of alienation towards the digital world.

Other aspect that can be considered is the anxiety and negative emotional reactions when making errors. For example, Laguna and Babcock [15] studied the relationship between age, computer anxiety, and performance on computer tasks and their results indicated that older people had significantly higher computer anxiety than younger adults, but that computer anxiety is not related with performance. On the other hand, Segrist [16] mentions that the negative attitude towards the computer is modifiable; in particular, meaningful computer training influences older people's attitudes.

Recently the research on how Natural User Interfaces (NUI's) can promote the usage of Information and Communication Technologies (ICT's) by older people has been getting considerable attention, in particular multi-touch interfaces. Several studies suggest that gestures on a touchable surface (rather than using the traditional input devices) can certainly provide important advantages. Especially with novice users, gestural interaction provides a more enjoyable way of learning and remembering [17] [2].

With these considerations in mind, it was found important to identify and classify the most relevant works in this research area. For that purpose, we present in this paper a survey of such works, based on a set of criteria that we previously selected. This classification framework enables us to present a comparison in order to identify research opportunities.

The rest of the paper is structured as follows. Section II provides the background of this work, including elder difficulties using technologies, a brief overview on NUI's with a particular emphasis on multi-touch, as well as some related projects. Section III presents our proposed classification criteria. Section IV presents a review of multi-touch interfaces for elders in light of the proposed criteria. Finally, section V presents the main conclusions of this paper and some issues that can be addressed in future work.

II. BACKGROUND

Although keyboards and mice are very common devices for human-computer interaction [18], it is well known that elderly have problems with such devices [19]. This factor led to the exploration of other type of input techniques, in order to promote easier interaction.

For instance, Taveira and Choi [8] presented a study that reviews the literature on computer input devices and their adequacy to the elderly user, mentioning the strengths and weaknesses of the different input devices, providing also some recommendations for the design and selection of input devices, such as trackballs, touch screens and hands-free devices, among others.

In this section we briefly outline the main concepts that guided our survey. In particular, we describe the concept of Natural User Interfaces, followed by a more detailed look on multi-touch, and conclude with an overview of some related projects.

A. Natural User Interfaces

There is not a unique definition of the term Natural User Interface (NUI) in the literature. For example, Blake [20] defines NUI as ”a user interface designed to reuse existing skills for interacting directly with content”. König et al. [21] defends that a NUI “relies on a user being able to carry out natural motions, movements or gestures and let them quickly discover how to control the computer application or to manipulate the on-screen content”. This may include the use of speech, facial expressions, body language, eye-gazing, as well as combinations of them (e.g. using speech and touch simultaneously), forming multimodal interfaces.

Derpanis [18] argued that traditional interfaces (e.g. keyboard, mouse, etc.) represent a bottleneck in applications that rely on heavy interaction due to the unnaturalness of the interaction using those interfaces. He suggests that a way to solve this problem is the development of more natural ways of interacting with computers, using, for example, gesture recognition, speech and handwriting.

Multi-touch and gestural computing [22] [23] represent some of the technologies that are often used to implement those natural interactions. These will be explored in the next section.

B. Multi-Touch

Multi-touch devices consist of a touch screen (e.g., computer display, table, wall, etc.) or touchpad, as well as software that recognizes multiple simultaneous touch points, as opposed to the one-touch touch screens.

In recent years, the market has seen the proliferation of hardware devices capable of multi-touch and gestural input [24]. Diamond Touch and Microsoft Surface are examples of tabletop multi-touch devices. The former was one of the first multi-touch tabletop devices, while the latter was one of most focused commercially.

According to the literature [25] [26], Diamond Touch [27], presented in 2001, was one of the first multi-touch and multi-user tabletop device. It allowed collaboration on-site, supported multiple finger touches, could identify individual users, and could cope with the presence of objects without interference. It started as a research prototype that reached the market in 2009.

Another example of a commercial tabletop is the Microsoft Surface [26], launched in 2007. This device has been explored in various scenarios, such as entertainment, educational, etc. As means of interaction, it supports direct finger touches, gestures, and recognition of physical objects placed on the surface (with specific markings).

Currently, there are a growing number of multi-touch devices available. A good overview of these can be found in [26].

In terms of functionality, multi-touch user interfaces offer an interesting set of capabilities: objects can be pushed, pulled, sorted, and visually arranged, and gestures can be applied on them. This may enhance the information exploration experience [28], given that the ability to detect gestures can be natural and intuitive, very similar with the exploration with real objects.

Guenther et al. [28] referred that gestures are the differentiating factor that increases the efficiency of multi-touch interfaces for certain tasks, when compared with traditional devices. Kin et al. [29] presented a study that shows that for selection tasks “one finger direct-touch is faster than using a mouse and . . . bimanual interactions are faster than using one finger”.

Jin et al. [30] investigated the usability of icons by considering the optimal button size and spacing between buttons for touch screen user interfaces used by older adults. Their experiments measured reaction time, accuracy and user preferences, where results showed e.g. that larger button sizes produced shorter reaction times.

Piper et al. [23] examined accessibility issues of surface computing with older adults and explored the suitability of surface computing for health care support. They mentioned that large multi-touch surfaces seem particularly appropriate for older adults, and reported that the surface computer was “less intimidating, less frustrating, and less oppressive than a traditional computer”.

Although multi-touch devices are available in various formats, such as mobile devices [1] [31], tabletops are particularly appropriate for this kind of audience - the elders. They offer a great potential for face-to-face social interaction in a large surface [32], allowing the development of the most common activities of everyday life, such as playing table games (cards, domino, etc.).

C. Projects Exploiting Multi-Touch Systems for Elderly

Given the adequacy of tabletop devices for elders referred in the previous section, multi-touch surfaces are being used in several medium-to-large scale projects to support elderly cognitive training. Some of the more relevant projects will now be presented, namely, Eldergames, Sociable and Hermes project.

ElderGames[1] was an EU-funded project to develop games using advanced visualization and interaction interfaces to improve the cognitive, functional and social skills of older users [33].

It achieved those goals through exercises to prevent the occurrence of cognitive dysfunctions, using scores to diagnose the status of the user regarding those dysfunctions [34].

The SOCIABLE[2] [35] project ("Motivating platform for elderly networking, mental reinforcement and social interaction"), employs tabletops in order to support cognitive training, social interaction and community building applications for the elderly. It focuses on older people with intact cognitive abilities, people with mild cognitive impairment, as well as patients with mild Alzheimer's disease.

The HERMES[3] project focuses on attenuating the elderly memory decline. It relies on applications for cognitive training and ambient daily support [36], using conventional gaming experiences (such as puzzles, mazes, sudokus, etc.) on a multi-touch surface. It additionally stimulates memory by introducing data associated with the elderly daily life in the games. The Hermes project contemplated in its basis an analysis of the needs of older adults, obtained through several questionnaires, interviews and tests. These revealed that autonomy, social interaction, memory training and attention training were among the main requirements. Works developed in the scope of this project (some of which are focused in section IV) used these results as the starting point for designing their interfaces or applications.

III. Classification Criteria

With the study presented in this paper we try to identify what characterizes and distinguishes current approaches to the use of multi-touch by elders.

The growing development of information and communication technologies in recent years opened a series of opportunities for leisure and social activities for older people [37], as well as therapeutic purposes [38].

Furthermore, computer gaming activities help to motivate elderly people to cognitive stimulation activities, while creating a more comfortable environment for them to approach digital technologies [39].

Our analysis will focus on therapeutic and leisure applications for elders where Natural User Interfaces are used, in particular multi-touch interfaces.

For this analysis, and based on literature review, we selected, as important main criteria for the classification, the following parameters:

- Focus on Leisure - To what level does the work focus on the leisure perspective?
- Focus on Therapy - To what level does the work focus on the therapeutic viewpoint?
- Level of Computer Literacy - What is the minimum level of knowledge and ability to use computers needed for using the system?
- Type of Information Manipulated - What type of information is manipulated? (e.g. games, images, digital documents, videos, etc.).
- Game Based - Is the content presented and manipulated in the form of games?
- Activity Focus - What is the main activity explored? (e.g. cognitive training, motor rehabilitation, social interaction, etc.).
- Collaborative - Is the system capable and conducive to a collaborative environment?
- Type of Interaction Technique - How does the user interact with the system? (e.g. finger gestures, hand gestures, pen stylus , etc.)
- Form Factor - In which form is the hardware presented?

We expect that this analysis can, on the one hand, provide an insight of how different dimensions of problem are being explored and, on the other hand, help to identify research opportunities in this area.

IV. Review of Multi-Touch Interfaces for Elders

In this section a selection of the most relevant works on the application of multi-touch for elders will be presented and summarized according to the criteria aforementioned.

Tsai and Chang [7] presented the Sharetouch system. The system is based on a multi-touch table using optical touch technology. Sharetouch allows: the manipulation of digital objects by the users using the fingers; the communication with other users that operate the table simultaneously, offering a leisure platform (e.g. game playing); and also sharing, and exchanging digital data on the surface.

Apted et al. [32] described the design of SharePic – a tabletop with a collaborative photograph sharing application. They also present an assessment with young adult and elderly user groups, where the users had to perform a set of tasks, using their fingers and hands to interact with interface. This resulted in a set of design guidelines for this type of users, where "easy to learn and easy to remember" is one of the main concepts.

Al Mahmud et al. [40] reported on the design and evaluation of a tabletop four-player game system for older adults. This system included adaptations of traditional games (e.g. card games, puzzles, etc.). An interesting result was the fact that the users considered the tabletop version of the games more engaging than the original ones.

Gabrielli et al. [41] discussed some general results from a study of the use of a tabletop system named BriscolaTable, for playing the Briscola card game. This game stimulates memory and cognitive abilities. This system was specifically designed for older adults with little or no computer experience, and it differs from other systems in the sense that it is single user, it

[1] http://www.eldergames.org
[2] http://www.sociable-project.eu
[3] http://www.fp7-hermes.eu

includes a virtual opponent, and its form factor features an inclined surface (something also found in [2], although in that case a single-touch system is used).

Annett et al. [38] developed a multi-touch tabletop device, the AIR Touch, to be used with rehabilitation-oriented applications. The development of these applications was guided by occupational therapists. During therapeutic sessions the patient executes a set of exercises given by the therapist in the form of games. The acceptance obtained by patients and therapists was positive, and it was concluded that there were benefits for both.

Yang et al. [42] reported a multi-touch tabletop using computer-vision and image recognition, capable of recognizing tangible objects used by elders. When those objects are placed in the table, related photos appear near to them, thus enforcing the connection between the objects and associated memories.

Meza-Kubo et al. [43] presented InTouchFun, a cognitive stimulation system with collaborative capabilities, using a tangible user interface. They explore the concept of the social family network (SFN). An elder user has a series of cognitive stimulation tasks - e.g. Tangram puzzles, Tic-tac-toe, checkers - to perform on the tabletop, and can be aided remotely by family or friends from his SFN. For instance, when trying to solve a puzzle, his daughter can help by manipulating at another location the pieces of the puzzle. This helps not only to enforce cognitive stimulation, but also to enable social interaction in settings in which physical participation can be an issue.

Facal et al. [44] [45] present an optical-based multi-touch interface for the playing of cognitive games by healthy older adults, integrated in the Hermes project. These games directly explored cognitive related issues, such as a maze-like game for matching clues for an actual doctor's appointment, or a puzzle to reconstruct photographs related to near-future appointments (e.g. a son who is visiting the following day).

Table I displays a summary of the analysis of these works in light of the set of criteria proposed in Section III.

V. Conclusions and Future Work

In this paper we presented some concepts on the applicability of NUI's interfaces for elders, conducting also a classification of the most relevant works making use of a set of criteria to properly distinguish and compare the most relevant works.

From our study, the following observations were the most notorious. Although each system has different features, based on the selected criteria, it can be concluded that:

- In general, the level of computer literacy required from the users for the works that were studied is very low.
- In terms of activities provided to the users, games are those that are more explored, compared to other activities such as e.g. photo browsing.

TABLE I – Classification and Comparison of Multi-Touch Interfaces for Elders

Parameters	**Works**							
	Tsai and Chang [7] 2009	***Apted et al. [32] 2006***	***Al Mahmud et al. [40] 2008***	***Gabrielli et al. [41] 2008***	***Annett et al. [38] 2009***	***Yang et al. [42] 2009***	***Meza-Kubo et al. [43] 2010***	***Facal et al. [44] [45] 2009***
Focus on Leisure	High	High	High	High	Low	Low	Medium	Medium
Focus on Therapy	Low	Medium	Medium	Medium	High	High	High	High
Level of Computer Literacy	Low	Low	Low	Low	Low	Low	Low	Low
Type of Information Manipulated	Interactive Games	Photos	Board Games	Briscola Card Game	Therapeutic Games	Daily Objects	Games	Cognitive Games
Game Based	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes
Activity Focus	Social Interaction	Photos Manipulation	Familiar TableTop Games	Memory and Cognitive Training	Motor Rehabilitation	Memory Stimulation	Cognitive Training	Cognitive training
Collaborative	Yes	Yes	Yes	No	No	No	Yes	Yes
Type of Interaction Technique	Finger/Hands Gestures	Finger/Hands Gestures	Finger Gestures	Fingers Gestures	Finger Gestures	Fiducials/ Finger Gestures	Finger Gestures	Finger Gestures
Form Factor	Horizontal	Horizontal	Horizontal	Inclined Surface	Horizontal	Horizontal	Horizontal	Horizontal

- In terms of the focus on leisure versus therapy, it was interesting to notice that both were always present.
- Social interaction and collaboration are also important components focused in many works.
- Most works focus on horizontal setups that have clear advantages in terms of collaboration. However, for older people it may be challenging to deal with such setup. It is therefore noteworthy the fact that very few slanted setups were considered. It would be interesting to explore the influence of the orientation in the usability of the system.

The works surveyed therefore suggest that games with therapeutic goals and social components can be of high benefit for elders.

There are a number of issues in the open, namely the type and format or setup of devices to use, their possible combination in the form of multimodal systems, or the type of interface to and its adequacy to the focus group, and the possible combinations. We plan to address some of these issues in future work.

ACKNOWLEDGMENT

This work is being within the context of DEI/FEUP's doctoral programmme, ProDEI.

REFERENCES

[1] "Gestural Interfaces for Elderly Users: Help or Hindrance?," *Gesture in Embodied Communication and Human Computer Interaction*, vol. 5934, 2010, pp. 269-280.

[2] C. Leonardi, A. Albertini, F. Pianesi, and M. Zancanaro, "An exploratory study of a touch-based gestural interface for elderly," *Proceedings of the 6th Nordic Conference on Human-Computer Interaction: Extending Boundaries*, Reykjavik, Iceland: ACM, 2010, pp. 845-850.

[3] T. Apted and A. Quigley, "A study of elder users in a face-to-face collaborative multi-touch digital photograph sharing scenario," 2005.

[4] U. Nations, *World population ageing:1950-2050*, 2001.

[5] F. Nunes, P.A. Silva, and F. Abrantes, "Human-computer interaction and the older adult: an example using user research and personas," *Proceedings of the 3rd International Conference on Pervasive Technologies Related to Assistive*, Samos, Greece: ACM Press, 2010, pp. 1-8.

[6] A. Fisk, W. Rogers, N. Charmes, S.J. Czaja, and J. Sharit, *Designing for Older Adults*, Taylor & Francis Group, LLC, 2009.

[7] T.-H. Tsai and H.-T. Chang, "Sharetouch: a multi-touch social platform for the elderly," *2009 11th IEEE International Conference on ComputerAided Design and Computer Graphics*, Huangshan,China: IEEE, 2009, pp. 557-560.

[8] D. Taveira and S.D. Choi, "Review Study of Computer Input Devices and Older Users," *International Journal of Human-Computer Interaction*, vol. 25, 2009, pp. 455-474.

[9] N. Wagner, K. Hassanein, and M. Head, "Computer use by older adults: A multi-disciplinary review," *Computers in Human Behavior*, vol. 26, 2010, pp. 870-882.

[10] W.C. Mann, P. Belchior, M.R. Tomita, and B.J. Kemp, "Computer use by middle-aged and older adults with disabilities," *Technology and Disability*, vol. 17, 2005, pp. 1-9.

[11] A.-S. Melenhorst, W.A. Rogers, and D.G. Bouwhuis, "Older adult's motivated choice for technological innovation: evidence for benefit-driven selectivity.," *Psychology and Aging*, vol. 21, 2006, pp. 190-195.

[12] P. Turner, "Being-with: A study of familiarity," *Interacting with Computers*, vol. 20, 2008, pp. 447-454.

[13] J.C. Marquié, L. Jourdan-Boddaert, and N. Huet, "Do older adults underestimate their actual computer knowledge?," *Behaviour Information Technology*, vol. 21, 2002, pp. 273-280.

[14] P. Turner and G. Van De Walle, "Familiarity as a basis of universal design," *Journal of Gerontechnology*, vol. 5, 2006, pp. 150-159.

[15] K. Laguna and R.L. Babcock, "Computer anxiety in young and older adults: Implications for human-computer interactions in older populations," *Computers in Human Behavior*, vol. 13, 1997, p. 317–326.

[16] K.A. Segrist, "Attitudes of older adults toward a computer training program," *Educational Gerontology*, vol. 30, 2004, pp. 563-571.

[17] N. Hollinworth, "Improving computer interaction for older adults," *ACM SIGACCESS Accessibility and Computing*, 2009, p. 11–17.

[18] K.G. Derpanis, *A Review of Vision-Based Hand Gestures*, United Kingdom: Citeseer, 2004.

[19] S.J. Czaja, "Computer Technology and the Older Adult," *Handbook of Human-Computer Interaction*, M.G. Helander, ed., Amsterdam: North-Holland, 1997, pp. 797-812.

[20] J. Blake, "The natural user interface revolution," *Natural User Interfaces in .NET*, Manning, 2010, pp. 4-35.

[21] W.A. König, R. Rädle, and H. Reiterer, "Squidy: a zoomable design environment for natural user interfaces," *Proceedings of the 27th*, ACM, 2009, pp. 4561-4566.

[22] S.C. Seow, D. Wixon, S. MacKenzie, G. Jacucci, A. Morrison, and A. Wilson, "Multitouch and surface computing," *Proceedings of the 27th international conference extended abstracts on Human factors in computing systems CHI EA 09*, ACM Press, 2009, pp. 4767-4770.

[23] A.M. Piper, R. Campbell, and J.D. Hollan, "Exploring the accessibility and appeal of surface computing for older adult health care support," *Proceedings of the 28th international conference on Human factors in computing systems CHI 10*, ACM Press, 2010, p. 907.

[24] D. Wigdor, J. Fletcher, and G. Morrison, "Designing user interfaces for multi-touch and gesture devices," *Proceedings of the 27th international conference extended abstracts on Human factors in computing systems CHI EA 09*, Boston, MA, USA: ACM Press, 2009, pp. 2755-2758.

[25] C. Müller-Tomfelde and M. Fjeld, "Introduction: A Short History of Tabletop Research, Technologies, and Products," *Tabletops Horizontal Interactive Displays*, C. Müller-Tomfelde, ed., Springer, 2010, pp. 1-24.

[26] B. Buxton, "Multi-Touch Systems that I Have Known and Loved," *Microsoft Research*, 2009, pp. 1-10.

[27] P. Dietz and D. Leigh, "DiamondTouch: a multi-user touch technology," *Proceedings of the 14th annual ACM symposium on User interface software and technology*, ACM, 2001, pp. 219-226.

[28] M. Guenther, Jeffrey And Volk, Fred And Shaneck, "Proposing a multi-touch interface for intrusion detection environments," *Proceedings of the Seventh International Symposium on Visualization for Cyber Security VizSec '10*, Ottawa, Ontario, Canada: ACM, 2010, p. 13--21.

[29] K. Kin, M. Agrawala, and T. DeRose, "Determining the benefits of direct-touch, bimanual, and multifinger input on a multitouch workstation," *Proceedings of Graphics Interface 2009*, Kelowna, British Columbia, Canada: Canadian Information Processing Society, 2009, pp. 119-124.

[30] Z.X. Jin, T. Plocher, and L. Kiff, "Touch screen interfaces for older adults: button size and spacing," *Proceedings of the 4th international conference on universal access in human computer interaction coping with diversity*, Springer-Verlag, 2007, pp. 933-941.

[31] A. Druin, B.B. Bederson, and A. Quinn, "Designing intergenerational mobile storytelling," *Proceedings of the 8th International Conference on Interaction Design and Children IDC 09*, 2009, p. 325.

[32] T. Apted, J. Kay, and A. Quigley, "Tabletop sharing of digital photographs for the elderly," *CHI 06 Proceedings of the SIGCHI*

Conference on Human Factors in Computing Systems, Montreal, Quebec, Canada: ACM Press, 2006, pp. 781-790.

[33] L. Gamberini, M. Alcaniz, G. Barresi, M. Fabregat, F. Ibanez, and L. Prontu, "Cognition, technology and games for the elderly: An introduction to ELDERGAMES Project," *PsychNology Journal*, vol. 4, 2006, pp. 285 -308.

[34] L. Gamberini, F. Martino, B. Seraglia, A. Spagnolli, M. Fabregat, F. Ibanez, M. Alcaniz, and J.M. Andres, "Eldergames project: An innovative mixed reality table-top solution to preserve cognitive functions in elderly people," *2009 2nd Conference on Human System Interactions*, 2009, pp. 164-169.

[35] P.S. S. Pantelopoulos, Tasos Violetis, O. Lymperopoulou, "Improving Accessibility to Elderly Cognitive Training Using Surface Computing Technologies," *1st International AEGIS conference*, Seville,Spain: 2010.

[36] C. Buiza, J. Soldatos, T. Petsatodis, A. Geven, A. Etxaniz, and M. Tscheligi, "HERMES : Pervasive Computing and Cognitive Training for Ageing Well," *Proceedings of the 10th International Work-Conference on Artificial Neural Networks: Part II: Distributed Computing, Artificial Intelligence, Bioinformatics, Soft Computing, and Ambient Assisted Living*, Salamanca, Spain: Springer-Verlag, 2009, pp. 756-763.

[37] M.: Buiza, C., Gonzalez, M.F., Etxaniz, E., Urdaneta, E., Yanguas, J., Geven, A., Höller, N., Tsheligi, "Technology Support for Cognitive Decline and Independent Living - Presenting the HERMES Project.," *Gerontological Society of America Conference, Washington D.C.*, 2008.

[38] P. Annett, Michelle And Anderson, Fraser And Goertzen, Darrell And Halton, Jonathan And Ranson, Quentin And Bischof, Walter F. And Boulanger, "Using a multi-touch tabletop for upper extremity motor rehabilitation," *Proceedings of the 21st Annual Conference of the Australian Computer-Human Interaction Special Interest Group - OZCHI '09*, Melbourne, Australia: ACM Press, 2009, p. 261--264.

[39] W. Ijsselsteijn, H.H. Nap, Y. De Kort, and K. Poels, "Digital game design for elderly users," *Proceedings of the 2007 conference on Future Play 07*, 2007, p. 17.

[40] A. Al Mahmud, O. Mubin, S. Shahid, and J.-B. Martens, "Designing and evaluating the tabletop game experience for senior citizens," *Proceedings of the 5th Nordic conference on Humancomputer interaction building bridges NordiCHI 08*, Lund, Sweden: ACM Press, 2008, pp. 403-406.

[41] S. Gabrielli, S. Bellutti, A. Jameson, C. Leonardi, and M. Zancanaro, "A single-user tabletop card game system for older persons: General lessons learned from an in-situ study," *Horizontal Interactive Human Computer Systems, 2008. TABLETOP 2008. 3rd IEEE International Workshop on*, 2008, pp. 85 -88.

[42] B.-Y.C.A.K.-Y.C. Chih-Ying Yang, Rung-Huei Liang, Wen-Jong Wu, Mang-Yang Lee, Kuo-Chun Tseng, Rong-Hao Liang, Hung-Jung Lin, Yi-Chu Lin, Yen-Hao Chen, Cheng-Dar Chiang, "Memory Bricolage Table for the Elderly," *Semantics of Form and Movement 2009 Conference Proceedings*, Taipei, Taiwan: 2009, pp. 216-217.

[43] V. Meza-Kubo, A.L. Morán, and M. Rodríguez, "IntouchFun, a Pervasive Collaborative System to Cope with Elder's Isolation and Cognitive Decline," *Proceedings of the 12th ACM international conference adjunct papers on Ubiquitous computing - Ubicomp'10*, Copenhagen, Denmark: 2010, pp. 1-4.

[44] F.T. D. Facal, M.F. Gonzalez, "Cognitive Games for Healthy Elderly People in a Multitouch Screen," *Proceedings of International Congress on Digital Homes, Robotics and Telecare for All*, Barcelona, Spain: 2009.

[45] C. Buiza, M.F. Gonzalez, D. Facal, V. Martinez, U. Diaz, A. Etxaniz, E. Urdaneta, and J. Yanguas, "Efficacy of Cognitive Training Experiences in the Elderly : Can Technology Help ?," *Lecture Notes in Computer Science*, vol. 5614 LNCS, 2009, pp. 324-333.

Developing a Controller Pilot Data Link Communication Simulator

Rui Ferreira, Manuel Dias, José Vermelhudo
NAV Portugal, EPE
Firstname.Lastname@nav.pt

António Ferreira
University of Lisbon
asfe@di.fc.ul.pt

***Abstract*—Radio frequencies for controller pilot communication are becoming a scarce resource due to increasing air traffic worldwide. The controller pilot data link communication (CPDLC) technology, which is already mandatory in new aircrafts, aims at reducing radio interferences and misunderstandings of commands by allowing routine voice conversations to be carried out via text messaging. This paper describes the requirements, architecture, and development of an air traffic management (ATM) system with CPDLC capabilities in the context of a national air navigation service provider. We discuss some challenges and limitations that we encountered, and highlight the importance of building the CPDLC system based upon the existing framework for ATM simulation, which is designed to support on job training and system testing.**

Air traffic management, simulator, controller pilot communication, data link, system testing, on job training.

I. Motivation

The volume of air traffic has been increasing worldwide over the past years [1] and this trend is expected to continue in the future at an annual rate of about 3%, meaning that in 2030 there will be almost twice the number of flight movements than today [4]. This situation poses upcoming safety problems to air traffic management (ATM) because radio frequencies used in today's voice-based controller pilot communication are becoming a scarce resource. One reason for this is that when the number of aircrafts flying in a sector (or geographical area) reaches a limit, the sector is split in two, therefore requiring an extra radio frequency that is assigned to a new controller.

Naturally, a consequence of the scarcity of radio frequencies is that more people have to share the same voice channel, thus increasing the risk of communication problems, which are a significant source of operational errors and pilot deviations, due to noise and interferences, ambiguous wording, message complexity, and other factors [18]. Furthermore, since controller pilot confusions are typically resolved by repeating messages, the tendency is for even worse frequency congestion.

To tackle the scarcity of radio frequencies and increase the operational capacity of the air national service providers, or ANSPs, responsible for the safe, orderly, and rapid flow of air traffic, the International Civil Aviation Organization (ICAO) and the European Commission, through the European Organisation for the Safety of Air Navigation (EUROCONTROL), have approved the controller pilot data link communication (CPDLC) technology, which offers text messaging over digital communication channels for connecting aircrafts and control centres via the Aeronautical Telecommunications Network, or ATN [22]. The CPDLC technology should gradually replace some of the routine, non-critical, voice messages exchanged between pilots and controllers during operations on the ground and in the air. The following are some of the main advantages of using CPDLC messages for air traffic management:

- Increased communication channel capacity, because fewer bits are needed to transfer text messages than the equivalent verbal messages [20]. Also, retransmissions requests by pilots or controllers are almost unnecessary, even if the radio channel is noisy, because errors in digital text messages can be automatically detected and corrected [17];
- Increased sector productivity and capacity, due to the possibility of aircrafts periodically transmitting status reports that otherwise would have to be requested and answered via voice conversations [8], and also from the simplification of routine procedures, for instance, by assigning recurrent messages to dedicated buttons [28]. This reduced need for verbal communication has been linked to lower controller workload, meaning that up to about 15% more aircrafts can be safely managed in a single sector [20].

Both of these CPDLC advantages mitigate the scarcity of radio frequencies by better utilizing existing resources, with further optimizations in data link systems indicating that air traffic in Europe should be supported up to the year 2050 [24].

To further emphasize the importance of the CPDLC technology in air traffic management, the European Commission, through the EUROCONTROL, has approved an implementing rule that mandates the installation of digital link systems in all aircrafts built since 2011, and the same applies from 2013 onwards to ANSP organizations that have adhered to the Link-2000+ programme [5].

This paper describes the requirements, architecture, and development of an ATM simulator with CPDLC capability, which is designed for on job training and system testing in the context of a national air navigation service provider. We focus here on a subset of the messages, related to the en route flight segment (high altitude, non-stop, flights), which is less risky compared to landings and take-offs and, thus, more appropriate for the initial operations in the production ATM system.

The paper is organised as follows: in the next section we present the related work, namely other uses of simulators concerning CPDLC, most of which for evaluating network performance; in Section III we describe the framework we use for ATM simulation and in Section IV we explain the integration of CPDLC capabilities in the simulator; in Section V we discuss some challenges and limitations we encountered; and in the last section, we end with the conclusions and future work.

II. Related Work

The CPDLC technology has been maturing over the past years, having captured the interest of researchers who have used computer simulators for a variety of tasks, such as:

- Workload evaluation, based upon the execution of cognitive task models in predefined scenarios of communication, which have predicted imbalances between pilot and co-pilot workload because of the change from the aural to the visual modalities [14] and increased controller efficiency in a mixed visual/aural environment [28];
- Usability evaluation, using high or low-fidelity prototypes that replay air traffic flow scenarios to uncover issues in the human-computer interaction [13], such as the screen getting cluttered when CPDLC capabilities are integrated in a decision support tool [23] or the increased risk of controllers executing redundant actions when text messages replace voice conversations [11];
- Network performance evaluation, in which CPDLC messages are inserted in the communication network to verify that adding a new type of message to the protocol continues to satisfy the overall transfer delay requirements [21], to demonstrate that a protocol is more efficient than another [19], or to show the capacity of a proposed data link configuration can support future traffic demand [24];
- Operational evaluation, accepting inputs from human pilots and controllers during the simulation. We found three such simulators in the literature: Advanced Communications for ATM, AC/ATM [15], User Requested Evaluation Tool with CPDLC, URET/CPDLC [3], and Communication, Navigation, Surveillance for ATM, or CNS/ATM [8].

The three simulators in the previous point are closest to our work as they can potentially be used for both on job training and system testing due to the participation of pilots and controllers. However, to the best of our knowledge, research has focused on network performance and usability evaluations.

As a matter of fact, the stated objective of CNS/ATM is to assess CPDLC in an air traffic network pushed to its extreme conditions [8], and a major goal of AC/ATM is to estimate the number of aircraft that can safely operate on a single frequency, with much emphasis on the simulator supporting up to 160 aircrafts simultaneously [15]. Finally, URET/CPDLC research reports on usability changes due to the integration of CPDLC capabilities in the existing URET decision support tool [3,23].

From this review of the state of the art, we take the opportunity to highlight the importance of researching ATM systems design and development considering the synergies between on job training and system testing, as we describe next.

III. Framework for ATM Simulation

As mentioned earlier, the Link2000+ programme coordinates the application of CPDLC systems in ANSPs from 2013 onwards. But, as new aircrafts now have digital data links, and given the advantages of CPDLC, it is in the best interest of ANSPs to start the development ATM systems with CPDLC capabilities rapidly. In this section we describe work conducted in an ANSP to accommodate the required changes using an in-house framework for ATM simulation, called SIMATM.

A major objective of SIMATM is to leverage the synergy between on job training and system testing [7]:

- On the one hand, trainees have access to a replica of a real ATM system, called LISATM, which is clearly desirable;
- On the other hand, the events generated by the trainees while interacting with LISATM can actually be part of the system testing, complementing static, scripted, scenarios.

In the ATM simulators stated in the related work this synergy is less effective (or non-existent) because human controllers use high/low-fidelity prototypes instead of real systems.

A. Framework Components

SIMATM is a component-based Java framework for ATM simulation and is designed for extensibility by adhering to the model-view-controller design pattern [26]. Fig. 1 shows a data flow diagram based upon the SIMATM architecture specification [16], illustrating its main internal components as well as the interaction with the LISATM external entity.

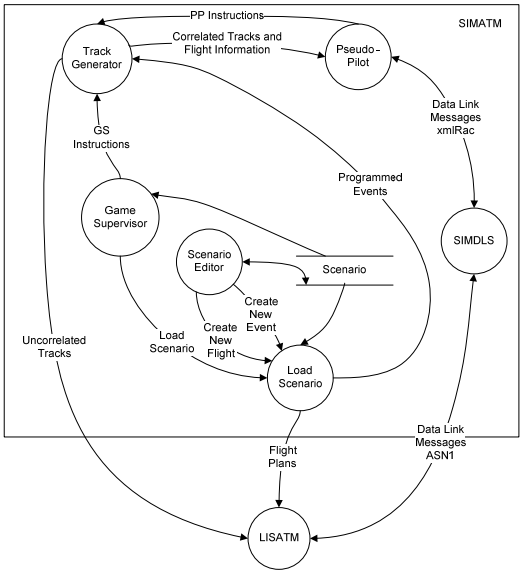


Figure 1. SIMATM components and interaction with LISATM.

Each component in SIMATM is responsible for providing a human-machine interface (HMI) and for assuring the integrity of its own data. Each of the components is described next:

- Scenario Editor: Allows the creation and updating of simulated exercise scenarios. Each scenario is stored in XML format in a database.
- Load Scenario: Converts scenarios into flight plans, which are used by LISATM (and seen by human controllers), and also by the Track Generator and Pseudo-Pilot.
- Track Generator: Calculates the next position of aircrafts considering the information in the scenario and commands issued by the Pseudo-Pilot and Game Supervisor. It also feeds LISATM with radar data.

- Pseudo-Pilot: Allows control of each aircraft in the exercise. It can also behave as an autopilot, in which case the navigation is based upon information in the scenario.
- Game Supervisor: For manual control of the exercise.
- Simulated Data Link Server (SIMDLS): Establishes a data link connection with LISATM and transmits messages between Pseudo-Pilots and the air traffic controllers.

Fig. 1 shows that some SIMATM components communicate with LISATM, providing the same information as would happen with real aircrafts and surveillance systems, thus the need for representing data and commands using the industry standard ASN.1 notation [12]. Within SIMATM, all communication between the components is supported by our own xmlRac protocol, which is based upon XML and implemented over UDP sockets but ensuring the delivery of messages [27].

B. Sample Simulation Scenario

The following paragraphs describe the steps for setting up and running an ATM exercise in SIMATM:

1. The exercise scenario is created using the Scenario Editor, and this must be done offline;
2. The operator of the Game Supervisor loads the scenario. The loading itself is done by Load Scenario, which sends the scenario in flight plan format to LISATM, Pseudo-Pilot, Game Supervisor, and Track Generator, including as well flight plan *simulations*, which add navigation information and pre-programmed events (such as a change in aircraft altitude or direction) to the flight plans;
3. After the scenario is loaded, the Game Supervisor operator assigns flights defined in the scenario to each participating Pseudo-Pilot according to the respective radio frequencies. There can also be cases in which flights are automatically controlled by Track Generator instead of a Pseudo-Pilot;
4. After the flight assignment is done, the Game Supervisor can start the exercise. At this point the Track Generator produces flight information based upon the flight plans and the commands (such as flight level and speed adjustments) inserted by the Pseudo-Pilot or Game Supervisor;
5. When the Game Supervisor ends the exercise, all loaded information is cleared, and the component returns to its initial unloaded state. To repeat the exercise, the scenario file must load again (see step 2).

These steps illustrate the interactions between the components of SIMATM, and with the LISATM external entity, and provide a context for better understanding the changes needed for CPDLC integration in SIMATM.

IV. Integrating CPDLC in SIMATM

In this section we describe the integration of CPDLC capabilities into SIMATM, focusing on an illustrative subset of the messages, namely the climb/descend clearances that occur during the en route, high altitude, flight segment (see Table I).

The complete set of messages approved for the Maastricht upper area control, which pioneered the use of CPDLC in Europe, additionally includes radio frequency changes, turns and headings changes, microphone checks, and more [25].

TABLE I. Climb/Descend Clearance CPDLC Messages

Direction	Name	Description
Controller to pilot	MAINTAIN [level]	Maintain [level] altitude
	CLIMB TO [level]	Climb to [level] altitude
	DESCEND TO [level]	Descend to [level] altitude
Pilot to controller	REQUEST [level]	(Similar to the messages above, but initiated by the pilot, who must wait for the controller response)
	REQUEST CLIMB TO [level]	
	REQUEST DESCEND TO [level]	
	WILCO	Understood and will comply
Both directions	UNABLE	Cannot comply
	STANDBY	Further message will follow

From the subset of CPDLC messages in Table I we enumerate functional and non-functional requirements that lead to modifications in some of the SIMATM components. However, before that we introduce the software development process that we follow in-house.

A. Software Development Process

The project to integrate CPDLC capabilities in SIMATM, much like our other assignments to build complex and critical systems, follows a documented software development process, which is based upon the V-model [2] complemented with good practices from agile methodologies [9,10].

In a nutshell, besides the expected division of the process into phases (namely the requirements gathering, architecture, detailed design, coding, unit testing, integration testing, and validation), in which the outputs of each phase feed the inputs of the next ones, we also identify the functionalities that are more likely to suffer modifications.

Then, for each of these individual functionalities we apply a complete development cycle to ensure that what is built is what the client specified and so that the client can periodically validate our work. This means the system is developed incrementally to guarantee that the adaptation to changes has a minimal impact on the project planning and satisfies the client.

Next, we show outcomes from the requirements gathering phase, specific to the messages in Table I, and considering the context provided by the SIMATM components in Fig. 1.

B. Functional Requirements

The integration of CPDLC capabilities in SIMATM determines three functional requirements that should be satisfied during both the setting up and execution of an ATM exercise:

- The Scenario Editor should be able to create an exercise scenario containing aircrafts with CPDLC capabilities;
- The Pseudo-Pilot should be able to see if an aircraft under his/her own control has CPDLC capabilities;
- The Game Supervisor should be able to see, at any instant of the exercise, if a specific aircraft has CPDLC capabilities, and check if they are currently active.

Next, we present the behaviour that should be satisfied only while an exercise is running (not paused nor being setup):

- When SIMDLS receives a climb/descend clearance from LISATM, it should forward the information contained in the message to the Pseudo-Pilot, which presents it in the HMI. SIMDLS should allow the Pseudo-Pilot to respond using WILCO, STANDBY, and UNABLE messages;
- SIMDLS should allow Pseudo-Pilot to send REQUEST type messages to LISATM and forward the controller's reply, UNABLE or STANDBY. It should also allow the Pseudo-Pilot to send a final reply, WILCO or UNABLE.

Before the messages in Table I can be processed by SIMATM, and especially by LISATM, in which controllers use real equipment, there are session initiation and termination messages (similar to logons and logoffs) that must be processed to determine if the CPDLC capabilities of an aircraft are currently active. The details of these were omitted for simplicity sake.

C. Non-Functional Requirements

Besides the behaviour allowed by SIMATM it is important to understand the qualities inherent to the operation of the system. To this end, we first introduce two types of timeouts that can occur in a CPDLC context:

- Operational Timeout: When the Pseudo-Pilot does not respond with a WILCO or UNABLE message within 120 seconds after the controller in LISATM has sent a message to the aircraft, or 120 seconds after the controller has received a STANDBY message from the Pseudo-Pilot;
- Controller Timeout: When the controller in LISATM does not respond with at least an UNABLE message within 120 seconds after a REQUEST message initiated by the Pseudo-Pilot, or after 120 seconds upon sending a STANDBY message to the Pseudo-Pilot.

The clocks watching both types of timeouts are reset when a STANDBY message is received. From the two definitions of timeout, it is now possible to fully describe the non-functional requirements of a CPDLC-enabled SIMATM:

- Performance: Messages should take less than one quarter of a timeout duration (operational or controller) to be delivered from LISATM to the Pseudo-Pilot and vice-versa;
- Reliability: When a message is incorrectly received or a timeout happens, SIMATM must consider the data communication link is corrupt and should shut it down;
- No Duplication: Messages sent by LISATM should be received only once by SIMATM, irrespective of the noise in the radio communication channel;
- No Creation: Messages should be uniquely identified, and also contain the identifier of either the aircraft or the controller that originally created the message; in other words, extra messages should not be created;
- Integrity: Messages received from or sent to LISATM should not be modified by any SIMATM component;
- Usability: The interaction with the HMI of the Pseudo-Pilot must be accomplished in at most four steps, and the previous steps should always be indicated so that the human pilot can rapidly restore the context; in addition, after the insertion of a command by a pilot, SIMATM must ensure the performance requirement is accomplished;
- Capacity: SIMATM should provide all requested CPDLC capabilities to aircrafts participating in an exercise.

All requirements for CPDLC were defined in terms of the SIMATM framework and its interaction with LISATM, which naturally lead to changes in the existing components.

D. Changes to the SIMATM Components

In order to satisfy the identified requirements it was necessary to add CPDLC functionality to several of the SIMATM components (see Fig. 1 for reference).

Starting with the Scenario Editor, it has to support the creation of scenarios with aircrafts having CPDLC capabilities. This involved modifying the representation of the details of a scenario in the database and the corresponding changes to the HMI, such as the creation of new forms to be filled out.

Regarding SIMDLS, it handles all data link transfers between LISATM and SIMATM, and so an upgrade to CPDLC messaging was needed, namely to convert the new messages in ASN.1 format to xmlRac and vice-versa. In addition, new types of log entries were defined so that all message exchanges could continue to be recorded. This log is used to facilitate the detection of software errors and also to make it possible for the Game Supervisor to gather statistics about the types of messages most frequently used during an exercise.

Another responsibility of the Game Supervisor is to monitor the exercise, and in this matter s/he can inspect the CPDLC capabilities available in each aircraft using the HMI.

Finally, the Pseudo-Pilot component needed several new functionalities, especially in the HMI, which features additional menus and forms for creating and responding to CPDLC messages, and also to initiate and terminate data link sessions (briefly mentioned in Section IV.B).

V. Discussion and Limitations

We now discuss some challenges and limitations encountered during the integration of CPDLC capabilities in SIMATM. We begin with an explanation about the advantages and disadvantages to system testing of having the SIMDLS component assume LISATM is an external entity, when, in fact, it is the same ANSP that develops and maintains both systems. Then we describe the implications of the ICAO 24-bit aircraft identifier [6] having so far being overlooked, and how that affects on job training.

A. Communication between SIMATM and LISATM

As explained earlier, the SIMDLS component is responsible for forwarding messages between the SIMATM infrastructure and the LISATM external entity. In doing so it needs to convert messages from ASN.1 to xmlRac formats, and vice-versa (see Fig. 1). Alternatively, and since we have access to the LISATM internals, which actually uses the same xmlRac protocol for its inter-component communication, we could have avoided the data conversion altogether by directly linking SIMDLS to a so-called data link processor (or DLP) in LISATM, which is itself very close to the HMI operated by the human controller. This approach would simplify the design of SIMDLS and reduce the complexity of implementing CPDLC messages to only one format.

However, the main disadvantage of directly linking SIMDLS to an internal component of LISATM is that integration testing and validation would not stress the full data link connection that exists between real aircrafts and LISATM, which relies on messages in ASN.1 format. In addition, the SIMDLS data link simulator represents an all-purpose communication channel defined in the ATN [22], so it goes beyond CPDLC messaging. Again, it is advantageous to test the entire chain of components for the other types of messages and services proposed by the air traffic management industry.

B. Lack of Unique Aircraft Identifier

An important element of ATM simulation scenarios is the flight plan, which, among other blocks of data, describes the time of departure and arrival from/to airports, and, particularly, the aircraft identification, usually in the form of a callsign. The traditional format of a callsign is two or three letters followed by the flight number (which controllers always use to refer to an aircraft in voice-based communication), but recently ICAO has recommended the adoption of a 24-bit identifier to guarantee that only one aircraft receives its designated CPDLC messages, even if it happens that the same callsign is wrongly used by two airborne aircrafts [6].

However, as it currently stands, SIMATM does not feature the ICAO 24-bit aircraft identifier, even more so because the related LISATM flight data processing system (FDPS) is still being upgraded, a process that started after the 24-bit requirement became stable.

VI. Conclusions and Future Work

The integration of CPDLC capabilities in an ATM simulator facilitates on job training for novice and expert controllers in the upcoming transition from voice to text-based communication with aircraft pilots, essential to ease the scarcity of radio frequencies. To this end, we described the modifications made to the components of an in-house simulation framework, SIMATM, and highlighted the importance of running and testing it together with a real air traffic management system.

Our current priority is to incorporate the ICAO 24-bit aircraft identifier in the flight plans and in the HMIs of the relevant components, as this improves the realism of the exercise scenarios; in fact this will be a feature of the next version of SIMATM. We also plan to go beyond the en route flight segment and into the more challenging airport approach and ground operations, but that will happen further down the road.

References

[1] Airports Council International, "World Airport Traffic Report 2009," www.airports.org/statistics, accessed Feb. 2011.

[2] P. Ammann and J. Offutt, Introduction to Software Testing. New York, NY, USA: Cambridge University Press, 2008, pp. 3–24.

[3] R. Bolczak, "Operational evolution of an integrated URET/CPDLC capability," in Proceedings of the 21st Digital Avionics Systems Conference, vol. 2. Irvine, CA, USA, 2002, pp. 7.D.3-1–11.

[4] European Organisation for the Safety of Air Navigation, "Air traffic statistics and forecasts," www.eurocontrol.int/statfor, accessed Feb. 2011.

[5] European Organisation for the Safety of Air Navigation, "Link 2000+ Programme," www.eurocontrol.int/link2000, accessed Feb. 2011.

[6] European Organisation for the Safety of Air Navigation, "Mode S technical overview," www.eurocontrol.int/msa/public/standard_page/modes_tech_overview.html, accessed Feb. 2011.

[7] P. Gaspar, "New-generation simulator," in Air Traffic Technology International, 2007, pp. 72–75.

[8] F.O. Gil, "Dependability analysis of the controller-pilot data link communications application," in Proceedings of the 4th Latin-American Symposium on Dependable Computing. João Pessoa, Paraíba, Brazil, 2009, pp. A-14–16.

[9] R. Hightower and N. Lesiecki, Java Tools for eXtreme Programming. New York, NY, USA: Wiley, 2002.

[10] C. Murphy, "Improving application quality using test-driven development," www.methodsandtools.com/archive/archive.php?id=20, accessed Feb. 2011.

[11] V. Kapp and C. Classe, "Designing an ATC CPDLC environment as a common information space," in Proceedings of the 25th Digital Avionics Systems Conference. Portland, OR, USA, 2006, pp. 6.A.6-1–12.

[12] J. Larmouth, ASN.1 Complete. San Francisco, CA, USA: Morgan Kaufmann, 1999.

[13] M. Medina-Mora, L. Sherry, J. Hoppenbrouwers, and D.A. Boehm-Davis, "Simulated task environment for HCI analysis of NextGen data comm," in Proceedings of the International Conference on Human-Computer Interaction in Aeronautics. Cape Canaveral, FL, USA, 2010.

[14] T. Mioch, T. Mistrzyk, and F. Rister, "Procedure design and validation by cognitive task model simulations," in Proceedings of the 19th Conference on Behavior Representation in Modeling and Simulation. Charleston, SC, USA, 2010, pp. 232–239.

[15] T. Mulkerin, "Free flight is in the future: Large-scale controller pilot data link communications emulation testbed," in Aerospace and Electronic Systems Magazine, vol. 18, no. 9, 2003, pp. 23–27.

[16] NAV Portugal, "SIMATM system architecture specification," version 1, Aug. 2006.

[17] T.C. Nguyen, S. Bretmersky, and R. Murawski, "Impact of CPDLC traffic loads on VHF digital link mode 3," in Proceedings of the 23rd Digital Avionics Systems Conference, vol. 1. Salt Lake City, UT, USA, 2004, pp. 1.A.1-1–9.

[18] J. Rakas and S. Yang, "Analysis of multiple open message transactions and controller-pilot miscommunications," in Proceedings of the seventh USA/Europe Air Traffic Management Research and Development Seminar. Barcelona, Spain, 2007.

[19] D.C. Robinson, "CSMA versus prioritized CSMA for air-traffic-control improvement," in Proceedings of the IEEE Aerospace Conference, vol. 3. Big Sky, MT, USA, 2002, pp. 1191–1196.

[20] C. Shingledecker, S. Giles, E.R. Darby, J. Pino, and T.R. Hancock, "Projecting the effect of CPDLC on NAS capacity," in Proceedings of the 24th Digital Avionics Systems Conference, vol. 1. Washington, DC, USA, 2005, pp. 2.B.5-1–8.

[21] T.L. Signore and Y. Hong, "Party-line communications in a data link environment," in Proceedings of the 19th Digital Avionics Systems Conference, vol. 1. Philadelphia, PA, USA, 2000, pp. 2.E.4-1–8.

[22] T.L. Signore and M. Girard, "The aeronautical telecommunication network (ATN)," in Proceedings of the IEEE Military Communications Conference, vol. 1. Boston, MA, USA, 1998, pp. 40–44.

[23] R.L. Sollenberger and P.S.Della Rocco, "Human factors issues in the collocation of URET, TMA, and CPDLC," in Proceedings of the 23rd Digital Avionics Systems Conference, vol. 1. Salt Lake City, UT, USA, 2004, pp. 5.B.5-1–9.

[24] F. Studenberg, "The capacity and performance of a CPDLC system using VDL mode E," in Proceedings of the 24th Digital Avionics Systems Conference, vol. 1. Washington, DC, USA, 2005, pp. 1.B.4-1–9.

[25] V. Stuhlsatz, "Air/ground data link procedures for flights within the area of responsibility of Maastricht-UAC." European Organization for the Safety of Air Navigation, 2008.

[26] Sun Microsystems, "Java blueprints: guidelines, patterns, and code for end-to-end Java applications," www.oracle.com/technetwork/java/javaee/blueprints/index.html, accessed Feb. 2011.

[27] NAV Portugal, "xmlRac interface design document," version 1, Apr. 2008.

[28] S. Yenson and J. Rakas, "Impacts of a mixed media air traffic control communication environment on aviation efficiency," in Proceedings of the 12th Air Transport Research Society World Conference. Athens, Greece, 2008.

Localização e Cálculo Automático de Trajectória em Objectos Móveis Utilizando RFID

Jose Xavier, Pedro Henriques Abreu, Luis Paulo Reis
Lab. de Inteligência Artificial e Ciência de Computadores
Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto- FEUP/UP
Porto, Portugal
ee06091@fe.up.pt, pha@fe.up.pt, lpreis@fe.up.pt

Marcelo Petry
Robótica e Sistemas Inteligentes - INESCPorto
Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto- FEUP/UP
Porto, Portugal
marcelo.petry@fe.up.pt

***Abstract*—A temática da localização de objectos/pessoas consiste na identificação do seu movimentação numa determinada realidade e espaço de tempo. Essa localização é deveras importante pois pode ajudar a corrigir trajectórias (caso se trate de objectos autónomos) ou melhorar o desempenho (caso se trate de um praticante de desporto). Neste trabalho é apresentado um sistema, baseado na tecnologia RFID, que automaticamente corrige a localização e calcula a trajectória de uma cadeira de rodas num trajecto pré-definido. Para isso, foi utilizado um sistema de localização comercial, uma cadeira de rodas eléctrica e dois tipos de percurso: um linear e outro envolvendo uma trajectória complexa com obstáculos. Para além disto a correcção de sua localização foi efectuada utilizando um filtro passa-baixa. Os resultados obtidos demonstram que a abordagem utilizada consegue melhorar em 38% o erro quadrático médio e em mais de 7 cm no erro máximo. Futuramente este trabalho será englobado num projecto onde será criado um sistema multi-agente capaz de realizar a gestão de um conjunto de cadeiras de rodas autónomas em ambiente hospital.**

Keywords-Localização; RFID; Filtro Passa Baixo; Cadeira de Rodas;

I. INTRODUÇÃO

A localização de objectos inseridos num determinado ambiente é uma área de estudo com bastante interesse para a comunidade científica pois o valor que acrescenta quando aplicada em diferentes sectores é bastante significativo. Estes sectores podem ir desde a localização de transportes até à localização de pessoas. São alguns exemplos:

- No caso dos transportes as vantagens são facilmente perceptíveis como por exemplo:
    - Nos transportes aéreos [1];
    - Monitorização dos transportes de mercadorias [2];
    - Planeamento de trajectórias em tempo real utilizado nos automóveis [3];
    - Ou a vigilância de estradas [4].
- A localização de produtos ao longo de uma cadeia de distribuição é alvo de estudo com vista a reduzir os custos de logística [5].
- A localização de pessoas tem também bastante interesse como por exemplo a nível clínico [6] ou desportivo [7].

Uma outra área onde esta temática ocupa um lugar de destaque é em ambiente hospitalar onde a gestão e a localização de objectos móveis é crucial no bom funcionamento do serviço. Desses objectos destacam-se as cadeiras de rodas cuja quantidade (elevada) e distribuição geográfica dificultam a sua gestão. Este projecto visa melhorar esse factor, apresentando um sistema capaz de localizar em tempo real uma cadeira de rodas e calcular a sua trajectória num determinado percurso. Para isso, foi utilizado um sistema de localização baseado na tecnologia RFID que através do uso de uma etiqueta consegue calcular automaticamente a sua localização. A partir daí utilizando a informação previamente recolhida e um filtro passa baixo, conseguiu-se obter a trajectória da cadeira reduzindo o ruído.

No futuro, este trabalho servirá de base a um projecto mais complexo [8] cujo objectivo assentará na criação de um sistema multi-agente constituído por um conjunto de cadeiras de rodas autónomas cujo principal função será o transporte de doentes dentro do hospital (por exemplo para realizarem um exame e voltarem ao internamento).

Este artigo está organizado da seguinte forma: na secção seguinte será realizado um comparativo entre as tecnologias de que suportam os sistemas de localização existentes. Na secção 3 será apresentada de forma detalhada a metodologia utilizada neste projecto. Os resultados serão apresentados na secção 4 e na secção 5 serão realizadas algumas conclusões e considerações para trabalho futuro.

II. TRABALHO RELACIONADO

Nesta secção será realizada uma pequena introdução às tecnologias de localização existentes no mercado e uma breve comparação atendendo à área de aplicação a que se refere este trabalho científico.

A. Global Positioning System (GPS)

O GPS [9] é um sistema de localização baseado em satélites que começou por ser utilizado pelas forças armadas dos Estados Unidos da América para localização de inimigos em ambientes de guerra e que, posteriormente começou a ser usado pelo público em geral.

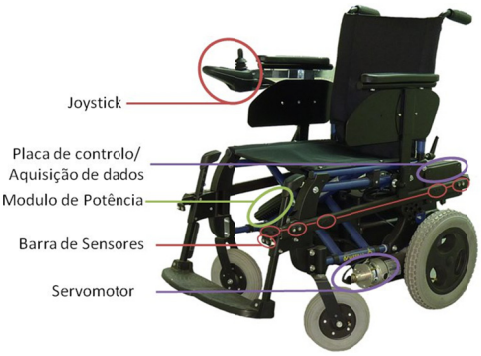


Figure 1. Exemplo da Cadeira de Rodas utilizada no projecto.

Esta tecnologia apresenta bons resultados quer a nível de precisão quer a nível de custos da sua utilização no entanto apresenta uma grande limitação: só pode ser usada em ambientes abertos. Basicamente o seu funcionamento baseia-se na comunicação entre um receptor e vários satélites e consequentemente, quando o receptor se encontra em edifícios fechados ou entre obstáculos físicos, a comunicação com os satélites não é possível [10][11].

B. *Radio Frequency Identification (RFID)*

O RFID é um método sem fios de identificação automática capaz de fazer o seguimento de objectos ou pessoas utilizando ondas de rádio. Os sistemas de localização baseados nesta tecnologia são compostos por três entidades diferentes: etiquetas, leitores e servidores. As etiquetas podem ser classificadas em activas (utilizam alimentação interna, e conseguem comunicar com os leitores até uma distância de 40 metros) ou passivas (não necessitam de alimentação interna e conseguem comunicar com os leitores até uma distância de 13 metros). Os leitores têm como função receber e armazenar a informação proveniente das etiquetas num servidor para posterior cálculo de posição [12].

Os sistemas de RFID comuns utilizam a banda UHF contudo, as necessidades mais recentes destes sistemas levaram a que a largura de banda utilizada fosse maior. Assim passou-se a utilizar a *UltraWide Bandwith*. O espectro de rádio utilizado vai desde os 3.1Ghz até aos 10.6Ghz permitindo resolver problemas como as reflexões de sinal e interferências possibilitando assim, medir com precisão a posição através do *Time Difference Of Arrival* (TDOA) e *Angle Of Arrival* (AOA)[13]. Outra vantagem desta tecnologia é a capacidade de localização de objectos em áreas maiores [14].

C. *Wi-Fi*

Wi-Fi é o nome da tecnologia de redes sem fios mais utilizada actualmente. Esta tecnologia utiliza ondas de rádio para providenciar ligações sem fios à Internet e redes locais. Para além disso, esta tecnologia pode servir de base a um sistema de localização utilizando pelo menos um ponto de acesso *Received Signal Strengh Indication* (RSSI) embora a precisão seja baixa pela falta de triangulação.

D. *Bluetooth*

O Bluetooth é um protocolo de ligação sem fios presente na maior parte dos telemóveis disponíveis actualmente no mercado. Embora este protocolo possa ser utilizado em sistemas de localização, o alto consumo de bateria [15], o fraco alcance e o processo de ligação pouco transparente transforma esta tecnologia inadequada para um sistema de localização eficiente.

E. *ZigBee*

O ZigBee define várias especificações na criação de uma *Wireless Sensor Network* (WSN). É possível criar sistemas de localização utilizando estas redes quer através da utilização do RSSI ou TDOA para estimar a posição. No caso do TDOA é possível obter uma precisão de 2 metros no entanto, neste caso, uma boa sincronização de relógio é indispensável sendo por isso necessário adicionar a cada dispositivo hardware com a função de realizar uma boa sincronização de relógio [16].

1) *Inertial Measurement Unit (IMU)*

A localização pode também ser obtida através da utilização de um IMU. Um IMU é normalmente equipado por um acelerómetro de 3 eixos e um giroscópio de 3 eixos. A utilização dos diferentes sensores permite obter a posição através de dois métodos diferentes e assim através da utilização de um filtro, para fundir a informação de ambos os sensores, obtém-se a posição relativa com maior precisão. No entanto para se obter essa posição é necessário integrar o sinal o que faz com que o ruído seja também integrado aumentando assim o erro das medições [17].

F. *Baseado em Imagem*

A maior parte dos sistemas baseados em visão utilizam um sistema multi-câmaras com rede dedicada que, através de um processamento de imagem consegue localizar objectos numa realidade. Contudo a necessidade de uma boa resolução da imagem implica processamentos mais pesados e computadores com elevado poder de processamento [18,19].

A utilização de assinatura térmica é outro método que usa visão para localização de objectos. Contudo, embora estes sistemas apresentem bons resultados em alguns ambientes como por exemplo em oceanos (com o objectivo é o de localizar seres vivos) [20], apresentam limitações importantes como o custo do equipamento e ser uma tecnologia restrita a objectos que emitam temperatura.

G. *Comparação de Tecnologias de Localização*

A Table I apresenta a comparação das diferentes tecnologias tendo em conta algumas das principais características analisadas. A classificação do desempenho foi avaliada utilizando uma escala de -2 a +2 em que -2 significa um desempenho fraco e +2 um muito bom desempenho.

Através da análise da tabela é fácil constatar que para a nossa realidade, a tecnologia que apresentou melhores resultados foi RFID com a utilização de UWB apresentando como única desvantagem o preço. Neste sentido para este projecto foi adquirido uma solução de localização comercial (descrita nas secções seguintes) que utiliza como base esta tecnologia.

TABLE I. COMPARAÇÃO DAS PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DOS SISTEMAS APRESENTADOS (ADAPTADO DE [21])

Tecnologia	Características Principais			
	Custo	*Precisão*	*Alcance*	*Consumo de Energia*
GPS	+2	+1	+2	-2
RFID	0	0	-2	+1
RFID UWB	-1	+2	+1	+2
Wi-Fi	+1	-1	0	-1
Bluetooth	0	-1	0	-2
ZigBee	0	+1	-1	+2
IMU	-1	0	-	-1
Multi-Câmaras	-1	+1	+1	0
Assinatura Térmica	0	+2	0	-1

III. METODOLOGIA

Após uma pesquisa sobre sistemas de localização que utilizam como base a tecnologia RFID UWB (previamente descrita) foi seleccionada a solução apresentada pela empresa Ubisense[1]. Nessa solução são utilizados dois métodos para estimação da posição: o AOA e o TDOA (previamente descritos). A utilização destes métodos permite-lhe obter uma precisão até 18cm variando em função do tipo de obstáculos presentes no ambiente e do ruído que se encontra na faixa *UWB*.

O *Hardware* utilizado, por esta solução, é constituído por sensores e etiquetas. A comunicação entre os sensores é realizada através de dois cabos Ethernet, um para troca de dados entre sensores e outro para cálculo da diferença de tempo (TDOA). Por fim ainda faz parte desta solução uma plataforma de software a qual, possibilita configurar todo o sistema (por exemplo configurar a posição das antenas, a periodicidade da taxa de aquisição dos valores de localização entre outros), bem como visualizar e localizar em tempo real as etiquetas.

Neste projecto foi desenvolvida uma aplicação cujo objectivo principal se baseou na visualização e desenho dos dados fornecidos pelo sistema Ubisense e aplicação de um filtro com vista à redução do ruído proveniente dos dados do sistema de localização. O processo de filtragem é constituído por duas etapas fundamentais. Na primeira etapa, a aplicação desenvolvida interpreta um ficheiro *XML* que contem os dados provenientes do sistema de localização. Esta operação é efectuada recorrendo à *Framework LINQ* to *XML* da linguagem C# e basicamente consiste em gravar para cada etiqueta uma lista com todas as suas posições ao longo do tempo. Na segunda etapa do processo, foi utilizado um filtro passa-baixo que permitiu a eliminação do ruído proveniente dos dados do sistema de localização.

$$y_i = \alpha x_i + (1-\alpha) y_{i-1}. \quad (1)$$

$$a = \frac{\Delta_T}{\tau + \Delta_T}. \quad (2)$$

A equação 1 apresenta a versão discretizada do filtro passa-baixo em que o resultado y_i é a soma do valor actual, x_i, e do valor anterior, y_{i-1}, tendo associado um peso α ($0 \leq \alpha \leq 1$). Esse valor é definido pela equação 2 e varia em função do tempo de amostragem Δ_T, e da constante de tempo definida τ.

Por fim, é utilizado um *framebuffer* para desenho dos pontos o que permite a sua representação sempre que a janela de aplicação referente ao desenho esteja activa.

IV. RESULTADOS

Nesta secção, os resultados de dois testes de localização e identificação de trajectórias com a utilização da tecnologia RFID serão apresentados. Apesar do sistema Ubisense fornecer a posição (x, y, z) das etiquetas a cada período de 25ms, esta informação contém uma quantidade significativa de ruído. Desta forma, a utilização de filtros para correcção de dados ocupam um papel primordial sobretudo em aplicações de condução autónoma.

A. Validação do Sistema de Localização

O primeiro teste consistiu na avaliação do ruído das posições fornecidas pelo sistema RFID e do filtro escolhido. Para tal, o sistema foi montado numa área livre de obstáculos medindo 10x10 metros. No centro desta área, ao nível do chão, foi traçada uma trajectória recta medindo 3 metros. A etiqueta RFID foi então conduzida ao longo desta trajectória a uma velocidade constante de aproximadamente 0,1m/s.

Os dados recolhidos nesta experiência estão representados na Fig. 2. O percurso real encontra-se representado a verde enquanto a vermelho estão representados os pontos obtidos através do sistema de localização, sem a aplicação de qualquer tipo de filtro. A notória interferência do ruído na localização da etiqueta pode então ser atenuada com a utilização de um filtro passa-baixo. Na Fig. 3 pode-se visualizar a verde o trajecto real percorrido pela etiqueta e a vermelho os pontos fornecidos pelo sistema de localização após a aplicação filtro passa-baixo com uma constante de tempo de 0,95s.

Analisando os resultados ilustrados na Fig. 4 (apresenta o erro quadrático médio em função da coordenada x visto que a coordenada y se mantém constante ao longo do percurso), com a utilização do filtro passa-baixa o erro quadrático médio foi reduzido em 38% (tendo o filtro passa baixa apresentado o valor de 0.00171 para o erro quadrático médio, enquanto os dados sem tratamento apresentaram um valor de 0.00277). No que concerne ao erro máximo, os resultados obtidos foram de 0.14232 para 0.21772 cm (melhorando em 35% com a utilização do filtro). Estes resultados demonstram por um lado a necessidade inequívoca de, nestes ambientes ser necessário o uso de filtros para tratamento dos dados e por outro que me mesmo um simples filtro passa-baixa *per si* consegue melhorar de forma significativa a qualidade dos dados.

[1] Mais informações disponíveis em http://www.ubisense.net

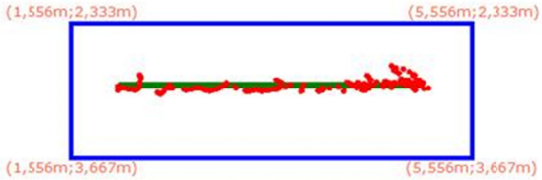


Figure 2. Localização ao longo de recta para validação, sem filtro.

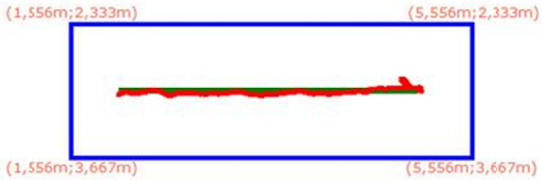


Figure 3. Localização ao longo de recta para validação, com filtro.

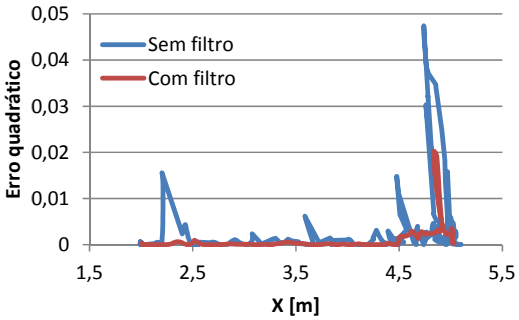


Figure 4. Erro quadrático em função da coordenada x.

B. *Aplicação do algoritmo de filtragem*

A segunda experiência consistiu na aplicação do algoritmo de filtragem na localização da cadeira de rodas desenvolvida no projecto IntellWheels [8] durante testes de condução. Durante os testes, foi solicitado aos voluntários que conduzissem a cadeira de rodas num percurso pré-definido utilizando um dos modos de controlo existentes. Após a validação da primeira versão da aplicação esta foi usada para visualizar e filtrar os dados referentes à utilização do Ubisense na cadeira de rodas.

O sistema de localização foi instalado nos cantos de uma sala com aproximadamente 40 m2. Nesta sala foram colocados diversos obstáculos de forma a permitir a navegação da cadeira de rodas no percurso pré-determinado. Na Fig. 5 é ilustrado o percurso a ser realizado pela cadeira de rodas assim como o posicionamento dos sensores no espaço. A recolha dos dados de posição da cadeira de rodas foi realizada através da colocação de uma etiqueta na cadeira de rodas, aplicando-se o tratamento anteriormente descrito.

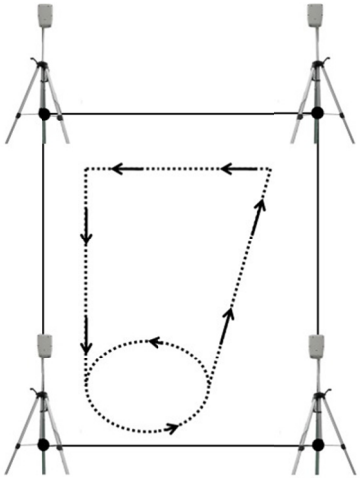


Figure 5. Setup dos sensores de localização no percurso pré-definido.

Como anteriormente descrito existe uma diferença entre a aplicação e a não aplicação do filtro. Um exemplo gráfico que suporta esta afirmação está representado na Fig. 6,onde a posição (x,y) da cadeira de rodas é representada ao longo do percurso não efectuando qualquer tratamento de ruído aos dados. Em contraponto, na Fig. 7, para os mesmos dados, é realizado uma representação gráfica filtrando os dados.

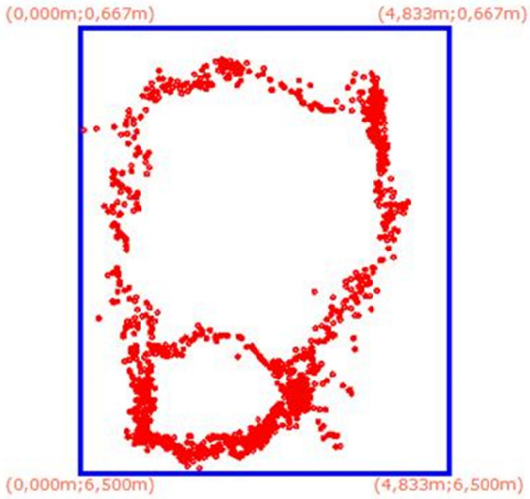


Figure 6. Percurso efectuado pela cadeira de rodas, sem filtro.

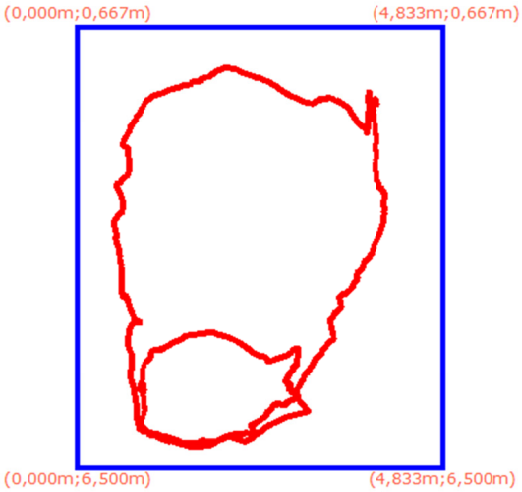


Figure 7. Percurso efectuado pela cadeira de rodas, com filtro.

V. CONCLUSÃO

Neste trabalho de investigação um sistema capaz de calcular automaticamente a localização e trajectória de um objecto móvel (cadeira de rodas) foi apresentado. Os objectivos do projecto consistiram fundamentalmente na validação do sistema de localização e consequente redução do ruído nos dados obtidos. Para o primeiro objectivo foi realizado uma experiência simples que consistia no seguimento de um objecto que se deslocava num percurso recto. Para o segundo objectivo foi desenhado um circuito que englobava mudanças de direcção e a utilização de um filtro passa baixo para redução de ruído nos dados. Os resultados alcançados demonstraram que a abordagem utilizada melhorou substancialmente a qualidade dos dados (redução de 38% do erro quadrático médio e mais de 7 cm no erro máximo).

O próximo passo deste trabalho científico visa a sua integração com um projecto mais complexo cujo objectivo se baseia na criação de um sistema multi-agente capaz de automaticamente realizar a gestão de um conjunto de cadeiras autónomas dentro de um universo hospital. Para isso, será necessário em primeiro lugar, reduzir o valor do ruído, proveniente do sistema de localização, para valores residuais. Esta tarefa implicará estudo comparativo de filtros (por exemplo *Kalman* e Partículas) e aplicação daquele que apresente os melhores resultados para o nosso ambiente. Outro factor preponderante neste sistema é estimar, em cada instante, qual é a direcção da cadeira. Para isso, serão utilizadas 5 etiquetas espalhadas pela cadeira percebendo desta maneira a orientação das suas rodas e diminuindo o problema oclusão (em caso de oclusão de uma ou mais etiquetas as outras compensaram). Após a conclusão destas duas etapas, a cadeira será equipada com duas câmaras de vídeo que ajudaram na aquisição de imagens para posterior tratamento e envio de comandos que irão dotar a cadeira de comportamentos autónomos.

Outras áreas que podem ser exploradas utilizando o sistema desenvolvido é a área do desporto (por exemplo no futebol). Cada vez mais é importante classificar, de uma forma objectiva o desempenho dos jogadores de futebol. Neste sentido um projecto futuro poderia consistir em desenvolver um sistema híbrido constituído por uma aplicação RFID que seria responsável pela localização dos jogadores num jogo e um sistema de câmaras que exclusivamente seria responsável pela localização da bola. A partir da obtenção destes dados, com o mínimo ruído possível, poder-se-ia construir uma ferramenta que fosse capaz de automaticamente calcular informações de alto nível, individuais e colectivas, do jogo.

AGRADECIMENTOS

M. P. agradece à Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT) pelo financiamento através da bolsa de doutoramento de referência SFRH/BD/60727/2009. Este trabalho foi parcialmente financiado pelo Laboratório de Inteligência Artificial e Ciência de Computadores e pela Fundação para a Ciência e Tecnologia através do projecto "INTELLWHEELS - Intelligent Wheelchair with Flexible Multimodal Interface" (ref. FCT/RIPD/ADA/109636/2009).

REFERENCES

[1] B. Wong and S. Gaukrodger. "Improving future air traffic punctuality: “pinch-and-pull” target windows", Aircraft Engineering and Aerospace Technology, vol.82(4), pp. 207-16, 2010.

[2] P. Arpaia, G. Lucariello and A. Zanesco. "Multi-agent remote predictive diagnosis of dangerous good transports ", IEEE Instrumentation and Measurement Technology Conference vol. 3, pp.1685-1690, 2005.

[3] L. Li and Y. Zhang. "A Markov Model for Headway/Spacing Distribution of Road Traffic", IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, vol. 11(4), pp. 773-785, 2010.

[4] N. Mandellos, I. Keramitsoglou, and C.T. Kiranoudis, “A background subtraction algorithm for detecting and tracking vehicles,” Expert Systems with Applications, vol. 38, pp. 1619-1631, 2011.

[5] J.M. Ko, C. Kwak, Y. Cho, and C.O. Kim, “Adaptive product tracking in RFID-enabled large-scale supply chain,” Expert Systems with Applications, vol. 38, pp. 1583-1590, 2011.

[6] W.-H. Chen, H.H. Chang, T.H. Lin, P.C. Chen, L.K. Chen, S.J. Hwang, D.H.J. Yen, H.S. Yuan, and W.C. Chu, “Dynamic Indoor Localization Based on Active RFID for Healthcare Applications: A Shape Constraint Approach,” International Conference on Biomedical Engineering and Informatics, pp. 1-5, 2009.

[7] C.B. Santiago, A. Sousa, and L.P. Reis, “Survey on Team Tracking Techniques Applied to Sports,” Image (Rochester, N.Y.), 2010.

[8] R.A.M. Braga, M. Petry, A. P. Moreira and L. P. Reis. “Concept and Design of the Intellwheels Platform for Developing Intelligent Wheelchairs”, Springer-Verlag, LNEE/ Informatics in Control, Automation and Robotics. Vol 37. pp. 191-203, 2009.

[9] D.B. Fogel, T. Fukuda, and L. Guan, “Scanning the issue/technology,” Proceedings of the IEEE, vol. 87, pp. 1415-1422, 1999.

[10] B. Nejikovsky, K. Kesler, and J. Stevens, “Real time monitoring of vehicle/track interaction,” In Proceedings of the Rail Transportation Conference, pp. 25-31, 2005.

[11] Z. Yu, “Gps train location and error analysis which based on the track fitting of the railway´s geometric locus,” Proceedings of the International Conference on Electronic Measurement, 2005.

[12] C. Chao, “Determining technology trends and forecasts of rfid by a histori- cal review and bibliometric analysis from 1991 to 2005,” Technovation27 Journal, vol. 27, pp. 268-279, 2007.

[13] M. Bouet and A.L. dos Santos, RFID tags: Positioning principles and localization techniques, IFIP Wireless Days, pp. 1-5 , 2008.

[14] C. Roblin, M. Ieee, A. Sibille, S.M. Ieee, M.Z. Win, and F. Ieee, “Ultrawide Bandwidth RFID : The Next Generation ?,” Proceedings of the IEEE, vol. 98 (9), pp. 1570-1582, 2010.

[15] P. Jappinen and P. J., “Preference-aware ubiquitous advertisement screen,” In Proceedings of IADIS-e-Commerce, pp. 99-105, 2007.

[16] H. Cho, H. Jang, and Y. Baek, “Practical Localization System for Consumer Devices using Zigbee Networks,” Evaluation, vol. 56, pp. 1562-1569, 2010.

[17] J. Borenstein and L. Ojeda, “Heuristic Drift Elimination for Personnel Tracking Systems,” Journal of Navigation, vol. 63, pp. 591-606, 2010.

[18] V. Kettnaker and R. Zabih, “Bayesian multi-camera surveillance,” vol. 2, pp. 117-123, 1999.

[19] O. Javed, “Tracking across multiple cameras with disjoint views,” Proceedings Ninth IEEE International Conference on Computer Vision, vol.2, pp. 952-957, 2003.

[20] V. Raizer, “Validation of two-dimensional microwave signatures,” In Geoscience and Remote Sensing Symposium, pp. 2694-2696, 2003.

[21] P. Abreu, V. Vinhas, P. Mendes, L.P. Reis and J. Garganta, "Real-Time Wireless Location and Tracking System with Motion Pattern Detection, Robot Location and Map Building, edited by H. Yussof, vol.1, pp. 467-492, 2010.

Push technology for the World Bike Tour

Luís Jorge Gonçalves
ESTGA/GeoBioTec
University of Aveiro
Águeda, Portugal
luisjorge@ua.pt

Gonçalo Paiva Dias
ESTGA /GOVCOPP
University of Aveiro
Águeda, Portugal
gpd@ua.pt

Resume — **In this article we present an innovative application that was developed for the initiative "26 days tour around the globe", an event that was part of the World Bike Tour São Paulo 2011. The application uses Google Maps, Google Earth and server-push technology to represent in real time Web the virtual position of 12 stationary bikes that were used to produce clean energy for the event. Because a huge number of concurrent accesses were expected, the application was developed in such a way that most processing is made in the client side. The application has global geographic coverage and was developed in a very short period using open source technologies.**

Keywords – server-push; Google Maps; Google Earth, Open Source

I. INTRODUCTION

The World Bike Tour (WBT) is a mega event created and organized by Sportis, a portuguese enterprise, which primary objective is to promote cycling for a better quality of life, where the element of social inclusion take pride of place in the presence a large number of visually impaired and disabled people.

The WBT concept was born from the need felt in conversations with the Portuguese Institute for Drugs and Drug Addiction, to promote healthy lifestyles and combat all types of dependencies. The first event started in 2006 in Lisbon, followed by Porto in 2007. In 2008 the initiative became international, with the Madrid edition. The year 2009 marked the first event outside the borders of the European continent, namely in S. Paulo, Brazil.

Over 80 thousand people have biked in Bike Tours. Each event has a budget of approximately two million Euros. The WBT brand was registered and is extending to other products, such as My Bike Tour Card, already launched in Brazil. Its subscribers accumulate points whenever they use a bike path in S. Paulo, enhancing the chances in the draw for 50 trips, all expenses paid, to participate in a bike tour of Europe

To get an idea of the impact that this initiative has in Brazil, just need to say that the six thousand entries open on the Internet for WBT 2010 S. Paulo sold out in 37 minutes, and that the extra 500 entries that were put to the lottery received 100 thousand applications.

Going in his third edition (figure 1), The Bike Tour S. Paulo has grown to include several parallel events, all part of a project that marks the anniversary of the City of S. Paulo, which increasingly sees itself as a reference in social mobilization and investment on sports, prevention of drug abuse and protection of the environment, by raising awareness of cycling as a means of recreation and green transportation.

Figure 1. Partial view of the WBT S.Paulo, 2011, Octavio Frias de Oliveira bridge.

The "26 days Tour Around the Globe" (26DTAG) is one of such events, for the first time included in a WBT, aiming to demonstrate that the simple act of pedaling can generate clean energy. Twelve stationary bikes were installed in a stand, allowing the count of miles trough sensors installed in the devices (Figure 2). Wanting to cover all continents and some reference points, the participants had to "travel" approximately 80,000 km. All the energy expenditure of the event was generated by the bikes themselves, together with photovoltaic panels and towers for wind energy production mounted for the purpose. The event started at January 18 (12.30 h , S. Paulo time) and finished at mid-night of 24, same month. The WBT S. Paulo started the day after.

For this first edition of the Tour Around the Globe, the organizers wanted to include an application in their web page that could show in a map the "position" of the bikes in a previously defined line (connecting selected cities in the world) and, at the same time, allow web visitors to interactively visit some points of interest (POI) in the defined route. In this article we present the innovative application that was developed to achieve this. The application uses Google

Maps, Google Earth and server-push technology, has global geographic coverage and was developed in a very short period using open source technologies. Because a huge number of concurrent accesses were expected, the application was developed in such a way that most processing is made in the client side.

The remaining of this article is organized as follows: in the second section we present the requirements for the application; in the third section we present the application that was developed and its underling architecture; and in the fourth section we present some general conclusions and future work.

Figure 2. View of the 26DTAG event

II. REQUIREMENTS

The initial requirements/constraints were defined:

- integration of the application in an existing web page (official event web page);
- development of a "stand alone" version (without interactivity) for display in the monitors at the hall of the event;
- global geographic coverage;
- utilization of open source technologies;
- expected huge number of concurrent accesses;
- short development time.

For the visualization aspect, the obvious choice was to use Google Maps and the recent Google Earth APIs to portray the geographic component in the Web arena, since they both deliver worldwide coverage and provide excellent frameworks for rapid development. The biggest problem faced was how to deal with the expected number of concurrent accesses - using "classic" Ajax requests would involve traffic in both ways (browser< ->server) and, with so many concurrent users, transferring files (XML and KML) was not the best solution to tackle this problem. Our investigation led us to Comet technology, which could solve our objective of serving data (in this case, distance stored in a database) in only one direction ("Comet way"…).

III. DEVELOPMENT

The"*26 days Tour Around the Word*" started with a survey conducted in a web site for the election of the cities and other point of interest in the world, that defined the path that the bikes should follow. After one month, the survey resulted in 45 points, covering the five continents in the world, starting in the location were the event is happening (Modelodromo de Ibirapuera, São Paulo) and finishing in the Octávio Frias de Oliveira bridge (where the WBT initiative start).

The locations and other information (name, population, web links) about POIs were introduced in a MySQL database, located in a Linux web server dedicated to deploy the application.

Several photos and videos about the POIs were collected and transformed to KML format using some open source tools like *PhotoOverlayCreator* and *GoogleEarthScreenOverlay*.

As the intention was to portray in a web browser the location of the path travelled by the bikes and, at the same time, to show the position in real time of the their location at any moment, it was decided to present the geographic component in a Google Maps control, synchronized with a view in 3D (Google Earth), as seen in figure 3.

PHP code was developed to generate the necessary KML files from the database, a point theme with the location of the cities and a line theme defining the path. These files were then read in the controls trough the Map and Earth *javascript* APIs.

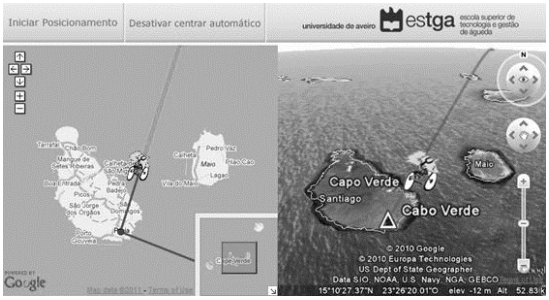


Figure 3. Synchronized views of Google Maps and Google controls

Having fulfilled the requirements of presenting the geographic information with worldwide coverage, recurring to open source technologies, the problem faced now was twofold:

1. how to transform a linear measure – distance travelled by the bikes - to controls that present the geographic information in 2D (Google Maps) and 3D (Google Earth); and,
2. how to read this distance (stored in another MySQL database) and continuously send this information to the functions identified in the previous point, without refreshing the page and considering the huge number of expected concurrent users.

To solve the first problem we needed a function that could return the destination point when given a start point, an end point, and the distance to travel along that line. We have adapted some JavaScript implementations (1), in particular two methods to work with Google's `GLatLng` class – (a) destination point given distance and (b) bearing from start point – that allowed to build a method that, when given another point and a distance in meters, it will return another `GLatLng` object along that line. Then, by means of successive iteration, the algorithm could find the distance between the current point in the iteration to the next point in the path.

The second problem to solve was more tricky. The organizators expected more than 10.000 visitors a day, with a peak of probably half that number concurrently. Using "normal" Ajax requests, would evolve too much traffic in the server, which could block the web page or not permitting a sensation of continuous movement. We wanted to pass most of the processing to the client side, freeing the server for other types of computations and delivery of contextual information.

Our investigation led us to push technology, allowing to develop an architecture as depicted in figure 4.

Push technology refers to any technical solution (for example Comet) whose goal is to reverse the classic Web paradigm of pulling data to the user.

Comet is a set of techniques providing low-latency data transit for the browser. The two most popular techniques, "*forever-frame*" and "*long-polling*", significantly reduce latency over Ajax polling. Comet in the browsers typically requires a web server optimized for large numbers of long-lived HTTP connections, and a JavaScript client to communicate with the Comet server(2).

Fundamentally, Push Technology refers to any technical solution (for example *Comet*, the new generation of push technology) whose objective is to reverse the classic Web paradigm of pulling data to the user. The following terms are used as synonyms or are part of the same logical categories:

- pull, synchronous mode, request/response ("classic web")
- push, asynchronous mode, publish/subscribe

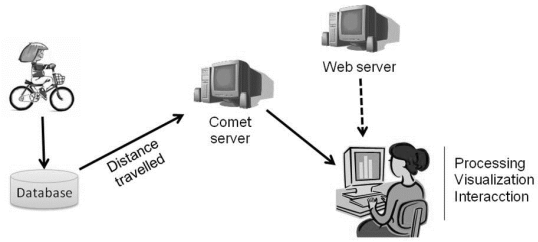


Figure 4. Application architecture

As figure 5 shows, with push-technology the client doesn't have to wait for a response from the server to get an update of a piece of information of interest. After initially subscribing a "topic", the client is not blocked until it receives a response and it will continuously receives updates (whenever new information on the server is available) even without issuing a new request. As will happen even using "classic" Ajax .polling.

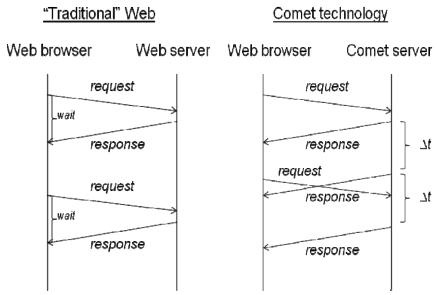


Figure 5. Difference in paradigms in using "normal" web pages and with server-push (in this case, Comet) technology.

WebSockets (which is expected to provide bi-directional, full-duplex communications channels, over a single TCP socket) is not yet an option, since is not implemented in all browsers and we wanted to provide full choice to visitors. So, we investigated possible alternatives in the implementations available. A comparison chart can be found in (3).

Balancing the few existing choices (mainly in terms of consolidated applications, support and clients) we have chosen Lightstreamer, a commercial application which provides a free

version (Moderato) for frequency of updates until 1 second, far enough for our requirements.

A program was developed to read the distance from the database and to create an adapter, using the software development kit (SDK) for Java. This adapter was installed in a dedicated server (a Linux virtual machine with 1Gb Ram). Next, this time using Lightstreamer SDK for Web Client Development, we created placeholders in the "master push page" for receiving the updates from the Comet server.

As the application (comet server and web page) was intended to be included trough an *iframe* in the official web page of the event, we had to build a proxy to solve the problem of the *same origin policy* of javascript, since the domains were different.

There was no need to follow this approach for the "stand alone" version of the application, since there was no need for interactivity and there was only four "users" (the monitors at the wall). The web page for this version (Figure 6) was, for this reason, installed in the same machine of the other version, using the same comet server.

A table was created in both versions to serve as placeholder for the streaming coming from the comet server, showing the distance travelled, instantaneous, maximum and median velocity and distance to the end.

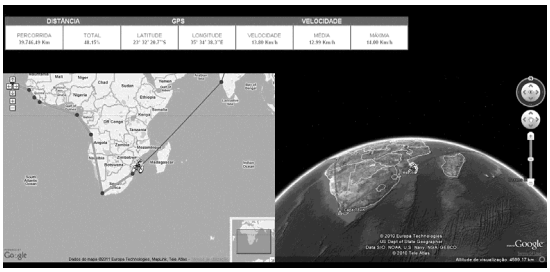


Figure 6. Screenshot of the "stand alone" version of the application.

IV. CONCLUSIONS AND FUTURE WORK

The applications were developed in a very short time period (1 month) and there was no time for conducting load tests. After testing with 10 concurrent users, without noting problems with initial web page loading or memory leaks in the clients conducting the tests, the application went immediately for production, since the event in S. Paulo was starting.

The authors of this article were invited by the organization to assist to the 26DTAG during one week, to observe *in loco* the event. Hundreds of citizens have "cycled" in that time frame, observing in real time in the monitors at the hall, their contribution to the task of completing the 82.000 kilometers of the tour. At the same time, in the various parallel events included in the WBT S. Paulo, citizens were invited to see in interactive application version the position in the globe that the cyclers were in that moment, and to watch videos and photos of POI´s (namely previous editions of WBT in Lisbon, Oporto, Madrid and S. Paulo).

The real event served, as already stated, as benchmark test to access the fit and robustness of the solution. The statistics of interactive version of the web page version indicated accesses for users all over the world, but didn´t allowed us to know the number of concurrent users. Nevertheless, the excellent feedback obtained from users in the official web page of the WBT and the invitation from the organization to realize the same application for the next international editions (Paris, in July and, probably next year, Rio de Janeiro and New York) were the best judgment of the exit of the 26DTAG event.

The utilization of server-push technology in the geographic area was, as far the authors knowledge is concerned, a innovative approach and, as published elsewhere (4), a good example of the great fit of comet technology for telemetry applications. The main area of application of these group of technologies has been the financial and trading industry, since they require very high item update frequencies (more than 50 values /second). In our particular case, since we had to access only one item stored in a database in intervals of 2 seconds, it was possible to use the free edition of Lightstreamer, having no necessity to recur to strategies for load balancing.

We intend now to export the concept and the technology to other application areas, mainly related to telemetry related problems. We have built last year a "WebSIG" system to manage information related to a municipal public illumination infrastructure (georeferenced position of bulbs, circuits, public illumination boxes, etc.), recurring also to open source tools and standards, giving the power of location based analysis to the utilities field. We are including now telemetry functions in this application, supported by server-push technology.

We are strongly convicted that this new rediscovered web paradigm can be applied to all fields that require remote monitoring, for example sensors for measuring air or water quality (which include various parameters), traffic, or navigation control.

V. REFERENCES

(1)Chris Veness, http://www.movable-type.co.uk/scripts/latlong.html.
(2) Alessandro Alinone, http://cometdaily.com/about/, 2011
(3) http://cometdaily.com/maturity.html, December 29th, 2009

(4) Alessandro Alinone, *Comet for the World Bike Tour, January 17th, 2011*

Spontaneous Children's Emotion Recognition by Categorical Classification of Acoustic Features

Santiago Planet
GTM - Grup de Recerca en Tecnologies Mèdia
La Salle - Universitat Ramon Llull
Barcelona, Spain
splanet@salle.url.edu

Ignasi Iriondo
GTM - Grup de Recerca en Tecnologies Mèdia
La Salle - Universitat Ramon Llull
Barcelona, Spain
iriondo@salle.url.edu

Abstract—**This paper describes three categorical classification approaches to spontaneous children's emotion recognition based on acoustic features from speech. Also, we present a fourth approach combining by stacking generalisation the two best classifiers. We used the FAU Aibo Corpus to work under real-life conditions, dealing with spontaneous speech and with low emotional expressiveness, unbalanced data, non-prototypical emotions and a garbage class. Experiments were carried out using the leave-one-speaker-out strategy to consider speaker independence. Two different training and test sets were used at the end to validate the results. We selected the two best classifiers to be merged by comparing the results obtained in the leave-one-speaker-out stage. Experiments showed that the fusion of these classifiers resulted in a more robust structure when it had to classify previously unseen data.**

Emotion recognition; speaker independence; spontaneous speech; classifier fusion; acoustic features

I. INTRODUCTION

In order to improve human-computer interaction (HCI), the inclusion of speech analysis in automatic applications is increasing as a natural way to interact with them, emulating human-human interaction. The analysis of affective states in the input or expressive speech synthesis at the output can improve HCI making these applications more usable and friendly. In general, inclusion of skills of emotional intelligence to machine intelligence could make HCI more similar to human-human interactions [1]. The analysis and synthesis of emotion may be applied in a wide range of contexts, e.g. to the automatic generation of audiovisual content, for virtual meetings, or even in automatic dialogue systems.

Currently, there are many studies related to emotion recognition, all of them based on different approaches. However, most of them are based on corpora consisting of utterances recorded by actors under supervised conditions. Because of its lack of realism, nowadays this is not the current trend [2].

Studies using acted data focus on a set of predefined emotions. Although it is not clear the number of basic emotions nor their definition, the "Big Six" [3] are the more usual: happiness, anger, sadness, fear, surprise and disgust. Nevertheless this set depends on the field of application. In general, the emotions chosen are prototypical and well defined. However, acted expressions are usually more exaggerated than real expressions, and they represent full-blown emotions. Moreover, in real HCI users could express a wide range of expressions, beyond those considered in the predefined set, and the recording conditions can vary from one scenario to another.

Other authors prefer not to work with a categorical classification that limits the number of emotions. In this case they use a dimensional approach, not considering discrete categories but a continuous scale as introduced in [4]. A two-dimensional space is usually considered to map the emotion labels. This space is spanned by the dimensions "activation" and "evaluation". Scherer provides in [5] a mapping of emotion labels in a circumplex model, although this representation is subjected to variations on the number and the definition of the classes. Russell gives another representation in [6]. It is an approach to avoid discretising emotions and allows a broader set of emotional states, but it still does not necessarily mean to deal with real-life data.

There are many efforts trying to emulate real-life conditions in the emotion recognition research area. The first attempt to work with spontaneous speech utterances seems to be [7] where authors collected and analysed parents' speech to infants. However, it is difficult to compare the results of different approaches when they are using different data and different evaluation methods. Recently, the Interspeech Emotion Challenge 2009 [8] tried to skip these problems. It proposed a framework to generalise the research on this topic by offering a corpus of spontaneous speech including non-prototypical data. It also defined a training and a test subset in order to allow speaker independence during the analysis.

The main goal of this paper is to present a study of emotion recognition from spontaneous speech recorded under real-life conditions. For this reason we followed the conditions of [8], using a corpus that includes non-prototypical data, with a very unbalanced number of emotional labels, and including a garbage class without a specific emotion definition.

This paper is organized as follows: Section 2 describes the corpus used in this paper, the prototypicality of the classes and defining its acoustic parameterisation. Section 3 defines the classification approaches proposed in this paper. Section 4 describes the framework and the metric used to compare the performance of the approaches and summarizes their results. Conclusions are detailed in Section 5.

II. CORPUS

In this work we used the FAU Aibo Corpus [9]. We used this corpus as it was defined in [8]. This corpus allowed us to work with data collected in real-life conditions in a real environment. This meant handling unbalanced data, data with low prototypicality and a rest class merging emotions not covered by the other emotional labels. Moreover, data was non-acted, spontaneous, and with low emotional intensity.

A. Corpus description

The FAU Aibo Corpus collected audio recordings of German speech from the interaction of children playing with the Sony's Aibo robot in a *Wizard of Oz* scenario. These audio recordings were divided into 18,216 chunks[1]. Children were from two different schools and were aged between 10 and 13 years. To guarantee speaker independence, the chunks from one school were chosen to create the training set, while the chunks from the other school were used to create the test set. Each chunk, after its parameterisation, was considered an instance of the datasets that we used to train and test the classification schemes. The number of resulting instances was 9,959 for the training set and 8,257 instances for the test set. The corpus was labelled in five category labels: Anger (A), which included angry (annoyed), touchy (irritated, previous step of anger) and reprimanding (reproachful) affective states; Emphatic (E) (accentuated and often hyper-articulated speech, but without emotion); Neutral (N); Positive (P), which included motherese (like infant-directed speech from the child to the robot) and joyful (the child enjoys a situation) states; and Rest (R), a garbage class that collected the affective states of surprise (in a positive sense), boredom (with a lack of interest in the interaction with the robot) and helpless (doubtful, with disfluencies and pauses).

Distribution of classes was highly unbalanced: considering the training set, the majority class (N) consists of 5590 instances while the minority class (P) is only 674 instances, as show in Fig. 1. Moreover, two of the individuals of the training set had no examples from class P. For a full description of this version of the corpus cf. [8].

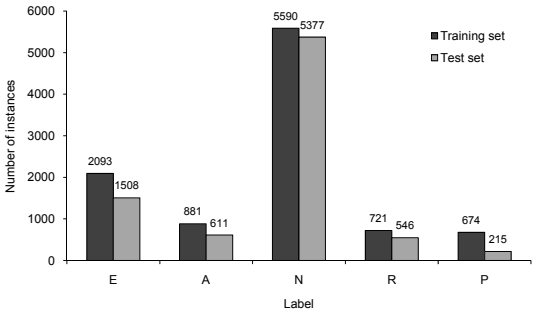


Figure 1. Number of instances per class for the training set.

[1] A chunk is each one of the segmentations of the audio recordings of the corpus into syntactically and semantically meaningful small parts. These chunks are defined manually based on syntactic and prosodic criteria [9].

B. Analysis of prototypicality

In the FAU Aibo Corpus, category labels for each chunk of the corpus were followed by a parameter representing the prototypicality (also known as *confidence* or *homogeinity*). This parameter was calculated from the category labels given to each word of the chunk by five human labellers. Prototypicality of a chunk is defined as the relation between the number of category labels (at the word level) that are equal to the final category label assigned to this chunk and the total number of category labels of this chunk, i.e. the proportion of category labels matching (at the word level) the category label for the whole chunk [9]. Values of prototypicality above 0.25 were assigned the value 0.

As class R was a set of different emotions (surprise, boredom and helpless), most of the chunks that were R-labelled were associated to a value of prototypicality equal to 0 (specifically 90% of the R-labelled chunks). In the rest of the cases for this class, their prototypicality was very low. This can be observed in Fig. 2, which shows the number of occurrences of each category label for 10 equally spaced intervals of prototypicality, from minimum value 0 to maximum value 1. There are no occurrences in the second interval (corresponding to [0.1 0.2)) because chunks with a prototypicality lower to 0.25 were assigned the value 0. Rest of classes is distributed along the different values of this parameter, but only a few of them (chunks corresponding to the N category label in most of the cases) achieve a value of prototypicality equal to between 0.9 and 1 (last interval). This is in keeping with the premise assumed before that data from this corpus has low prototypicality.

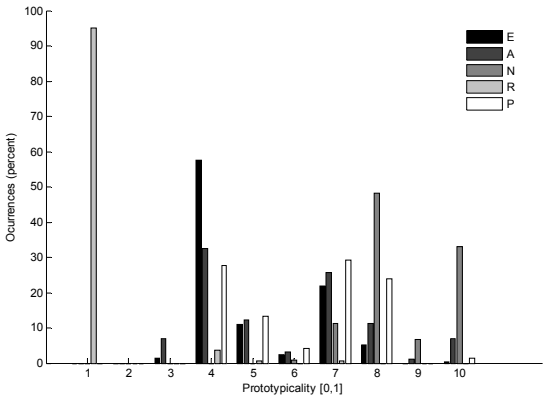


Figure 2. Percentage of occurrences of each category label versus prototypicality. The prototypicality range in the horizontal axis is divided into 10 equally spaced intervals from value 0 to 1.

C. Corpus parameterisation

The analysis of the corpus was performed at the acoustic level, i.e. not considering the linguistic content of the chunks. We parameterised each chunk of the corpus calculating 16 Low-Level Descriptors (LLDs) and their derivatives. These LLDs were:

- Zero-crossing rate (ZCR) analysed in the time signal.
- Root mean square (RMS) frame energy.
- Fundamental frequency (F0) normalised to 500 Hz.
- Harmonics-to-noise ratio (HNR).
- 12 mel-frequency cepstral coefficients (MFCC).

Then we calculated the following 12 functionals per chunk from these LLDs:

- The first moment measure: mean.
- The second moment measure: standard deviation.
- The third and fourth central moments: kurtosis and skewness.
- Value and range and position of the extremes.
- The range and two linear regression coefficients with their mean square errors (MSE).

Collecting all the previous attributes for each chunk we built an instance of the dataset. Thus, the number of attributes per instance was $16 \times 2 \times 12 = 384$ attributes.

To perform the parameterisation we used the openSMILE software (as included in the openEAR toolkit release [10], the Munich Open-Source Emotion and Affect Recognition Toolkit developed at the Technische Universität München that provides feature extraction algorithms and classifiers).

III. Experiments

This Section describes the experiments performed considering the acoustic features described in Section 2. Four approaches for classifying the corpus are presented: the first is a Naïve-Bayes classifier using previous supervised discretisation, the second is a support vector machine (SVM) considering two different preprocessing techniques and the last is a fusion of both structures by stacking generalisation.

A. Naïve-Bayes classification

The first classification approach consisted of the application of a Naïve-Bayes classifier. This algorithm was found to be the most relevant in [11] despite its simplicity, so it was used as a baseline for the experiments described here. To improve the performance of the classifier we applied, prior to the classification, a supervised discretisation process on the parameters of the dataset based on Fayad and Irani's Minimum Description Length (MDL) method [12].

B. Support vector machine classification

The support vector machine classification consisted on using a SVM to classify the dataset. In our case we chose a SVM with a polynomial kernel of grade 1 (i.e. a linear kernel), using sequential minimal optimisation learning and pairwise multi-class discrimination, to allow the algorithm to deal with a problem of five classes.

We compared the results obtained by the SVM with the original dataset normalised and the effect on the classifier performance of resampling the normalised dataset previously to being analysed. With this preprocessing technique the goal was to redistribute the classes getting a uniform distribution.

C. Fusion of Naïve-Bayes and SVM

The fusion experiment consisted of merging the classifier approaches detailed above. Classifier fusion, or fusion at the decision level, consists of processing the classification results of prior classification stages. The main goal is to take advantage of the redundancy of a set of independent classifiers to achieve higher robustness by combining their results [13].

Classifier fusion was performed by combining hard decisions from the Naïve-Bayes and the SVM classifiers. Performance of hard decision classifiers is good while providing the least amount of information to make their combinations [14]. We followed the stacked generalisation strategy introduced by [15] and used a decision tree to merge the classifications obtained by the two structures. This stacking approach proved to be useful in the field of emotion recognition in previous works like those by [16] and [17].

IV. Results

This Section summarizes the results obtained from the classification approaches described in Section 3. These classifier approaches were implemented in MATLAB® using base classifier implementations from the data mining toolkit WEKA [18].

A. Framework

In a first stage, to test the classification approaches described in Section 3 and choose the best ones we used only one of the schools to perform the experiments. The second school was only used for testing purposes in the second stage of experimentation. This allowed us to make independent the selection of the best classification structures and the testing process for validation.

First, during the evaluation of the best structures with the first school, we evaluated the classifiers in a leave-one-speaker-out cross-validation (LOSO cross-validation) manner to emulate conditions of speaker independence. Since there were 26 speakers in the training set, the cross-validation experiment consisted of 26 folds. With this procedure, one out of the 26 speakers of the corpus was used for testing and the remaining speakers were used for training. This process was iteratively done for all the speakers.

As we explained before, data from the second school was used only in a second stage of the experiments, testing the selected classification approaches in a completely different environment. Thus we may choose the best classification scheme by only studying one set of data, and test its performance with previously unseen data from the other dataset, in the same way of [8].

Results obtained from the LOSO cross-validation are detailed in Section C while results obtained from the evaluation

of the test set, after training with the full training set, are detailed in Section D.

B. Metrics

In most of the studies of emotion recognition the weighted average recall (WAR) is used, because the distribution of the classes is usually quite balanced. However, the measure to compare the effectiveness rates of the classification approaches in the experiments of this paper was the unweighted average recall (UAR) because the distribution of the classes in the FAU AIBO Emotion Corpus was very unbalanced (cf. Fig. 1). Considering the UAR, instead of the WAR measure, it was desired to find a classification scheme with the most even class-wise performance. This is meaningful in the natural interaction scenario where the emotion recognition is applied because neutral interactions are the most usual ones. In this case, detecting the interactions with emotional content is as important as the detection of the neutral interactions. Equation (1) shows that the recall for one class is calculated as the proportion of correctly classified cases (True Positives) with respect to the corresponding number of instances (True Positives and False Negatives) of this class. Equation (2) shows the computation of UAR performance of the classifier considering the recalls of each class *c*.

$$recall_c = \frac{TP_c}{TP_c + FN_c} \tag{1}$$

$$UAR = \frac{\sum_{c=1}^{|C|} recall_c}{|C|} \tag{2}$$

where *TP* stands for True Positives, *FN* stands for False Negatives and $|C|$ represents the number of classes.

C. Performance analysis on the training set

As explained in Section 3, we performed four different experiments analysing the training instances by a LOSO cross-validation strategy. We defined these experiments in four schemes:

- Scheme 1: Naïve-Bayes classifier with supervised discretisation of the dataset.
- Scheme 2: SVM after normalising the dataset.
- Scheme 3: SVM after normalising and resampling the dataset biasing it to a uniform class distribution.
- Scheme 4: fusion of the Scheme 1 and the Scheme 3 by means of a decision tree.

The chosen algorithm to merge the hard decisions of the Naïve-Bayes and SVM was a J4.8 decision tree learner. The J4.8 is the WEKA implementation of the C4.5 Revision 8 algorithm [18]. This algorithm is a slightly improved version of the C4.5, a commonly used decision tree learner based on entropy information [19]. Because we wanted to improve the UAR and not to focus on the WAR, as this algorithm is focused on (i.e., it is not specifically oriented to achieve an equal class performance), we processed the folds of the dataset that contained the hard decisions of the schemes 1 and 3 before training the stacking algorithm with it. This preprocessing consisted of creating a resampled version of each one of the 26 train folds of this dataset using sampling with replacement. The goal was to balance the class distribution of each fold by biasing its distribution to a uniform one. The sampling was applied only to the folds that were involved in the training part of the LOSO cross-validation, and not to the whole dataset (i.e., the sampling does not affect to the test folds of each iteration).

Table 1 shows the results of performance of each of the proposed schemes, including the WAR and the UAR measures.

TABLE I. RESULTS OF PERFORMANCE OF THE CLASSIFICATION SCHEMES CONSIDERING THE LOSO CROSS-VALIDATION STRATEGY ON THE TRAINING SET

Scheme	WAR (%)	UAR (%)
Scheme 1 (Naïve-Bayes)	41.18	38.92
Scheme 2 (SVM, normalised)	60.99	31.20
Scheme 3 (SVM, normalised + resampled)	44.00	**42.58**
Scheme 4 (Scheme 1 + Scheme 3)	43.80	41.92

The UAR achieved by the Scheme 1 was 38.92%. This result, compared with the baseline provided in [8] (38.2%) represented an improvement of 0.72% absolute (1.88% relative) over it.

Best UAR value was obtained by the Scheme 3 (42.58%), consisting of a SVM classifier with the dataset normalised and resampled to a uniform class distribution. This result yielded an 11.38% absolute improvement (36.47% relative) over the Scheme 2, which consisted of the same classifier but without resmpling the dataset. However, in terms of WAR, the results of the Scheme 2 (60.99%) were better than the results of the Scheme 3 (44%). This illustrates that SVM is oriented to improve the global classification, but in our case what we wanted is to achieve a good classification for all the category labels.

Because Scheme 1 and Scheme 2 were the best approaches we considered to merge their results creating the Scheme 4. The UAR obtained by this last approach (41.92%) improved the Scheme 1 by 3% absolute (7.71% relative). This improvement was 4.38% absolute (11.47% relative) over the baseline in [8]. However, the result of Scheme 4 was below the result obtained by the Scheme 3 on its own (-0.66% absolute, -1.57% relative).

D. Performance analysis on the test set

This Section summarizes the results obtained by the classification approaches trained with the full training set and using the test set for testing. To train the fusion algorithm in the Scheme 4, we trained and evaluated the scheme 1 and 3 with the full training set (properly preprocessed according to the

definition of each scheme). We created a dataset with the hard decisions obtained from them and resampled it (as in the LOSO cross-validation strategy) to get a dataset with a uniform distribution of classes. Then we used this dataset to train the J4.8 algorithm. Table 2 shows the results of performance of each of the schemes, including the WAR and the UAR measures when evaluating the test set.

TABLE II. RESULTS OF PERFORMANCE OF THE CLASSIFICATION SCHEMES TRAINING THEM WITH THE FULL TRAINING DATASET AND TESTING WITH THE TEST SET

Scheme	WAR (%)	UAR (%)
Scheme 1 (Naïve-Bayes)	41.83	40.48
Scheme 2 (SVM, normalised)	65.53	28.81
Scheme 3 (SVM, normalised + resampled)	36.50	39.53
Scheme 4 (Scheme 1 + Scheme 3)	32.74	**40.67**

Best result was obtained by Scheme 4. Its UAR was 40.67% which yielded a 0.19% absolute improvement (0.47% relative) over the Scheme 1. Also, this result improved by 1.14% absolute (2.88% relative) the Scheme 3.

Scheme 1 was the only classification approach that improved the results when evaluated in the unseen data of the test set (38.92% of UAR in the LOSO cross-validation experiment and 40.48% in the evaluation of the test set). The rest of the schemes obtained a result below the result obtained in the LOSO cross-validation experiment. This degradation was more important in Schemes 2 and 3 (-2.39% and -3.05% respectively) than in Scheme 4 (-1.25%).

This experiment revealed that the Scheme 1 allowed a better generalisation of the classifications. While schemes 3 and 4 obtained the best measures of UAR in the LOSO cross-validation experiment, only Scheme 1 improved its own result and the result obtained by the Scheme 3. Because Scheme 1 was part of the Scheme 4, the degradation of this last approach was milder than in Scheme 3.

TABLE III. CONFUSION MATRIX OF SCHEME 4, TRAINED WITH THE FULL TRAINING SET AND EVALUATED WITH THE TEST SET

Classified as →	E	A	N	R	P
E	**578**	333	276	232	89
A	103	**347**	46	78	37
N	776	1016	**1516**	1223	846
R	47	94	93	**150**	162
P	12	21	27	42	**113**

Table 3 shows the confusion matrix of the Scheme 4 trained with the full training set and evaluated with the test set. It can be observed that examples of the class R were the worst classified because most of the R-examples were assigned a different class. Only 150 examples of the class R (out of 546) were assigned to this class. The recall of this class was 0.27. As it was explained in Section 2.B, chunks that were R-labelled were associated to low values of prototypicality, because this class included a variety of emotions. For this reason, to model this class was difficult and degraded the performance of the classification approach.

V. CONCLUSIONS

In this paper we presented four categorical classification approaches to detect children's emotions from speech. To avoid analysing a corpus not registered under real-life conditions, we chose the FAU Aibo Corpus that collects spontaneous interactions of children with the Sony's Aibo robot in a *Wizard of Oz* scenario. This corpus allowed us to work with unbalanced data, data with low prototypicality and a garbage class without a well-defined affective state. To analyse the performance of the approaches we used a LOSO cross-validation strategy ensuring speaker independence. After, we used two different subsets created from the original corpus to train and test the classifiers and validate the performance of the selected approaches when using previously unseen data.

The SVM classifiers obtained the best classification results in terms of UAR when using a normalised dataset with a uniform class distribution (obtained by resampling the original data). However, when this scheme was evaluated with unseen data, performance decreased. This performance was also below the results of the Naïve-Bayes algorithm, which still worked well when it classified the test set after being trained with the full training set.

We also configured a classification structure merging the hard decisions of the Naïve-Bayes and the SVM classifiers (discretising, and normalising and resampling, respectively, the datasets to be analysed), because they obtained the best results in the LOSO cross-validation experiment. These hard decisions were merged by a decision tree. By combining these two approaches the resulting classification scheme was more robust when it was evaluated with previously unseen data, improving the results of the individual classifiers.

Although the fusion of classifiers obtained the best results for the task studied in this paper, most of the R-labelled examples were incorrectly classified. This was due to the definition of this class, which covered different affective states in the same label. For this reason the protypicality of this class was so low, and the classifiers failed at classifying it.

Future work will be focused on improving the classification schemes by merging results of simple classifiers by means of more complex structures. Also, we will study the effect of adding new different features. This will include the analysis of linguistic features in addition to the acoustic study of this paper.

REFERENCES

[1] R. W. Picard, E. Vyzas, and J. Healey. "Toward machine emotional intelligence: analysis of affective physiological state," IEEE Transactions on pattern analysis and machine intelligence, vol. 23, no. 10, pp. 1175–1191, October 2001.

[2] Z. Zeng, M. Pantic, G. I. Roisman, and T. S. Huang. "A survey of affect recognition methods: Audio, visual, and spontaneous expressions,"

IEEE Transactions on pattern analysis and machine intelligence, vol. 31, no. 1, pp. 39–58, January 2009

[3] P. Ekman, E. R. Sorenson, and W. V. Friesen. “Pan-cultural elements infacial displays of emotions,” Science, vol. 164, no. 3875, pp. 86–88, April 1969.

[4] H. Schlosberg. “A scale for the judgement of facial expressions,” Journal of Experimental Psychology, vol. 29, no. 6, pp. 497–510, December 1941.

[5] K. R. Scherer. “Emotion,” in Introduction to to Social Psychology: A European Perspective. M. Hewstone and W. Stroebe, Eds. Oxford: Blackwell, 2001, pp. 151–191.

[6] J. A. Russell. “A circumplex model of affect,” Journal of Personality and Social Psychology, vol. 39, no. 6, pp. 1161–1178, 1980.

[7] M. Slaney, and G. McRoberts. “Baby Ears: a recognition system for affective vocalizations,” in Proceedings of 1998 International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing, vol. 2, Seattle, WA, 1998, pp. 985–988.

[8] B. Schuller, S. Steidl, and A. Batliner. “The INTERSPEECH 2009 Emotion Challenge,” in Proceedings of the 10th Annual Conference of the International Speech Communication Association (Interspeech 2009). Brighton, UK, September 2009, pp. 312–315.

[9] S. Steidl, S. Automatic Classification of Emotion-Related User States in Spontaneous Children’s Speech. Logos Verlag, 2009.

[10] F. Eyben, M. Wöllmer, and B. Schuller. “openEAR - Introducing the Munich open-source emotion and affect recognition toolkit,” in Proceedings of th 4th International HUMAINE Association Conference on Affective Computing and Intelligent Interaction, 2009, pp. 576–581.

[11] S. Planet, I. Iriondo, J.-C. Socoró, C. Monzo, and J. Adell. “GTM-URL contribution to the INTERSPEECH 2009 Emotion Challenge,” in Proceedings of the 10th Annual Conference of the International Speech Communication Association (Interspeech 2009). Brighton, UK, September 2009, pp. 316–319.

[12] U. M. Fayyad, and K. B. Irani. “Multi-interval discretization of continuous-valued attributes for classification learning,” in Proceedings of the 13th International Joint Conference on Artificial Intelligence. 1993, pp. 1022–1029.

[13] J. C. Bezdek, J. M. Keller, R. Krishnapuram, and N. R. Pal. Fuzzy models and algorithms for pattern recognition and image processing, Norwell, MA: Kluwer Academic Publishers, 1999.

[14] D. Ruta, and B. Gabrys. “An overview of classifier fusion methods,” in Computing and Information Systems, vol. 7, no. 1, 2000, pp. 1–10.

[15] D. H. Wolpert. “Stacked generalization,” Neural Networks, vol. 5, pp. 241–259, 1992.

[16] D. Morrison, R. Wang, and L. C. D. Silva. ”Ensemble methods for spoken emotion recognition in call-centres,” Speech Communication vol. 49, no. 2, pp. 98–112, 2007.

[17] I. Iriondo, S. Planet, J.-C. Socoró, E. Martínez, F. Alías, and C. Monzo. “Automatic refinement of an expressive speech corpus assembling subjective perception and automatic classification,” Speech Communication, vol. 51, no. 9, pp. 744–758, 2009.

[18] I. H. Witten, and E. Frank. Data Mining: Practical Machine Learning Tools and Techniques, 2nd Edition. San Francisco, CA: Morgan Kaufmann, June 2005.

[19] J. R. Quinlan. C4.5: Programs for Machine Learning (Morgan Kaufmann Series in Machine Learning), 1st Edition. Morgan Kaufmann, January 1993.

Plataforma Web de Informação Geográfica para o Turismo

Lino Oliveira[d], André Rodrigues[a,d], Hélder Nunes[d], Leonel Dias[d], António Coelho[a,d], José Manuel Oliveira[c,d], Eurico Carrapatoso[b,d], Mário Jorge Leitão[b,d]
lino.oliveira@inescporto.pt, andre.c.rodrigues@inescporto.pt, helderbnunes@gmail.com, leonel.j.dias@inescporto.pt, acoelho@inescporto.pt, jose.m.oliveira@inescporto.pt, emc@fe.up.pt, mleitao@inescporto.pt

[a] DEI/FEUP, R. Dr. Roberto Frias, 4200-465 Porto, Portugal
[b] DEEC/FEUP, R. Dr. Roberto Frias, 4200-465 Porto, Portugal
[c] FEP, Rua Dr. Roberto Frias, 4200-464 Porto, Portugal
[d] INESC Porto, Campus da FEUP, R. Dr. Roberto Frias, 4200-465 Porto, Portugal

Vários desenvolvimentos têm sido verificados, recentemente, em áreas como os sistemas de recomendação, desenvolvimento Web, redes sociais, concepção de interfaces e sistemas de informação geográfica. Conjugá-los pode proporcionar uma experiência superior à soma das suas contribuições no que diz respeito à satisfação do utilizador. Este artigo oferece uma discussão da aplicação do conjunto destas inovações ao *e-tourism*, mais concretamente na construção de uma plataforma Web de informação geográfica que possa ser adaptada a qualquer região turística. Como caso de estudo mostra-se também a sua utilização na Região do Douro. A plataforma Web construída como *proof of concept* agrega informação geográfica proveniente de fontes dispersas e heterogéneas, compreendendo eventos, notícias, rotas e pontos de interesse (POI). Esta plataforma contempla ainda um motor de recomendações e conta adicionalmente com a possibilidade dos utilizadores poderem contribuir conteúdos como parte da comunidade, acabando por formar uma mini-rede social.

e-Turismo; Sistemas de Informação Geográfica; Sistema de Recomendações; Contextualização espacial; Web; Redes Sociais

I. INTRODUÇÃO

Portugal é um país rico em atracções naturais e património histórico, que constituem a base do turismo deste país, representando uma grande fatia do Produto Interno Bruto (14.4%) e empregando cerca de 18.8% do total da população (dados de 2010) [18]. O turismo regional representa um seu subconjunto, que normalmente tende a ser negligenciado embora constitua um mercado em grande crescimento. Em Portugal, existe um forte esforço económico e governamental para divulgar as riquezas de interesse turístico das regiões, como é exemplo a campanha *Vá Para Fora Cá Dentro*. A conjugação com as tecnologias actuais permite desenvolver essas regiões através da fácil divulgação dos seus bens e serviços. Assim, uma plataforma Web direccionada para o turismo deve prestar o melhor serviço ao utilizador fornecendo e evidenciando informações que podem ser do seu interesse, recorrendo a mecanismos de recomendação. A plataforma apresentada neste artigo pretende ver integrada todas as funcionalidades que podem ser necessárias para a planificação e execução de uma viagem e respectivo trajecto, assim como a exportação e partilha das informações relativas às viagens e POI nas redes sociais.

O presente documento começa por apresentar algumas das soluções que actualmente estão disponíveis nos diversos domínios abordados por este trabalho; de seguida, debruça-se sobre o sistema idealizado, especificamente nos vários módulos em que se divide; por fim, elabora sobre uma implementação prática do mesmo: o portal turístico da Região do Douro.

II. TRABALHO RELACIONADO

A temática dos portais Web para o turismo tem sido abordada em diversos trabalhos. Em [17], as viagens e o turismo são ilustrados como *e-commerce* com a capacidade de alterar a estrutura do sector e criar novas oportunidades de negócio. [6] e [10] concordam com os problemas comuns relacionados com os sistemas de recomendação, e abordam algumas etapas de desenvolvimento dos mesmos. Abordam também o estado da arte em serviços de turismo personalizado, técnicas de modelação, personalização e contexto com as preferências e necessidades de cada utilizador, discutindo também algumas melhorias realizadas sobre este tipo de processos. Em [7], os autores debatem diferentes tecnologias de recomendação e apresentam alguns modelos de negócio, dando também algumas sugestões sobre a aplicação destes. O trabalho [19] apresenta uma solução de filtragem colaborativa aplicada a informações e serviços turísticos. Com base nesse pressuposto, [8] propõe um sistema de recomendação baseado no aconselhamento de um guia turístico, utilizando classificações dadas por utilizadores registados que avaliam vários POI. Uma abordagem alternativa à concepção de sistemas de recomendação é proposta em [1]; neste trabalho, os autores reconhecem que este tipo de sistemas deve levar em consideração os conhecimentos de base ontológica. Em [14], o *e-tourism* é suportado por uma aplicação de planeamento e recomendação onde os utilizadores são auxiliados no processo de

organização da sua agenda de actividades turísticas. Esta aplicação oferece algumas sugestões com base na demografia dos utilizadores, visitas anteriores e preferências seleccionadas para a visita actual. A construção da agenda considera características temporais, bem como restrições impostas pelo utilizador, distinguindo-se por permitir um plano totalmente executável no período seleccionado. Em [11] é exposto um conceito para o desenvolvimento de portais inteligentes focalizados no *e-tourism*; os autores apresentam uma infra-estrutura de suporte e indicam alguns factores e estratégias viáveis que podem melhorar a satisfação do turista. [9] apresenta uma metodologia para o design da interface aplicada a portais Web de turismo que acrescenta a possibilidade da sua personalização, com base no suporte da Web Semântica e na utilização de *Web Usage Mining*, a fim de ajudar o utilizador a explorar um determinado espaço de informação. Quanto a sistemas multi-agente, foi utilizado por [2] para obtenção, armazenamento e filtragem de informação turística. Algumas características dos agentes, tais como cooperação, negociação, aprendizagem, planeamento e partilha de conhecimento são utilizadas para atingir os propósitos apresentados. As informações recolhidas são então processadas de forma a alcançar uma solução genérica para apresentação ao utilizador, para que este possa fazer a sua avaliação. [12] acaba por explorar consultas sobre bases de dados espaciais, também conhecidas como *Trip Planning Query*. Alguns algoritmos são utilizados para este fim com diferentes heurísticas e apropriados a conjuntos de dados com diferentes dimensões. A base dos algoritmos apresentados tem como variáveis de entrada os pontos inicial e final, e o cálculo de rotas entre estes. A sugestão para o utilizador é operada utilizando categorias existentes, nas quais um ponto é escolhido para ser utilizado como sugestão para o utilizador.

Outra área que tem sido alvo de numerosos estudos é a da visualização de informação sobre mapas e a resolução dos vários problemas relacionados. Edwardes et al. [5] debruçam-se sobre cinco operadores de generalização como forma de reduzir o excesso de ícones sobre o mapa, sendo de destaque a *agregação* e a *tipificação*. Tidwell [15] discute maneiras de exibir informação complexa, sugerindo *design patterns* como *overview plus detail*, *datatips*, *queries dinâmicas*, *data brushing* e *local zooming*, que têm larga aplicação na visualização de dados geoespaciais.

Em suma, os trabalhos apresentados permitem inferir que existem alguns esforços no desenvolvimento de soluções pontuais para o turismo em geral. No entanto, não existe uma solução integrada para a execução dos diversos serviços apresentados e adaptável a qualquer região com potencial turístico.

III. Plataforma Web de Informação Geográfica para o Turismo

O trabalho de planificação da plataforma começou por tentar conjugar a clássica diposição de informção sob a forma alfanumérica tradicional (com texto, fotos e hiperligações) com uma aplicação geográfica inovadora. Embora os dados mais essenciais sejam acessíveis de ambas as maneiras, cada uma dá ênfase a aspectos diferentes, sendo comutáveis em qualquer altura.

O acesso à informação acaba por ser possível através de dois vectores, geográfico e de tipo de conteúdos, permitindo assim uma grande flexibilidade na selecção; descobrir POI do tipo *hotel* especificamente na área de Vila Real torna-se uma operação natural e intuitiva.

Na aplicação geográfica, o utilizador pode ir explorando a região, visualizando os vários POI e seleccionando aqueles que quer que façam parte da sua viagem. À medida que a for construíndo, vão-lhe sendo sugeridos pontos de interesse, que são determinados através de um motor de recomendações apenso ao sistema.

Para implementar todas estas funcionalidades, a plataforma encontra-se estruturada numa série de módulos, conjugando os conteúdos na base de dados com interacção que o utilizador faz com o mapa; é ainda possível a submissão de contribuições por parte do utilizador, seja sob a forma de comentários, como de elementos multimédia (fotos, vídeos, …). Existe ainda interconectividade com as principais redes sociais, permitindo partilha e divulgação. O projecto acaba assim por ter a arquitectura apresentada na Figura 1.

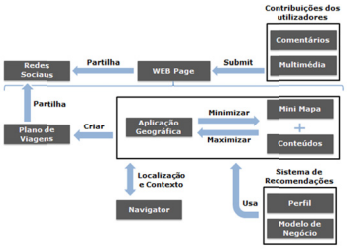


Fig. 1. Visão Geral do Fluxograma da Plataforma

A. *Pesquisa e Recuperação de Informação Geográfica*

Dado o carácter turístico desta plataforma, a informação presente deve ser tratada para ser apresentada de forma conveniente e adaptada individualmente a cada utilizador. Pretende-se que seja assim uma ferramenta que facilite a pesquisa e ajude o potencial visitante a encontrar POI da região que sejam relevantes. Por este motivo, considerou-se essencial que as preferências do utilizador afectem os resultados da pesquisa espacial.

À medida que o mapa é manipulado através de *pan* e *zoom*, é transferida da base de dados somente informação relativa à parte visível do mapa; esta tem o propósito de posicionar ícones no mapa nas coordenadas respectivas e numa listagem associada, havendo sincronização entre estes dois elementos da interface. A título de exemplo, se o utilizador seleccionar um ícone no mapa, a entrada correspondente na listagem é destacada visualmente e vice-versa, basicamente implementando o *design pattern* que Tidwell [15] apelida de *data brushing*.

A entrada destacada na listagem é também acrescida de mais opções (trata-se do *design pattern* que Tidwell [15] chama de *local zooming*), é possível saltar directamente para a página informativa relativa ao ponto de interesse, havendo uma minimização do mapa e sendo carregada a página textual do POI via AJAX[1]; neste estado, o mapa surge somente centrado no ponto de interesse seleccionado, sem mais conteúdo. O utilizador pode maximizar e minimizar a aplicação geográfica a qualquer momento, de maneira a permitir a visualização das informações geográfica e textual, servindo o propósito da aplicação geográfica ser uma ponte de acesso a outros conteúdos e funcionalidades do site.

Para facilitar a pesquisa dos POI foi concebido um elemento de filtragem dos pontos listados que permite ao utilizador a especificação de uma *substring* que restringe a vizualização àqueles elementos que a contenham, deixando os restantes de serem vizualizados. Como se pretende que em qualquer momento a listagem esteja sincronizada com as representações do mapa, a visibilidade dos ícones é também actualizada de acordo com o novo conteúdo da listagem.

De forma a oferecer uma maior usabilidade do mapa principal, nomeadamente no que diz respeito à quantidade de informação representada, existe um pré-processamento desta informação no lado do servidor, sendo aplicados alguns operadores de generalização: tipificação homogénea e heterogénea [5]. A separação espacial dos POI e selecção individual de cada um exige neste caso o aumento do nível de *zoom* do mapa. Todas estas funcionalidades permitem, em conjunto, facilitar a utilização, pesquisa de informação e navegação da plataforma, de forma a reutilizar *design patterns* encontrados noutras aplicações de outros domínios distintos.

B. Sistema de Recomendações

Um potencial turista ao explorar um espaço geográfico desconhecido, ou mal conhecido, é confrontado com a tarefa de decidir o que ver, o que fazer, onde dormir, etc. Com a intenção de proporcionar um meio tecnológico que preste assistência a este processo, foi pensado um mecanismo de recomendações, que funciona de forma dinâmica e personalizada.

Os POI encontram-se classificados por pilares e actividades, e para cada um deles, o utilizador tem a opção de exprimir o seu nível de interesse. Esta selecção afecta não só a visualização das categorias seleccionadas mas também os respectivos pontos de interesse. Para que os pontos sejam convenientemente seleccionados em função do perfil do utilizador, existe um mecanismo que permite ordená-los e atribuir um determinado grau de relevância a cada um deles. Existem três níveis de relevância, designadamente, relevância local, relevância regional e classificação dos utilizadores. Sendo que a relevância local refere-se à classificação atribuída dentro de uma determinada região administrativa, a relevância regional refere-se à classificação atribuída aos pontos da região na sua totalidade, e a classificação dos utilizadores baseia-se na atribuição de maior relevância aos POI pela comunidade. Deste modo a opinião de um grupo de utilizadores pode influenciar a dinâmica de apresentação do ponto de interesse a outros com perfil semelhante.

Outro ponto importante, patente no modelo de negócio da plataforma, permite que um POI seja salientado (a negrito e entre os primeiros resultados, por exemplo) mediante um contrato publicitário. A pesquisa pode ser refinada manualmente pela selecção de categorias e subcategorias, através da interface da aplicação geográfica. Em todos os casos é garantida a persistência das preferências do utilizador. Algumas melhorias que o módulo de recomendação pode adoptar são discutidas em alguns trabalhos relacionados com este assunto, nomeadamente [1] e [2], que exploram sistemas semelhantes cuja utilização se baseia em ontologias com os mesmos propósitos deste sistema.

C. Planeamento de viagens

Tradicionalmente, o planeamento de viagens envolve as decisões tomadas pelos turistas para explorar uma determinada área sem que, em geral, tenham qualquer conhecimento prévio da mesma. O desenvolvimento tecnológico tem facilitado não só a mobilidade humana, mas também a definição de várias soluções para auxiliar o planeamento de viagens, notificação de eventos, serviços baseados na localização e outras tarefas relacionadas [13]. A plataforma considera as preferências do utilizador, assim como as escolhas de outros utilizadores com selecções semelhantes para alimentar o sistema de recomendações e, por consequência, ajudar o utilizador a elaborar a melhor viagem de acordo com as suas preferências.

As funcionalidades previstas para este módulo facilitam o processo de planeamento e visualização das opções do utilizador e trazem mais-valias para o turismo regional. Assim, na aplicação geográfica foi estabelecido o conceito «A Minha Viagem», baseado no *design pattern* que Toxboe [16] denomina de *carrinho de compras*. A navegação sobre a aplicação geográfica e consequente visualização dos POI permite a configuração de uma viagem pela adição progressiva de itens que vão sendo escolhidos. Estes podem ser reordenados conforme a intenção do utilizador e a rota final é mostrada sobre o mapa de forma interactiva. A rota seleccionada é analisada de forma a que o sistema crie sugestões de POI na proximidade do trajecto, tal como foi descrito na secção anterior. Adicionalmente a rota pode ser editada interactivamente através de *drag and drop*. O resultado do cálculo da rota pode resultar em trajectos alternativos, e neste caso o utilizador pode seleccionar o que pretende. Estando o trajecto já definido, o utilizador tem à sua disposição outras funcionalidades que permitem afinar melhor as informações temporais da sua viagem (tempo de paragem, por exemplo).

A rota final pode ser exportada ou partilhada através das redes sociais. e em diversos formatos para dispositivos de navegação GPS[2]. Uma funcionalidade interessante para o

[1] Asynchronous JavaScript and XML

[2] Global Positioning System

viajante é a possibilidade de gerar um *booklet* turístico em formato PDF[3] com todos os detalhes da viagem: informação sobre a região, descrição dos POI, sumário do itinerário, descrição das alternativas e publicidade. Este *booklet* pode ser utilizado pelo visitante aquando da sua visita à região.

Para permitir que a viagem de cada utilizador seja guardada para memória futura, foi criado o espaço *diário de viagem*, onde é possível tomar nota das experiências e aventuras individuais.

D. Contribuição dos Utilizadores e Redes Sociais

Nesta plataforma de promoção de uma região turística, os próprios utilizadores podem adicionar e partilhar novos conteúdos, quer se tratem de vídeos, diários de viagem, fotos, planos de viagem ou informação de carácter mais descritivo, como é o caso de comentários, que esteja sempre georreferenciada ou associada a um determinado conteúdo facultado pela própria plataforma. Esta abordagem permite dinamizar a interacção entre a comunidade que utiliza o site, criando uma micro rede social. Caso os utilizadores possuam conteúdos cuja localização ainda não esteja definida na plataforma, podem adicioná-los livremente, podendo seleccionar através da aplicação geográfica o local onde foi captado um determinado conteúdo.

Outra forma de contribuição dos utilizadores para a divulgação da região é sem dúvida a utilização das redes sociais. O grande poder destas redes é que se assemelham em muito aos conceitos emergentes das nossas sociedades, sobretudo nas palavras-chave como: "relacionamento" e "partilha". Tendo em conta esta "teia de relacionamento" que cada utilizador pode alcançar, a disseminação de qualquer tipo de informação a larga escala é bastante fácil, sendo por isso uma aposta importante para a divulgação, promoção e partilha de informação [4]. Assim sendo, decidiu-se que este meio seria, numa primeira fase, o principal interveniente para a divulgação da plataforma e de todos os seus conteúdos e valências. Como complemento da plataforma foram criados nas principais redes sociais canais próprios que farão não só a sua publicitação, através dos normais clubes de fãs e amigos, mas também permitirão a entrada nas referidas teias sociais, para disseminação de conteúdos em apenas alguns instantes e em larga escala.

Para além da divulgação que as redes sociais permitem, as capacidades oferecidas pela generalidade das plataformas onde estas assentam, são também utilizadas neste trabalho, nomeadamente a autenticação simples e muito *user-friendly*, que permite universalizar e uniformizar a autenticação, algo muito em voga nos dias de hoje; a partilha também é muito simplificada se for efectuada junto da rede junto da qual foi realizada a autenticação.

IV. CASO DE ESTUDO – REGIÃO DO DOURO

O alvo da nossa análise é a Região do Douro, que constitui uma das maiores e mais notáveis áreas do país, resultado da natureza mas também do esforço humano. A nível mundial é particularmente conhecido pelo seu vinho, destacando-se sobretudo o do Porto, que é gerado pelas castas edificadas sobre os socalcos localizados nas margens do rio Douro. Para além do vinho e da excelente paisagem que oferece, a região possui diversos locais de grande valor cultural e cuja exploração e descoberta requerem uma paragem obrigatória, a quem a visita. A excelência da região ao longo da história foi sendo premiada, destacando-se sobretudo o 1º título mundial de Região Demarcada, atribuído no século XVIII; adicionalmente, foi classificada como Património da Humanidade pela UNESCO[4]. Por ter características únicas no mundo, existe uma forte aposta financeira e tecnológica para a dinamização da região como potencial destino turístico.

A. Projecto

Recentemente, surgiu uma iniciativa específica para a região do Douro, com o objectivo de desenvolver um portal turístico que vai além do que actualmente existe neste sector. Esta iniciativa está a ser promovida pela Estrutura de Missão para a Região Demarcado do Douro, que parte da CCDR-N[5], com o financiamento do QREN[6] e reune num consórcio o CITMAD[7], INESC Porto[8], FEUP[9], FEP[10] e UTAD[11]. Como parceiros externos ao consórcio, o projecto conta para já com o apoio da Wiremaze[12] e da InfoPortugal[13]. No entanto, e face aos actuais desenvolvimentos, a colaboração com parceiros externos neste projecto deverá ser estendida, nomeadamente para a prestação e integração de serviços relacionados com as reservas e alojamento de conteúdo vídeo. O enriquecimento dos conteúdos disponibilizados pelo Portal conta com o apoio da Administração Pública Local e Regional, na divulgação e promoção da sua região.

B. Implementação da plataforma

Uma das primeiras decisões tomadas relativamente à implementação diz respeito à capacidade multilingue, essencial num portal turístico (português, inglês e espanhol no caso de estudo). Outra particularidade prende-se com a categorização da informação a disponibilizar: a plataforma irá permitir uma melhor divulgação dos POI e serviços da região, tendo todos os itens sido distribuídos por quatro pilares (turismo, paisagem, vinho, cultura e património) e quatro actividades (viver, viajar, conhecer, ficar). Sob estes são distribuídas as diversas categorias de informação, nomeadamente: *Alojamento, Restauração, Enoturismo,*

[3] Portable Document Format

[4] United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization

[5] Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Norte

[6] Quadro de Referência Estratégico Nacional

[7] Centro de Inovação de Trás-os-Montes e Alto Douro

[8] Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores do Porto

[9] Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

[10] Faculdade de Economia da Universidade do Porto

[11] Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

[12] Empresa da área das tecnologias e sistemas de informação dedicada ao desenvolvimento de projectos Internet e Intranet para a Administração Pública Local e Central

[13] Empresa de conteúdos digitais e soluções tecnológicas de geo-location, dedicada aos mercados de SIG e da mobilidade

Produtos Regionais, Espaços Culturais, Lazer, Natureza, Património, Serviços, Localidades, Eventos e *Itinerários*. A cada uma destas categorias, foi atribuído um segundo nível, designado de subcategoria, que permite agrupar informação com características similares. De forma a poder ser possível o consumo de informação proveniente de fontes heterogéneas, foi desenvolvido um conjunto de regras específicas para cada *schema* XML utilizado (POI da InfoPortugal, eventos publicados pelos *feeds* RSS[14] dos sites das câmaras municipais da região, …).

Como se pode verificar pela Figura 1, a plataforma estará sempre acessível em qualquer página, possuindo dois modos de permanência: maximizada e minimizada.

Fig. 2. Lista de POI e respectiva disposição geográfica

Por exemplo, quando o utilizador está a observar um determinado conteúdo alfanumérico de uma página do portal e este possui uma referência geoespacial, lateralmente pode ver um pequeno mapa, onde é indicada a posição geográfica juntamente com pequenas funcionalidades, que podem ser utilizadas para uso completo da aplicação geográfica quando maximizada através deste "Mini Mapa" (Figura 2). Quando maximizada a aplicação geográfica disponibiliza todas as funcionalidades descritas na Secção III. Um exemplo do protótipo funcional é o ilustrado na Figura 3. Neste screenshot é possível observar a implementação do *design pattern* apelidade de *queries dinâmicas* por Tidwell [15].

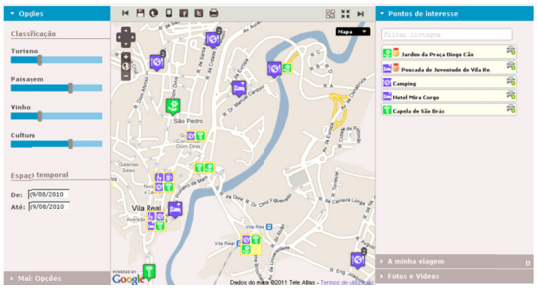


Fig. 3. Protótipo da plataforma geográfica

[14] Really Simple Syndication

De igual forma, quando a aplicação se encontra maximizada esta pode ser minimizada, voltando ao "Mini Mapa" onde o conteúdo alfanumérico é actualizado de acordo com o contexto e selecção actual no portal. Um exemplo deste género de conteúdo pode ser visto na Figura 4; aqui também é possível observar o *design pattern* que Tidwell [15] designa por *datatips*.

Fig. 4. Uma página alfanumérica (em oposição à aplicação geográfica)

Paralelamente a este binómio, temos no cabeçalho de qualquer página o "Navigator" que permite ao utilizador contextualizar-se na região, podendo a qualquer momento saber em que local da região se enquadra a informação visualizada, implementando o *design pattern* que Tidwell [15] denomina por *overview plus detail*. Este mecanismo funciona também no sentido oposto, pois permite ao utilizador seleccionar uma determinada zona, sendo o resultado reflectido instantaneamente na aplicação geográfica.

Através da plataforma geográfica o utilizador pode submeter vários tipos de conteúdos, sendo que também pode comentá-los ou partilhá-los com uma das suas redes de amigos. Para este projecto apenas foi estabelecido que a partilha é possível para utilizadores do Twitter e do Facebook. Para além da adição e partilha de conteúdos, da mesma forma, os utilizadores podem configurar e partilhar os seus planos de viagens.

V. Conclusões e Trabalho Futuro

A plataforma proposta neste trabalho permite centralizar a exploração da região através de uma aplicação geográfica, permanentemente disponível e contextualizada, reunindo toda a informação útil ao utilizador, o qual a pode configurar para que vá ao encontro das suas necessidades. Pretende-se também dar uma imagem moderna e inovadora das regiões turísticas portuguesas podendo funcionar como uma mais-valia na divulgação de marcas regionais, produtos e serviços. O conceito agora proposto, em implementação na região do Douro, pretende ser o portal de referência para a promoção da região.

No conjunto das suas funcionalidades, esta solução acaba por inovar numa séries de frentes. Não só consegue

implementar uma selecção das melhores práticas referentes a sites turísticos, como consegue ser suficientemente genérica para conseguir ser costumizada para qualquer região turística.

Quanto ao trabalho futuro é necessário efectuar a conclusão e integração desta plataforma com as restantes funcionalidades do portal da região. A título de exemplo, prevê-se que no futuro este portal seja um agregador da informação disponibilizada pelas diversas entidades administrativas locais responsáveis pela promoção da região. Esta informação poderá ter eventualmente uma referência geográfica, a qual poderá também ser trabalhada para funcionar juntamente com a plataforma proposta. Outra evolução futura para a plataforma pode ser a optimização das facilidades oferecidas actualmente via *browsers*, para que seja possível a sua utilização em dispositivos móveis, sendo que neste momento está a ser trabalhada uma solução em fase de protótipo funcional [3]. Para além disso, toda a componente de *backoffice* necessita de ser trabalhada para possibilitar a actualização dos diferentes conteúdos, tendo em conta as suas especificidades. Outro aspecto importante que é necessário desenvolver para que a plataforma geográfica esteja disponível é o estabelecimento de protocolos com instituições da administração local e regional, para que toda a informação relevante que possuam e que constantemente actualizam seja divulgada e acessível a partir da solução apresentada. Outra forma de promoção turística da região passa por permitir às organizações locais promoverem o que de melhor têm para oferecer, desenvolvendo para isso, um modelo de negócio que assente sobre o motor de pesquisa geoespacial. Actualmente alguns dos parceiros deste projecto de investigação e desenvolvimento, estão a desenvolver outras aplicações que irão funcionar em conjunto com a plataforma proposta; salienta-se o mecanismo de reservas online e as valências muito próprias da região do Douro: os museus, as quintas e os vinhos. Está também em desenvolvimento o estabelecimento de um protocolo de publicidade de produtos ou serviços, que se encaixe no sistema de recomendações proposto. Assim que estas novas capacidades estejam prontas e integradas no portal e com a plataforma geográfica genérica, será possível ter portais turísticos suportados por uma plataforma geográfica capaz de oferecer ao utilizador tudo o que ele necessita para explorar qualquer região turística.

REFERÊNCIAS

[1] Bedi, P., Kaur, H., Marwaha, S. (2007). Trust based recommender system for the semantic web. In *Proceedings of the 20th international joint conference on Artificial intelligence* (pp. 2677-2682). Hyderabad, India: Morgan Kaufmann Publishers Inc. Retrieved from http://portal.acm.org/citation.cfm?id=1625706

[2] Camacho, D., Borrajo, D., Molina, J. (2001). *Intelligent Travel Planning: A MultiAgent Planning System to Solve Web Problems in the e-Tourism Domain*. Springer Netherlands, 4(4), 387-392. doi:10.1023/A:1012767210241

[3] Coelho, A., & Dias, L. (2011). A Mobile Advertising Platform for eTourism. In Law, R., Fuchs, M., & Ricci, F. (Eds). *Information and Communication Technologies in Tourism 2011: Proceedings of the International Conference in Innsbruck, Austria, January 26-28, 2011*. Berlin: Springer.

[4] Cross, R., Andrew, P., Borgatti, S. (2000). IBM Institute for Business Value | A bird's-eye view: Using social network analysis to improve knowledge creation and sharing. Retrieved September 27, 2010, from http://www.steveborgatti.com/papers/cross,%20parker%20and%20borgatti%20-%20A_birds_eye_view.pdf

[5] Edwardes, A., Burghardt, D., Weibel, R. (2005). Portrayal and generalisation of point maps for mobile information services. *Map-based Mobile Services*, Springer, Berlin.

[6] Fink, J., Kobsa, A. (2002). User Modeling for Personalized City Tours. *Artif. Intell. Rev*., 18(1), 33-74.

[7] Frew, J. (2005). Recommender Systems: Do They Have a Viable Business Model in e-Tourism?. *Information and Communication Technologies in Tourism 2005*. Vienna: Springer-Verlag. doi:10.1007/3-211-27283-6_15

[8] Hinze, A., Quan, Q. (2009). Trust- and Location-Based Recommendations for Tourism. OTM '09: Proceedings of the Confederated International Conferences, CoopIS, DOA, IS, and ODBASE 2009 on On the Move to Meaningful Internet Systems, 5870/2009, 414-422. doi:10.1007/978-3-642-05148-7_31

[9] Jrad, Z., Aufaure, M. (2007). Personalized interfaces for a semantic web portal: tourism information search. In Proceedings of the 11th international conference, KES 2007 and XVII Italian workshop on neural networks conference on Knowledge-based intelligent information and engineering systems: Part III (pp. 695-702). Vietri sul Mare, Italy: Springer-Verlag. doi:10.1007/978-3-540-74829-8_85

[10] Kabassi, K. (2010). Personalizing recommendations for tourists. *Telematics and Informatics*, 27(1), 51-66. doi:10.1016/j.tele.2009.05.003

[11] Khorasani, S., Meybodi, N. (2010). A Framework to Improve E-Tourism Experience by Using Intelligent Portal. In *2010 Seventh International Conference on Information Technology: New Generations* (pp. 1226-1226). Presented at the 2010 Seventh International Conference on Information Technology: New Generations (ITNG), Las Vegas, NV, USA. doi:10.1109/ITNG.2010.155

[12] Li, F., Cheng, D., Hadjieleftheriou, M., Kollios, G., Teng, S. (2005). On trip planning queries in spatial databases. IN *SSTD*. Retrieved from http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.123.7312

[13] Park, H., Kwon, S., Kwon, H. (2009). Ontology-based Approach to Intelligent Ubiquitous Tourist Information System. In *Proceedings of the 4th International Conference on Ubiquitous Information Technologies & Applications* (pp. 1-6). Presented at the Applications (ICUT), Fukuoka, Japan. doi:10.1109/ICUT.2009.5405697

[14] Sebastia, L., Garcia, I., Onaindia, E., Guzman, C. (2008). e-Tourism: A Tourist Recommendation and Planning Application. In *2008 20th IEEE International Conference on Tools with Artificial Intelligence* (pp. 89-96). Presented at the 2008 20th IEEE International Conference on Tools with Artificial Intelligence (ICTAI), Dayton, OH, USA. doi:10.1109/ICTAI.2008.18

[15] Tidwell, J. (2005). Showing Complex Data: Trees, Tables, and Other Information Graphics. *Designing Interfaces* (cap. 6). Sebastopol, Califórnia, EUA: O'Reilly

[16] Toxboe, A. (n.d.). Shopping Cart design pattern. *UI-Patterns.com*. Retrieved from http://ui-patterns.com/patterns/ShoppingCart

[17] Werthner, H., Ricci, F. (2004). E-commerce and tourism. *Commun. ACM*, 47(12), 101-105. doi:10.1145/1035134.1035141

[18] World Travel & Tourism Council. (2010). *Travel & Tourism Economic Impact 2010 Portugal*. London, UK. Retrieved from http://www.wttc.org/bin/pdf/original_pdf_file/portugal.pdf

[19] Zhang, M., Chen, Y., Zhang, X., Lai, J. (2009). Study on the Recommendation Technology for Tourism Information Service. Computational Intelligence and Design, 2009. ISCID '09. Second International Symposium on, 410-415. doi:10.1109/ISCID.2009.11

Sistema de Pago Móvil Basado en Códigos de Barras 2D

Ventajas funcionales de uso

Beatriz Sainz de Abajo, Miguel López-Coronado
Dpto. de Teoría de la Señal, Comunicaciones e Ingeniería Telemática, Universidad de Valladolid.
Valladolid, Spain
e-mails: beasai@tel.uva.es, miglop@tel.uva.es.

F. Javier Burón Fernández, Enrique García Salcines, Carlos de Castro Lozano
Grupo de Investigación EATCO. Universidad de Córdoba.
Cordoba, Spain
e-mails: jburon@uco.es, egsalcines@co.es; ma1caloc@uco.es

Abstract—**Este artículo realiza una comparativa de los servicios m-Commerce más representativos según las características propias de las Killer Apps. Posteriormente centraremos el estudio en uno de estos sistemas de pago móvil que actualmente ofrecen más seguridad en la compra a través de dispositivos móviles: el sistema de pago móvil basado en códigos de barras 2D. La principal contribución de este artículo es describir las características propias del sistema, muy útil para los profanos en la materia, y las ventajas frente a otros sistemas de pago móvil. Como caso práctico presentamos los resultados de un estudio llevado a cabo entre estudiantes universitarios que nos ha permitido conocer, a partir de sus respuestas, qué ventajas aporta este sistema frente a otros sistemas móviles para micropagos.**

Keywords-*m-Commerce, m-payments, Killer Apps, m-banking, código de barras 2D, redes inalámbricas*

I. INTRODUCCIÓN

La adopción de sofisticados dispositivos móviles y la mejora en la gestión de las redes inalámbricas son factores determinantes del impulso del m-Commerce, que en 2009 alcanzó la cifra de 88 billones de dólares en transacciones y que mueve ingentes cantidades de dinero gracias a la venta de billetes, el pago en parking y la publicidad, entre otros servicios de pago. Y son precisamente las características del entorno móvil como la ubicuidad, la usabilidad y la conectividad instantánea, las que convierten a estas tecnologías de acceso en un medio eficaz para la explotación de los servicios electrónicos.

Las aplicaciones m-Commerce no sólo están basadas en e-Commerce, sino que incluyen nuevas aplicaciones como el seguimiento de inventario móvil, entre otras muchas, que benefician a empresas, servicios de distribución, y clientes finales [1-3]. Las empresas utilizan principalmente m-Commerce para servicios de localización y seguimiento, servicios móviles financieros, compra y anuncios, contenido y teletrabajo [4]. De la misma manera versiones simples de aplicaciones de comercio móvil como juegos, sistemas de pago, entretenimiento, y contenido sensible a localización, están ganando popularidad en Europa, Asia y Estados Unidos [5]. Las principales compañías inalámbricas han estrechado vínculos para colaborar eficazmente con proveedores de contenido y servicio para atraer y retener a los consumidores móviles.

La particularidad de los servicios m-Commerce es que requieren, entre otras cosas, gestión de localización, entrega en tiempo real, calidad de servicio (QoS), soporte para las transacciones, seguridad, y confiabilidad de la red inalámbrica. Esta visión global orientada a red y servicio consta de varios componentes que permitirán sofisticados servicios de comercio móvil. Todo ello se ejemplifica en el texto de Upkar Varshney [6], cuya visión global se muestra en la figura 1.

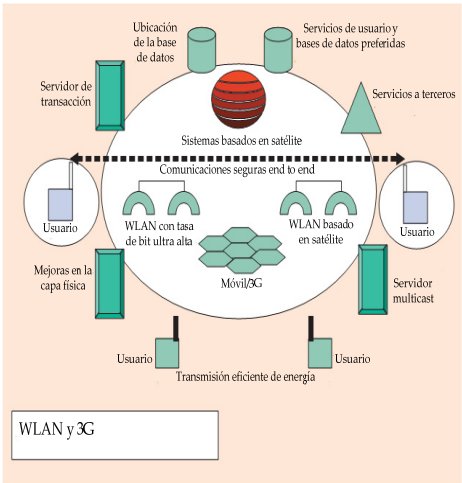


Figure 1. Estructura M-Commerce

Las Personal Area Network (PANs) y las redes inalámbricas fijas, juegan roles limitados debido al escaso alcance en algunos casos y las restricciones de movilidad respectivamente [7]. Mientras las redes móviles emplean conexiones para soportar subastas móviles que necesitan respuestas en tiempo real, los juegos interactivos requieren mejoras vinculadas con aspectos transaccionales. Por tanto el desarrollo de las redes móviles, WLANs y redes basadas en satélite, y la sofisticación de los dispositivos que soportan las aplicaciones, facilitará la dotación de servicios como las subastas móviles, los juegos interactivos, los servicios financieros, la publicidad móvil, e-entertainment, la gestión de servicios proactivos, la gestión de inventario móvil, etc.

En concreto, los servicios móviles financieros, gestionados a través de un proveedor de servicios inalámbricos, han experimentado un gran impulso en los últimos años. Gracias a su uso se pueden ofertar servicios de valor añadido más variados, al mismo tiempo que se reducen considerablemente los costes operacionales [8]. Un esquema de cómo se realizan estas transacciones lo podemos ver en la figura 2.

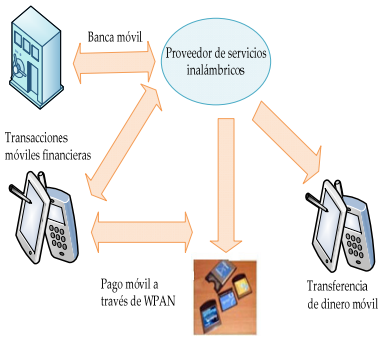


Figure 2. Servicios móviles financieros

Partiendo de una comparativa de los servicios m-Commerce más representativos a partir de las características propias de las Killer Apps, observamos cómo los servicios m-payments destacan en muchos aspectos frente a otros servicios m-commerce, para centrarnos posteriormente en uno de estos sistemas de pago móvil. La principal contribución de este artículo es describir las características propias de un sistema móvil para transacciones seguras basado en el uso de un código de barras 2D y las ventajas frente a otros sistemas de pago móvil. Como caso práctico presentamos los resultados de un estudio llevado a cabo con estudiantes universitarios entre los 18 y los 23 años para conocer, a partir de sus respuestas, qué ventajas observan de su uso en la compra a cuenta de pequeños pagos o micropagos, entendiendo por micropago una compra generalmente inferior a 10 €.

II. M-PAYMENTS COMO KILLER APP EN EL SECTOR DE LAS TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN.

Las Killer Apps en el sector de las tecnologías de la información son aplicaciones que de forma general son disruptivas para la estructura establecida por las industrias y las exigencias de la sociedad. Son aplicaciones transformadoras que ofrecen nuevos caminos para hacer negocios, conducir asuntos personales e interactuar con la sociedad y por tanto indispensables a la hora de facilitar el crecimiento de los mercados existentes o nuevos mercados [9-10]. Entre estas killer apps destacan m-payments y m-banking, donde la percepción del consumidor sobre las ventajas de su uso es abrumadoramente positiva [11]. Partiendo de las características propias de las Killer Apps compararemos los servicios m-Commerce más representativos del mercado actual (tabla I).

Como se observa en la tabla I, el pago móvil (m-payments) y la banca móvil (m-banking) son las Killer Apps con mayores expectativas de futuro, y precisamente este artículo se centra en el análisis y descripción de una de estas aplicaciones m-payments basada en el uso de un código de barras 2D.

TABLE I. SERVICIOS SEGÚN CARACTERÍSTICAS DE LAS KILLER APPS

Características de las Killer Apps	Servicios m-Commerce			
	SMS	**Email y navegación web móvil**	**Entretenimiento, juego y TV móvil**	**Pago y banca móvil**
Disruptividad	Baja	Baja	Media	Alta
Transformacional	Bajo	Bajo	Bajo	Alto
Indispensable	Medio	Bajo	Bajo	Alto
Valor económico	Medio	Bajo	Bajo	Medio
Seguidores	Media	Baja	Media	Alta
Consecuenias no deseadas	Baja	Baja	Media	Alta

Por m-payment se define al pago de comercio móvil que soporta "cualquier transacción con un valor monetario, siendo conducida a través de una red de telecomunicación móvil" [12-13]. Entre las aplicaciones m-payments encontramos un gran número de desarrollos, muchos de los cuales son de carácter propietario. Algunos ejemplos representativos, pero no únicos, de estos sistemas de pago son:

- P2P-Paid [7]
- SET [14]
- MobiCash [15]
- Voice Cheque [16]
- Basados en biometría [17]
- MPCS [18]
- VCC [19]
- Square [20]
- EMPS [21]
- SimPay [22]
- SEMOPS [23]
- Poste Mobile [23]
- PayPal Mobile [23]
- FINEID [24]
- Dina Card [24]

- i-Mode [24]
- Vodafone m-Pay [24]
- Paybox [25]
- Phonebrain [26]
- m-Pay [27]

Cualquier transacción m-Commerce es, por lo general, bastante complicada. Los bloques en un entorno m-Commerce trabajan juntos para llevar a cabo dicha gestión. En la figura 3 se muestra el diagrama de flujo de cómo se procesa la solicitud del usuario.

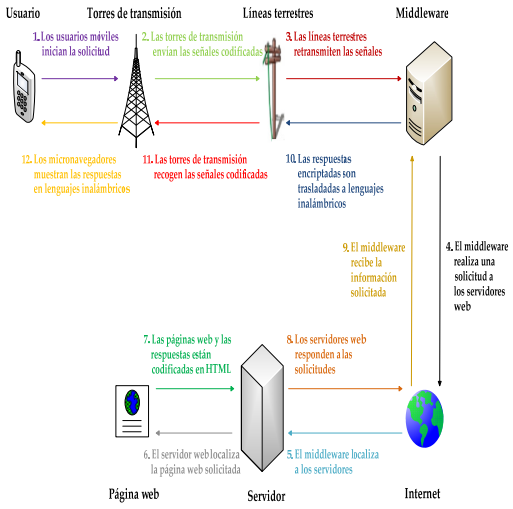


Figure 3. Solicitud de usuario procesada en un sistema m-Commerce

En el esquema mostrado las interfaces de usuario son proporcionadas por los dispositivos móviles de bolsillo y se utilizan para especificar las solicitudes propias del cliente. El middleware móvil, que se encarga del transporte de los contenidos de Internet hasta las estaciones móviles, puede codificar la información por cuestiones de seguridad. La solicitud de usuario se puede efectuar mediante la entrega al punto de acceso inalámbrico más cercano (en un entorno WLAN) o bien mediante una estación móvil (en un entorno de red móvil). El bloque encargado de procesar gran parte de la información requerida por las distintas aplicaciones m-Commerce, está compuesto por los servidores web, los servidores de bases de datos y los programas de aplicación/soporte de software.

En m-payments la compra de servicios de contenido móvil como tonos de llamada, logos, juegos e información, son ejemplos claros de pequeños pagos remotos, mientras que la compra de productos (como tabaco, etc.) ofertados en tiendas, como quioscos, etc., son ejemplos de pequeños pagos llevados a cabo en el punto de venta o Point of Sale (POS).

III. Sistemas de pago móvil en un escenario empresarial basados en el uso de un código de barras 2D

Analizamos un sistema de pago móvil a partir del uso de un código de barras 2D mediante el pago m-Wallets, siendo este tipo de transacción una de las más frecuentes gracias a que su uso permite almacenar la factura y la información relativa a la compra, pudiendo recordarlo en cualquier momento con sólo hacer "clic" en el teléfono móvil [28].

Hay dos formas de construir códigos de barras 2D en los sistemas de pago móvil. El primer enfoque consiste en crear sistemas asociados al POS basados en códigos de barras 2D que se utilizan para soportar transacciones de pago móvil entre los usuarios y los terminales móviles a cualquier hora y en cualquier lugar. Estos tipos de sistemas pueden ser utilizados en servicios de taxi, aeropuertos, etc. Los códigos de barras 2D son útiles para lograr la recuperación de la información relativa al producto, a las transacciones de pago seguro, a la verificación del consumidor, etc.

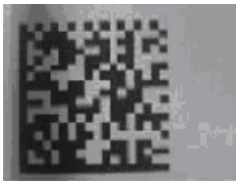


Figure 4. Código de barras 2D en un dispositivo móvil.

El segundo enfoque se fundamenta en la construcción de sistemas de códigos de barras 2D, que permiten a los usuarios móviles efectuar transacciones de pago móvil mediante sus m-Wallets, ya que las billeteras móviles están basadas en las cuentas vinculadas al pago y se almacenan en un servidor determinado [29]. La figura 5 presenta el sistema de pago mediante código de barras 2D usando el segundo enfoque.

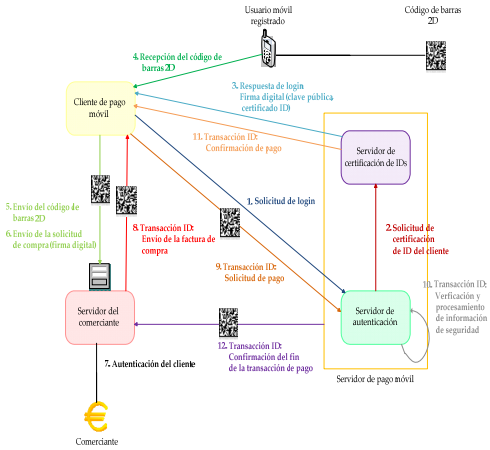


Figure 5. Proceso de pago basado en código de barras 2D

El usuario registrado emplea su cuenta y número PIN para registrarse en el sistema de pago mediante el envío de una solicitud de login al servidor de autenticación. El servidor analiza y procesa la autenticación del cliente y envía una respuesta de login mediante un servidor de certificación de IDs, facilitando así una sesión ID segura, además de una clave pública para las comunicaciones. El cliente autentica el servidor de pago móvil con la clave pública y el certificado recibidos desde el servidor de certificación de IDs.

El cliente recibe un código de barras 2D relacionado con el producto que le interesa según dos posibles escenarios. En un primer caso un usuario móvil puede usar la cámara del dispositivo móvil para capturar la imagen del código de barras 2D de un producto determinado. En el segundo caso el usuario puede recibir un anuncio en el dispositivo móvil procedente del comerciante. Mientras tanto el cliente decodifica el código de barras 2D recibido, que incluye información del producto y del fabricante, datos de publicidad, etc.

El usuario puede pulsar sobre el código de barras 2D, que se envía al sitio móvil del comerciante, utilizando la dirección URL proporcionada en el código de barras 2D. El usuario prepara y envía la solicitud de compra mediante una firma digital.

El servidor del comerciante autentica al cliente que emplea una sesión ID segura así como una clave pública. Mientras tanto la solicitud firmada que se recibe es validada por un comerciante haciendo uso de la clave privada. El servidor del comerciante genera la factura de compra firmada y lo envía hacia el cliente de pago móvil en forma de transacción ID.

El cliente de pago móvil prepara y envía una solicitud de pago en la misma transacción ID, además de la firma digital para iniciar la solicitud de pago. La firma digital se construye a partir de la clave privada del cliente. Finalmente, el mensaje completo es codificado gracias a un código de barras 2D.

Una vez se establece la conexión segura entre el servidor de pago móvil y el cliente móvil, el servidor de pago móvil verifica la información de seguridad, incluyendo el certificado del cliente móvil, la sesión ID, la clave pública y la firma digital recibida. A continuación, el servidor de pago móvil procesa dicha transacción de pago y prepara la confirmación del pago mediante el código de barras 2D, enviándolo para su recepción en el lado del consumidor que será visto por el cliente móvil mediante mensaje.

El servidor de pago móvil también envía al servidor del comerciante una noticia confirmando el fin de la transacción de pago basada en un código de barras 2D. Este código será utilizado por el comerciante para llevar a cabo las operaciones de post-venta, como la entrega del producto.

En la figura 6 se muestra el sistema de infraestructura utilizada en la transacción. Como se puede observar en la figura 6, el sistema consta de cuatro capas:

- Capa del cliente: incluye el interfaz de usuario móvil y el interfaz de cliente online. La interfaz de cliente online está diseñada para soportar el tráfico entre los consumidores finales y los comerciantes, gestionando de esta forma la cuenta del usuario. El software de cliente de pago móvil soporta la interacción propia de un usuario móvil durante el proceso de pago móvil.
- Capa Middle: incluye el servidor de Internet inalámbrico y el middleware.
- Capa de aplicación: es el servidor que soporta el proceso de pago móvil basado en el código de barras 2D y el conjunto de transacciones vinculadas a este entorno.
- Capa de almacenamiento de datos: incluye un servidor de base de datos que, almacena, mantiene y gestiona la cuenta del consumidor y los datos de este, los datos de la transacción, la billetera digital del usuario, así como los datos de seguridad necesarios.

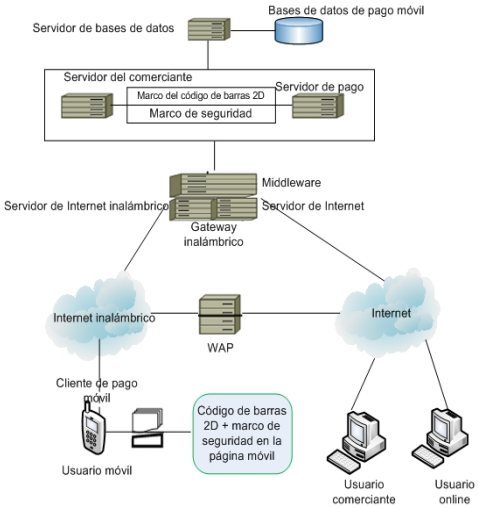


Figure 6. Infraestructura de pago basada en código de barras 2D

El servidor de pago móvil incluye una serie de componentes funcionales. El primero está relacionado con la gestión del servicio, incluyendo la gestión del servicio del usuario, la gestión de los socios y la gestión de la cuenta de pago del usuario. El segundo componente funcional, relacionado con la gestión del pago, incluye: el componente de gestión de la transacción, utilizado para crear y almacenar transacciones dinámicas de pago móvil; el componente de gestión de la billetera digital, utilizado para actualizar y mantener las billeteras digitales vinculadas al servidor; y el agente de interfaz, que proporciona una interfaz de simulación utilizada por el servidor de pago móvil, con el fin de interactuar con un sistema de banca financiera. Todo ello hace de este sistema robusto frente a la intrusión.

Si aunamos las ventajas que ofrece un sistema de autorización de pago móvil biométrico, que hace uso de las características físicas, psicológicas o de comportamiento para determinar o verificar la identidad, combinado con un lector de código de barras comercial 2D, conseguimos un sistema de autenticación de pago móvil independiente y adecuado para efectuar la verificación de la identidad personal.

El lector de matriz de datos móviles (lector de código de barras comercial móvil) proporciona un agente software insertado en tiempo real para capturar, decodificar y reconocer códigos 2D, conocidos como símbolos de matriz de datos.

El agente del lector de la matriz de datos móviles puede reconocer los artículos que los consumidores escanean mediante el uso de la cámara móvil insertada a través del servicio de red móvil.

Actualmente el comercio mundial de código de barras 2D está basado en el estándar de simbología internacional, así que cada código de barras es asociado con un número único, que podría ser utilizado como el número de referencia de una factura o un artículo especificado en un almacén online durante la compra online.

Hay dos características que deben tenerse en cuenta en relación al desarrollo del lector de la matriz de datos: el tipo de imágenes que los teléfonos móviles pueden crear y distribuir para el módulo de procesado y cómo afectará al algoritmo de diseño, y la representación física y las características de los símbolos de la matriz de datos, que necesita un nuevo desarrollo del algoritmo de procesado en relación a la imagen de la etiqueta.

Para recoger el código 2D el usuario debe mantener su teléfono móvil a cierta distancia del símbolo para que la imagen que se forma a través de la cámara del teléfono móvil aparezca nítida y centrada. Grabada la matriz de datos, se decodifica la imagen de forma automática. Un factor a tener en cuenta es la velocidad de captura del código 2D. El agente software del lector de la matriz de datos móviles, integrado en el teléfono móvil, proporcionará los detalles del producto a través de la conexión de red, pudiendo ser una red de proveedor de servicio móvil privada o Internet.

El lector de la matriz de datos móvil tiene muchos usos potenciales. En el funcionamiento de este sistema lector de comercio móvil en tiempo real hay factores significativos. Los distintos códigos utilizados pueden ser cifrados en un código de barras 2D. La imagen se toma desde una entrada de vídeo en directo, en vez de aparecer una sola imagen en relación al resultado encontrado, por lo tanto no se requiere el algoritmo para producir resultado positivo en relación a cada imagen procesada. La simbología de la matriz de datos cumple un conjunto de reglas muy estrictas respecto a sus dimensiones, formas y datos. Los usuarios pueden reducir considerablemente la tarea del procesado de imagen mediante la provisión al sistema de imágenes centradas y bien enfocadas.

IV. RESULTADOS

Para la constatación de las ventajas que tiene el uso de este tipo de sistemas de pago móvil a través de un código de barras 2D, se distribuyó vía mail una encuesta a estudiantes universitarios de entre 18 y 23 años de las titulaciones de Ingeniero Técnico Industrial, Ingeniero Técnico en Informática e Ingeniero de Telecomunicaciones. El número de envíos fue de 426. Del total de encuestas enviadas se obtuvo un porcentaje de respuesta del 21% en los primeros 7 días, incrementándose este porcentaje en un 2% más si sumamos las respuestas recibidas durante la segunda semana tras el envío. Del 23% total de respuestas recibidas, que se corresponden con un total de 98, sólo fueron válidas 57 (13,3% del total de encuestas enviadas a los alumnos). El resto de encuestas fueron descartadas por incoherencias e incongruencias en las respuestas a las preguntas. Las cuestiones trataban de conocer:

- El porcentaje de usuarios en la franja de edad entre los 18 y los 23 años que empleaban el dispositivo móvil para realizar micropagos.
- El número de transacciones que habían realizado en el último mes.
- Cuántos empleaban el sistema de pago móvil basado en código de barras 2D.
- Otros sistemas de pago empleados en el último mes a través de dispositivo móvil.
- Ventajas que observan del sistema de pago móvil basado en código de barras 2D frente a otros sistemas de pago.

V. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Desafortunadamente el número de usuarios que proporcionaron una respuesta válida no fue muy numeroso. Del total de encuestas enviadas vía mail sólo se pudieron analizar un 13%, dado que algunas respuestas fueron descartadas por incoherencias. Hacer el inciso de que este estudio está en una fase temprana y la validación que se ha hecho no es concluyente. Se espera poder recoger más opiniones en futuros sondeos. La mejora constante de los sistemas de pago y la depuración de futuros errores también incentivará el uso de los mismos y supondrá una mayor satisfacción al usuario final. Sin embargo estos primeros resultado empiezan a arrojar cierta luz sobre la opinión que les merece a los usuarios el uso del sistema de pago móvil basado en código de barras 2D. Comparado con los sistemas actuales de pago móvil, desde el punto de vista de la percepción de usuario se puede concluir que:

- Se trata de una aplicación que ofrece gran interactividad y navegabilidad.
- Los usuarios móviles pueden recuperar fácilmente la información del producto gracias a los códigos de barras 2D.
- Soporta de forma sencilla la verificación de producto.
- Se incrementa la seguridad móvil para las transacciones de pago en comparación con otros sistemas.
- Mejora la experiencia de navegación del usuario móvil gracias a que se reduce el número de entradas.

Estas conclusiones, extraídas a través de las respuestas a la última de las preguntas del formulario, van en concordancia con las características del diseño con que este sistema ha sido desarrollado, y aunque su implantación todavía no está muy extendida, gracias a su versatilidad y a la seguridad que ofrece, es previsible que sea uno de los sistemas m-payments más empleados en un futuro próximo.

REFERENCES

[1] W. C. Hu, C. H. Yang, J.H. Yeh, and W. Hu, "Mobile and electronic commerce. Systems and technologies," in Mobile Computing: Concepts, Methodologies, Tools, and Applications, vol.6, D. Taniar, Ed., 2009, pp.1204-1225.

[2] C.H.Wen, H.T.Y.Chyuan, C. Hsuan, H.Y. Jyh and H. Weihong, "Mobile and electronic commerce Systems and technologies," Journal of Electronic Commerce in Organizations, 3(6), 54-73, 2008.

[3] P. Benou, and V. Bitos, "Developing mobile commerce applications," in Selected Readings on Electronic Commerce Technologies: Contemporary Applications. W.C. Hu, Ed., 2009, pp.74-88.

[4] L. Antovski and M. Gusev, "M-Commerce services", 2008. Disponible en enero de 2011: http://delab.csd.auth.gr/bci1/Balkan/15Antovski.pdf

[5] K. Pousttchi and M. Schuring, "Assessment of today´s mobile banking applications from the view of customer requirements". Proceedings of the 37th Annual Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS'04), 2004, Hawaii.

[6] U. Varshney, "Business models for mobile commerce services-Requirements, design and the future". IT Professional, 10(6), 48-55, 2008.

[7] J. Gao, J. Cai, K. Patel and S. Shim, "A Wireless Payment System", Proceedings of the Second International Conference on Embedded Software and Systems (ICESS'05), 2005, Xian, China, pp.367-374.

[8] S. Pradham, E. Lawrence, and A. Zmijewska, "Bluetooth as an enabling technology in mobile transactions" International Conference on Information Technology: Coding and Computing, 2005. ITCC 2005. vol. 2, 2005, pp. 53-58.

[9] X. Hu, W. Li, and Q. Hu, "Are mobile payment and banking the killer apps for mobile commerce?". Proceedings of the 41st Annual Hawaii International Conference on System Sciences, 2008, pp.84.

[10] J. Ondrus and Y. Pigneur, "A disruption analysis in the mobile payment market", 2005. Disponible en enero de 2011: http://www.janondrus.com/wp-content/uploads/2008/06/ondrus-pigneur-hicss05.pdf

[11] R. Tiwari, S. Buse and C. Herstatt, "Mobile banking as business strategy: Impact of mobile technologies on customer behavior and its implications for banks" Technology Management for the Global Future, 2006, (PICMET 2006), vol. 4, 2006, pp. 1935-1946.

[12] L. Antovski and M. Gusev, "M-Payments", Proceedings of the 25th International Conference Information Technology Interfaces, (ITI'03), 2003, Cavtat / Dubrovnik, Croatia.

[13] M. Reza and E. Soroush, "A secure m-Payment protocol for mobile devices," Electrical and Computer Engineering, 2006 (CCECE´06). Ottawa, Ont.

[14] A. Tiwari and S. Sanyal, "A multifactor security protocol for wireless payment-secure web authentication using mobile devices", 2007. Disponible en enero de 2011: http://www.softcomputing.net/ac2007_1.pdf

[15] S. Bakhtiari, A. Baraani and M.R. Khayyambashi, "MobiCash: A new anonymous mobile payment implemented by elliptic curve cryptography", World Congress on Computer Science and Information Engineering, 2009. Los Ángeles, CA.

[16] W. Jiehua and Y. Song, "A novel security mobile payment system based on watermarked voice cheque". 2nd International Conference on Mobile Technology, Applications and Systems, 2005. Guangzhou.

[17] H. Lu, F. Claret-Tournier, C. Chatwin and R.C.D. Young, "M-Commerce secured using web-enabled mobile biometric agents", International Conferences on Web Intelligence and Intelligent Agent technology Workshops, 2007. Silicon Valley, CA.

[18] S. Britto, R. Kumar, A. Arun Gnana Raj and S.A. Rabara, "A framework for Mobile Payment Consortia System (MPCS)", International Conference on Computer Science and Software Engineering, 2008.

[19] N. Waraporn, M. Sithiyavanich, H. Jiarawattanasawat and N. Pakchai, "Virtual credits cards on mobile for m-Commerce payment", IEEE International Conference on e-Business Engineering, 2009 (ICEBE´09). Macau.

[20] S. Font, "El sistema Square para iPhone ve la luz". Disponible en enero de 2011: http://www.xatakamovil.com/accesorios/el-square-para-iphone-ve-la-luz

[21] T.T.H. Phan and T.K. Dang, "An extended payment model for m-Commerce with fair non-repudiation protocols". Disponible en enero de 2011: http://www.gelbukh.com/polibits/2009_40/40_09.pdf

[22] "SimPay es la nueva marca de la asociación de servicios de pago por móvil". Disponible en enero de 2011: http://www.noticiasdot.com/publicaciones/2003/0603/2406/noticias240603/noticias240603-3.htm

[23] R. Yong, "International practices", Disponible en enero de 2011: http://www.mpf.org.in/ppt/International_Practices.ppt

[24] S. Mohammadi and H. Jahanshahi, "A study of major mobile payment system´s functionality in Europe", 11th International Conference on Computer and Information Technology, 2008 (ICCIT´08). Khulna.

[25] J. Ondrus and Y. Pigneur. "A disruption analysis in the mobile payment market". Disponible en enero de 2011: http://www.janondrus.com/wp-content/uploads/2008/06/ondrus-pigneur-hicss05.pdf

[26] M. Guinaliu, "Phonebrain y pierde el miedo al móvil", 2008. Disponible en enero de 2011: http://mguinaliu.wordpress.com/category/m-commerce

[27] J. Kulakowski, "mPay", 2007. Disponible en enero de 2011: https://www.mpay.pl/en/o_firmie/opis.html

[28] J. I-Horng, L. Chih-Jen, W. Yong-Rui and C. Chien-Kang, "Secure information retrieval and reveal for mobile apparatus based on 2D barcode digital signature", IEEE 13th International Symposium on Consumer Electronics, (ISCE´09), 2009, Kyoto.

[29] J. Gao, V. Kulkarni, H. Ranavat, L. Chang, and H. Mei, "A 2D barcode based mobile payment system", Third International Conference on Multimedia and Ubiquitous Engineering, 2009. MUE '09. 2009, pp. 320-329.

Utilización de herramientas informáticas en el diseño de Recorridos de Estudio e Investigación (REI)

Cecilio Fonseca, José M. Casas, M. Avelino Insua
Departamento de Matemática Aplicada I
Universidad de Vigo
Vigo, España

Informática en los REI

Resumen - **En este trabajo se amplia y completa un nuevo dispositivo didáctico que estamos experimentando denominado Recorrido de Estudio e Investigación (REI). El modelo de REI que proponemos lo situamos en las Escuelas de Ingeniería, donde ejercemos la docencia. Por el carácter instrumental que tiene la actividad matemática en este entorno, en el REI que estamos diseñando tiene un fuerte protagonismo, por un lado, la modelización matemática (entendida como enseñanza funcional de las matemáticas), y por otro lado, la herramienta informática se utiliza como instrumento natural de trabajo matemático en la construcción de proyectos que den respuesta a situaciones problemáticas. La razón de ser de la actividad matemática aparece vinculada con cuestiones relacionadas con el mundo de la ingeniería.**

Palabras clave-modelización matemática; recorrido de estudio e investigación; herramienta informática

I. INTRODUCCIÓN

El Espacio Europeo de Educación Superior (EEES) provoca un cambio importante en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Lo que prima es el trabajo autónomo del alumno. La metodología, que no siempre ha tenido mucha notoriedad en el nivel universitario, se vuelve ahora indispensable. La clase magistral debe poder combinarse con aprendizajes iterativos y con un seguimiento personalizado del alumno a través de seminarios, trabajos, etc. La falta de dispositivos didácticos en donde figuren recursos y estrategias que articulen secuencias de enseñanza y aprendizaje que caminen en esa dirección dificulta esa meta.

La necesidad de enseñar las matemáticas como una herramienta de modelización, especialmente de cuestiones o situaciones que surgen fuera del ámbito de las matemáticas, aparece como una exigencia del Espacio Europeo de Educación Superior (EEES). Se piensa que la modelización puede convertirse en una herramienta potente para el estudio escolar de las matemáticas, que debe venir acompañada de una renovación general de los instrumentos del trabajo matemático a partir de las nuevas tecnologías de la información y comunicación (TIC), muy especialmente de la difusión del uso de las calculadoras simbólicas. Éstas están adquiriendo cada vez más protagonismo en la enseñanza universitaria y juegan un papel fundamental, que va en aumento, en los procesos de estudio de apoyo a la docencia.

En la enseñanza universitaria de las matemáticas no siempre está presente la **"razón de ser"** de la actividad matemática que se estudia y, en particular, es muy difícil que se dé sentido a la actividad matemática cuyo estudio se inició en la Enseñanza Secundaria y que se retoman en la Universidad. Se han "olvidado" (y no sólo por parte de los alumnos) las cuestiones a las que la actividad (matemática) escolar debería responder. La Razón de Ser (matemática o extramatemática) de la actividad matemática está fuera de sus contenidos matemáticos, incluso en entornos tan favorables a la modelización matemática como son las Escuelas de Ingeniería. Es lo que se llama *monumentalismo* [4] que se manifiesta en la ausencia de las "razones de ser" de la matemática escolar y el aprendizaje de las matemáticas a la visita de obras cristalizadas y, en cierto sentido "muertas". La necesidad de que en carreras donde la matemática no es una meta en sí misma, como puede ser la ingeniería, se vincule la actividad matemática con problemas de la actividad laboral y profesional del futuro egresado se propugna también desde otros marcos teóricos como *matemática en el contexto de las ciencias* [2].

El trabajo que presentamos forma parte de un proyecto de investigación concedido por el Ministerio de Educación y Ciencia. Un objetivo central del mismo consiste en diseñar, experimentar y estudiar la viabilidad de un nuevo dispositivo didáctico. Está pensado esencialmente para posibilitar la enseñanza de las matemáticas como una actividad de modelización y donde el instrumento informático tenga un importante protagonismo.

II. MARCO TEORICO

El marco teórico donde se desarrolla esta investigación es la Teoría Antropológica de lo Didáctico (TAD) [2], cuya unidad mínima de análisis lo constituye lo que se llama una Praxeología u Organización Matemática (OM) formada por tareas, técnicas (una forma de hacer), tecnología (discurso racional de la técnica) y la teoría (justificación de la tecnología). La TAD es una teoría que encaja muy bien en el entorno institucional en el que estamos trabajando porque utiliza nociones muy parecidas a las manejadas en ingeniería (problema, técnica, tecnología y teoría).

En [5] se ponen de manifiesto dos restricciones importantes de la actividad matemática en las instituciones escolares:

a) La *incompletitud relativa* de la actividad matemática de Secundaria. Los alumnos tienen enormes dificultades con la nomenclatura, manejan una sola técnica, no distinguen entre tarea directa y tarea inversa, no interpretan las técnicas y tienen una extraordinaria dificultad para trabajar con tareas abiertas, lo que provoca una incompletitud de la actividad matemática desarrollada y una desarticulación de las matemáticas escolares.

b) Otra restricción importante corresponde al *olvido de la Razón de Ser* de la actividad matemática en la institución escolar, es decir, a la ausencia de las cuestiones intramatemáticas (o extramatemáticas) a las que responden las matemáticas escolares.

La necesidad de superar estas restricciones provoca la aparición de un nuevo dispositivo didáctico, denominado *Recorrido de Estudio e Investigación* (REI), introducido por Chevalard [4]. Esta primera propuesta abierta del concepto de REI elaborada por Chevallard, junto con las restricciones matemáticas expuestas en [5], nos permitió comenzar a diseñar, elaborar y experimentar un modelo de REI que se adapte a nuestro entorno institucional (Escuelas de Ingeniería).

Nuestro objetivo es desarrollar diversos REI que permitan crear secuencias de enseñanza y aprendizaje alrededor de nociones matemáticas que comiencen en Secundaria y continúen en la Universidad. En este trabajo figura uno de los ejemplo de REI (estamos desarrollando REI alrededor del cálculo diferencial y algebra matricial) con los que queremos trabajar en ingeniería.

III. METOLOGIA DEL TRABAJO

De acuerdo al modelo teórico de REI que estamos diseñando describimos una secuencia didáctica relacionada con el álgebra matricial, que tenga sentido en el entorno donde nos situamos, y que permita transitar desde Secundaria a la Universidad. El modelo de REI que pasamos a describir tiene dos niveles distintos de complejidad. El primer nivel podemos situarlo en la Enseñanza Secundaria donde el alumno está familiarizado con el concepto de matriz y sus operaciones. Aporta la primera información al proyecto. El segundo nivel, con un mayor nivel de complejidad, lo situamos en la Universidad donde propondremos cuestiones que no tienen respuesta con la actividad matemática desarrollada en Secundaria, lo que genera movilizar nuevas nociones matemáticas que va a permitir ampliar la OM construida y completar el nivel de información de nuestro proyecto.

La secuencia de enseñanza y aprendizaje que presentamos en este trabajo viene caracterizada por:

I. **Problema didáctico-matemático**: Introducción de la diagonalización de matrices como instrumento de modelización.

II. Una **institución** concreta en la cual se plantea el problema en cuestión: Escuela de Ingeniería Industrial de Vigo. Es una experiencia piloto que se ha realizado con 10 alumnos de la especialidad de Organización Industrial.

III. **Contrato didáctico**:

- Se organiza la clase en dos grupos de trabajo con 5 estudiantes cada uno. El ser grupos pequeños facilita el trabajo del profesor, que puede seguirlo de cerca.
- La realización del proyecto por parte de los alumnos combinará el trabajo en aula con el trabajo fuera del aula. En la evaluación final del proyecto se tendrá en cuenta por un lado el trabajo realizado en grupo y, por otro lado, habrá una prueba escrita (que versará sobre lo realizado en el taller). El alumno está obligado a presentar en un cuaderno virtual todo el trabajo realizado.
- Siempre que sea posible las cuestiones problemáticas (CP) deben formar parte del futuro mundo profesional de los alumnos.
- La herramienta informática tendrá un fuerte protagonismo para el estudio de la actividad matemática. Se utilizará el paquete de cálculo simbólico Mathematica de Wolfram Research no como un fin, sino como un medio que facilite la creación de secuencias de enseñanza. Este paquete nos va a permitir hacer conjeturas y poder centrarnos en algunas tareas que no tienen cabida en una clase normal. En el nuevo contrato hay que construir un nuevo discurso para las técnicas instrumentadas [1]. Necesariamente entrelazará el conocimiento matemático estándar, el conocimiento sobre el artefacto, y el conocimiento sobre la transposición a la computadora del conocimiento matemático.
- Uso de las tecnologías de la información y comunicación, utilizando las plataformas de libre distribución y código abierto CLAROLINE Y MOODLE, en concreto la plataforma de teledocencia de la Universidad de Vigo: Tema, que permiten el trabajo autónomo y colaborativo entre los alumnos. Construiremos una wiki en la cual cada grupo tendrá una doble función, por una parte insertarán las respuestas a las actividades que le va proponiendo el profesor y, por otra, actuarán de supervisores, y en su caso correctores, de sus compañeros del otro grupo, de esta forma las tareas propuestas por el profesor se verán enriquecidas con las aportaciones de los dos grupos. Esta metodología fomenta que el alumno se dé cuenta de que un problema se puede resolver correctamente de formas distintas, se propicia el debate entre los alumnos sobre la idoneidad o no de las soluciones propuestas y, en general, el respeto por las opiniones de los compañeros.

IV. **Razón de Ser**:

- **Legitimidad matemática**: Los alumnos están obligados a estudiar en qué momento histórico surge el problema de la diagonalización y qué problemas viene a resolver.
- **Legitimidad social**: Aquí debe figurar el diseño curricular y los ***media*** que son los diferentes medios de comunicación y difusión (libros de texto, apuntes, páginas web).
- **Legitimidad funcional:** Plantearemos a los alumnos el estudio de respuestas a cuestiones problemáticas (CP) cruciales, potentes, ricas y fecundas, con un fuerte poder generador, que permitan hacer visible el contenido matemático. En este caso concreto les proponemos predecir a partir de una serie de datos iniciales como puede evolucionar un sistema dado cuando se analiza en periodos fijos. Por ejemplo trabajadores que se mueven en tres sucursales, movilidad de distintas clases sociales, distintos estados atmosféricos en una ciudad, dinámica de poblaciones, herencia genética, etc.
- **Legitimidad didáctica:** Tendremos en cuenta el perfil del ingeniero, las necesidades matemáticas de las otras asignaturas y el protagonismo de la OM de las matrices en el nuevo EEES.

V**. Cuestión Generatriz:**

Es la que impulsa y provoca todo el proceso de estudio y se debe mantener viva a lo largo del mismo "Un problema

didáctico importante es la dificultad de construir una situación en la que el alumno actúe además de como alumno, como un verdadero ingeniero, responsabilizándose de la respuestas que da a las cuestiones que se les plantean" [3].

De todas las CP que se les propone a los alumnos abrimos un debate (el profesor lo guía) sobre cual elegir. La elección recayó:

Se nos pide desde la dirección de una compañía de automóviles la posibilidad de hacer un análisis económico lo más amplio y completo posible sobre tres modelos de coches que se fabrican en España e Inglaterra en el que se tenga en cuenta la producción, los costes, los ingresos y los beneficios.

En la elección de la CG valoramos que:

- Tiene un largo recorrido, permite una buena conexión Secundaria-Universidad y se adapta muy bien al carácter funcional del REI.
- Es una cuestión rica, viva y con un fuerte poder generador situada en el entorno institucional en el que trabajamos, que nos va a permitir la creación de una actividad matemática de complejidad creciente.
- Podemos presentarla a los alumnos como una cuestión a resolver en su futuro profesional, lo que justificaría la necesidad de buscar conocimiento matemático para resolverla.
- Permite un buen tratamiento con la técnica instrumental (Mathematica). El poder perturbar las condiciones iniciales va ampliar de una forma considerable el campo de problemas. Estudiamos las debilidades y las fortalezas del Mathematica para este caso concreto.
- Es una cuestión versátil que se adapta bien a nuevas situaciones. Reúne muchas de las condiciones que se piden relativo a las competencias del programa de algebra de nuestras escuelas y, es compatible con otras muchas situaciones problemáticas adicionales, lo que nos permite pasar del trabajo de un modelo particular al estudio de un modelo de modelos.

VI. Una **Organización Matemática Local Relativamente Completa** (OMLRC) descrita en [5] donde se genera todo el proceso de estudio de la actividad matemática y que pretende aportar soluciones a las restricciones de las organizaciones matemáticas descritas anteriormente. Es importante que en el REI se produzca el tránsito por los distintos *momentos didácticos* y la utilización de los *indicadores* [5] para que podamos obtener una respuesta final sobre la calidad de la organización matemática.

El estudio relativo a la OM de las matrices tiene dos partes. La primera la situamos en Secundaria con un primer nivel de complejidad que debería tener un perfil bajo y, la segunda, la situamos en Universidad con un nivel de complejidad mucho mayor. La construcción de la Organización Matemática relativa a la *diagonalización de matrices* la comenzamos a partir de tareas propuestas en el segundo curso de Bachillerato. Después les propondremos tareas que no tienen respuesta con las técnicas disponibles por el alumno de este nivel educativo. Este tipo de tareas que no tienen respuesta en Bachillerato constituyen una posible Razón de Ser para el estudio de la actividad matemática desarrollada en la Universidad. El diseño del REI elaborado fue el siguiente:

Primera Sesión

Momento del primer encuentro:

Es donde podemos concretizar la CG. Lo primero que se debe hacer es delimitar el sistema, es decir, analizar el ámbito de la realidad a modelizar y las cuestiones problemáticas a estudiar: qué datos serán fijos o constantes y qué datos serán las variables que queremos calcular. Retomamos la actividad de Bachillerato y le planteamos de acuerdo con el contrato didáctico de Bachillerato el estudio de la CG para unos parámetros concretos:

Una firma de automóviles en el año 2000 dispone de 2 plantas de fabricación de coches: una en España (E) y otra en Inglaterra (I), en las que fabrica tres modelos de coches: M1, M2 y M3, de tres colores: azul (A), blanco (B) y rojo (R). La producción diaria de cada planta en el primer trimestre del año 2000 viene dada por las siguientes tablas:

España	M1	M2	M3
A	300	95	90
B	250	100	85
R	200	100	120

La tabla para Inglaterra, que es la que trabajará el segundo grupo, es análoga a ésta. A partir de este momento sólo describiremos el trabajo para uno de los grupos, para el otro grupo sería análogo.

El coste (en euros) por unidad fabricada en cada uno de los modelos es:

España	M1	M2	M3
A	12500	7000	4000
B	12600	7500	4500
R	12800	8000	4800

y los precios de venta son :

España	M1	M2	M3
A	30000	20000	11600
B	30500	22000	11800
R	40100	25000	12000

Momento Praxeologico Inicial (MPI): Es donde planteamos la mínima infraestructura praxeológica necesaria para poder estudiar la nueva OM que vamos a crear**.** Recordamos tareas relacionadas con el cálculo matricial, sistemas de ecuaciones, matriz asociada a una aplicación lineal, ecuaciones en diferencias, las nociones de límite, probabilidad y matriz de transición que se repasaron usando el programa de cálculo simbólico Mathematica. Una buena estrategia fue hacer algunas preguntas orales para ver los niveles de conocimiento de lo que figura en el MPI.

Comenzamos proponiendo tipo de tareas que le permita familiarizarse con el sistema económico que estamos estudiando. Dentro de este primer nivel y de acuerdo con el equipamiento praxeológico inicial les planteamos cuestiones que tuvieron que resolver con el cálculo algebraico de matrices. Algunas de estas tareas se resolvieron en el aula y las restantes fueron propuestas para resolver en la Wiki. Para esta puesta en común tuvieron una semana; en la clase siguiente se analizó toda la información obtenida.

Denotamos por TS_{1X} las tareas propuestas para el primer grupo. A continuación mostramos algunas de ellas (Ver Anexo con resultados).

TS_{11}: La primera tarea a resolver es ponerse de acuerdo en la notación. Tras un breve debate se acuerda utilizar la siguiente: PE = Producción en España, CE = Coste en España, PV = Precio venta en España, para denotar las respectivas matrices que nos dan la producción, precio de coste y precio de venta.

TS_{12}: Tareas relacionadas con la interpretación de los elementos de las matrices, por ejemplo: interpreta el elemento PE_{12} de la matriz PE.

TS_{13}: Tareas relacionadas con la producción, por ejemplo: ¿cuántos coches se fabrican en España en un mes?

TS_{14}: Tareas relacionadas con el coste, por ejemplo: ¿cuál sería el coste diario en España al final del año 2001 si en el primer semestre disminuye en un 10 %, pero en el segundo aumenta un 5 %, en cada modelo?

TS_{15}: Tareas relacionadas con el precio de venta, por ejemplo: si se aumenta el precio de los dos modelos en España en los colores A, B y R en un 5%, 8%, y en 10 %, respectivamente, ¿cuáles son los nuevos precios en España?

TS_{17}: ¿Cuáles son los ingresos al cabo de tres meses?

TS_{18}: Supongamos que en España para la fabricación de cada uno de los modelos M1 se necesitan 8 obreros y dos técnicos, en los modelos M2 se necesitan 5 obreros y un solo técnico y, en los modelos M3 se necesitan 2 obreros y 2 técnicos. Hallar una matriz que exprese cuantos obreros se necesitan en España para la producción diaria de cada modelo con los tres colores.

TS_{31}: ¿Cuál es la producción total diaria de ambos modelos en los dos países?

TS_{32}: Expresa mediante una matriz la diferencia entre la producción de los tres modelos de coches en España y en Inglaterra e interpreta la matriz anterior.

TS_{33}: Si a y b representan el porcentaje que se piensa disminuir la producción en el futuro. Escribe una combinación lineal de la forma x PE + y PI e interpreta el resultado.

La necesidad de ampliar y completar el conocimiento del sistema propuesto nos traslada al segundo nivel de complejidad del REI que se sitúa en la Universidad. Van a aparecer nuevas cuestiones que no tienen respuesta con la actividad matemática desarrollada, y por lo tanto, nos obliga a movilizar nuevas nociones que permitirá ampliar y completar la actividad matemática**.**

Segunda Sesión

La CG se reformula en la Universidad en el sentido siguiente:

La empresa española tiene una compañía de alquiler de coches con los modelos M1, M2 y M3. Quiere saber cuál es el comportamiento futuro de los ciudadanos que alquilan cualquiera los tres modelos anteriores, es decir, quiere saber cuál es el poder de retención y el poder de atracción de un modelo con respecto a los otros dos.

Esta cuestión nos servirá como hilo conductor de todo el proceso de estudio.

La empresa tiene datos que muestran el comportamiento mensual de 500 de sus clientes habituales, que alquilan un coche una vez al mes. El número de clientes que cambian el modelo Mi por el Mj al mes siguiente se reflejan en la siguiente tabla (primer mes del año 2000):

	Mes 2			
Mes 1	M1	M2	M3	
M1	108	18	10	136
M2	6	144	20	170
M3	6	18	170	194
Total	120	180	200	500

Las tareas universitarias (TU_X) sobre las que trabajan los alumnos son:

TU_1: Cálculo de la matriz de transición

El profesor discute con los alumnos la conveniencia de pasar de cifras absolutas a cifras relativas (porcentajes) porque la tabla anterior depende de la composición mensual de los tres modelos mientras que la tabla con porcentajes no varía. Para este caso particular la *matriz de transición* sería:

$$MT = (a_{ij}) = \begin{pmatrix} \frac{108}{120} & \frac{18}{180} & \frac{10}{200} \\ \frac{6}{120} & \frac{144}{180} & \frac{20}{200} \\ \frac{6}{120} & \frac{18}{180} & \frac{170}{200} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.9 & 0.1 & 0.05 \\ 0.05 & 0.8 & 0.10 \\ 0.05 & 0.1 & 0.85 \end{pmatrix}$$

El primer tipo de tareas que les proponemos a los alumnos están situadas en el *Momento Exploratorio*, que es donde nos proponemos explorar un tipo de problemas intentando construir una técnica para poder abordarlos. En esta fase juega un papel muy importante por parte de los estudiantes el poder formular hipótesis y conjeturas que parecen acertadas, examinar su validez y comprobarlas. La técnica gráfica y la numérica son instrumentos que se pueden utilizar para estudiar la convergencia de la sucesión y poder hacer conjeturas sobre el poder de atracción de una marca con respecto a las otras dos.

Los alumnos trabajaron en tareas del tipo:

TU_2: Interpreta cada una de las filas y columnas de la matriz MT mostrando que modelos ganan, pierden o retienen clientes.

TU_3: Si suponemos que en el primer mes el vector que representa el total de coches de alquiler de los tres modelos utilizado por los ciudadanos es X0=(M1, M2, M3)= (120, 180, 200) (vector inicial), es decir, el modelo M1 lo alquilaron el 24 % de los clientes, el 36 % utilizaron el modelo M2 y el 40 % utilizaron el modelo M3. ¿Cómo se produce el cambio de marca de los modelos M1, M2 y M3 durante los cinco primeros meses?

Utilizamos las técnicas oficiales de papel y lápiz para calcular la cuota de mercado. Para el primer mes se obtiene:

$$X_1 = MT \times X0 = \begin{pmatrix} 0.272 \\ 0.34 \\ 0.388 \end{pmatrix}$$

El mercado de alquiler para el segundo y el tercer mes es posible obtenerlo utilizando la misma técnica.

El seguir utilizando la técnica de papel y lápiz empieza a tener un coste considerable. A partir de este momento el protagonismo del alumnado debe ser importante y la herramienta informática juega un papel fundamental. Es una

buena estrategia docente que el alumno explore y experimente dejando los cálculos mecánicos para el ordenador.

El siguiente tipo de tareas que les proponemos a los alumnos es estudiar cómo se mueve el mercado de alquileres en distintos periodos. La utilización del Mathematica va a permitir realizar un trabajo experimental muy rico (probando una cantidad de casos concretos diversos):

TU_4: ¿Cuál es la evolución del mercado de alquileres en los próximos 10, 50, 100 meses? ¿Se estabiliza el mercado a medida que aumentamos el número de meses?, es decir, existe un punto fijo (estado estacionario) al que tiende el mercado y, si existe, ¿cuál es?

TU_5: ¿Qué ocurre si consideramos un vector inicial distinto, por ejemplo Y0=(140, 160, 200), que en lenguaje de proporciones es (0.28, 0.32, 0.4)? ¿Se estabiliza el mercado de alquileres? Si la respuesta es afirmativa ¿existe alguna relación entre este punto fijo y el anterior?

TU_6: ¿Qué ocurre si cambiamos la matriz de transición? ¿Se estabiliza el mercado? Si la respuesta es afirmativa, ¿existe alguna relación entre este nuevo punto fijo y el anterior?

El trabajo anterior hecho con Mathematica permite a los alumnos concluir que los cambios en los modelos de coche de alquiler después de mucho tiempo, sufren variaciones en función de la matriz de transición y no del tamaño de la muestra inicial elegida.

Todo este trabajo realizado en el Momento Exploratorio formulando hipótesis y conjeturas aporta una primera información al sistema, pero es sólo eso, una hipótesis por el momento. La necesidad de examinar su validez y comprobación, nos introduce en el siguiente momento denominado:

Momento del Trabajo de la Técnica (MTT). Lo que pretendemos es que el estudiante pase de la simple exploración de un tipo de tareas matemáticas al desarrollo suficiente de las técnicas involucradas en una dirección adecuada que permita ampliar su campo de aplicación a nuevos problemas matemáticos.

La necesidad de ser rigurosos en las respuestas obtenidas en el momento exploratorio nos introduce en la búsqueda de un modelo matemático.

$$X_1=MT\times X_0;\ X_2=MT\times X_1=MT^2\times X_0;\ldots,\ X_n=MT\times X_{n-1}=MT^n\times X_0$$

Una vez construido el modelo algebraico $X_n = MT^n \times X_0$ les proponemos a los alumnos manipularlo para obtener información del sistema que estamos estudiando. Observan que el comportamiento de los clientes en el cambio de modelos depende de las potencias MT^n y que este cálculo, cuando n es muy grande, tiene un coste manual enorme. La necesidad de dar una respuesta a esta cuestión disminuyendo el coste y aumentando el rigor, provoca la aparición de nueva actividad matemática y se convierte en la razón de ser de una nueva técnica matemática denominada *diagonalización de matrices*.

Tercera sesión

La exigencia de justificar teóricamente la OM correspondiente a la *diagonalización de matrices* nos introduce en el *Momento Tecnológico-Teórico.* Es donde tiene lugar todo el proceso que permite construir y demostrar la actividad matemática.

Comprobamos que:

- Si D es una matriz diagonal, entonces D^n es la matriz diagonal que se obtienen elevando a n los valores de la diagonal de D.
- Si M es una matriz cualquiera diagonalizable, entonces $M^n = K.D^n.K^{-1}$, donde D es la matriz diagonal asociada y K la matriz cambio de base de la base de vectores propios.

El estudio de este momento nos va a permitir completar y ampliar la respuesta a nuestra CG. En el Mathematica haremos el cálculo de la diagonalización en una primera etapa, siguiendo el proceso que desarrolla el alumno cuando utiliza lápiz y papel. Dejaremos para una segunda etapa los comandos del programa para obtener los mismos resultados.

TU_7: Propondremos tareas inversas: dada una distribución de alquileres obtener el período de tiempo en el que se alcanzará.

Momento Institucional:

El modelo creado es extrapolable a otros contextos y se puede convertir en una herramienta muy potente para el estudio de cuestiones o situaciones que surgen fuera del ámbito de las matemáticas. Los alumnos trabajan en proyectos en la wiki relacionados con grados de contaminación, distintos estados atmosféricos, transporte colectivo y grados de corrosión. Podemos pensar en la posibilidad de institucionalizar este tipo de proyectos en el transito Secundaria–Universidad.

Momento de evaluación:

En la evaluación del REI tendremos en cuenta, por un lado, la dimensión didáctica que debe valorar si existe mucha divergencia entre lo previsto y lo conseguido y, por otro lado, lo evaluado debe incluir también el valor profesional del proyecto.

CONCLUSIONES

- Los REI aparecen como una nueva estrategia que quiere contribuir a desarrollar secuencias de enseñanza y aprendizaje para poder llevar al aula. El papel del profesor pierde protagonismo y gana la secuencia de enseñanza. El papel de aquel es ahora elaborar secuencias suficientemente ricas y pertinentes que vinculen y que atrapen a los alumnos en un aprendizaje significativo y que estos se vean comprometidos a dar una respuesta lo más rica posible.
- En los REI el proceso de estudio no está vinculado sólo a la forma de enseñar del profesor y la forma de aprender del alumno, sino que toma un fuerte protagonismo el análisis de cómo se debe articular la actividad matemática a estudiar, por un lado, y la herramienta informática, por otro. El conocimiento matemático, una wiki y un programa de cálculo simbólico están íntimamente relacionados en el estudio de la actividad matemática. Combinamos el trabajo individual con el trabajo en grupo lo que permite desarrollar muchas de las competencias transversales.
- El REI pone en manos de los alumnos y profesores nuevas estrategias y recursos que potencian de una forma importante el carácter funcional de las matemáticas.

BIBLIOGRAFÍA

[1] Artigue, M (1998), "Enseñanza y aprendizaje del análisis elemental: ¿qué se puede aprender de las investigaciones didácticas y los cambios curriculares?," Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa 1 (1), 40-55.

[2] Camarena, P. (2009), "La matemática en el contexto de las ciencias," Innovación Educativa, vol. 9, núm. 46, enero-marzo, 2009, pp. 15-25. Instituto Politécnico Nacional. México

[3] Chevallard, Y., Bosch, M., y J. Gascón (1997), Estudiar Matemáticas. El eslabón perdido entre enseñanza y aprendizaje, Barcelona, Horsori.

[4] Chevallard, Y. (2004a), "Vers une didactique de la codisciplinarité. Notes sur une nouvelle épistémologie scolaire," Journées de didactique comparée 2004 (Lyon, 3-4 mai 2004).

[5] Fonseca, C. (2004), Discontinuidades matemáticas y didácticas entre la enseñanza secundaria y la enseñanza universitaria. Tesis doctoral. Universidad de Vigo.

[6] Fonseca, C. y Casas, J. M. (2009), "El paso de estudiar matemáticas en Secundaria a la Universidad y los REI," Actas III Jornadas Internacionales de las Matemáticas en Ingeniería, pp. 119-140, ISBN 978-84-7493-402-1.

[7] Fonseca, C., Pereira, A., Casas, J. M. (2009), "Diseño de un REI para la docencia práctica de matemáticas en una Escuela de Ingeniería," Actas 17 Congreso Universitario de Innovación Educativa en las Enseñanzas Técnicas, (CUIEET), ISBN 978-84-613-4616-5.

ANEXO

Describe la producción de ambos paises mediante una matriz.

Si llamo PE y PI a las producciones de España e Inglaterra tenemos :

```
 PE={{300, 95, 90},{250, 100, 85},{200,
100, 120}};
 PI={{190, 90, 70},{200, 100, 110},{150,
80, 90}};
```

TS_{23}

```
 i=1;j=2;
 PE[[i,j]]
 95
 El elemento PE[[_1_,_2_]]_ quiere decir
que en España se fabrican diariamente 95
coches de color Azul del modelo M2.
```

TS_{31}

```
MatrixForm[S1=PE+PI,TableHeadings→{{"A","
B","R"},{"M1","M2","M3"}}]
 {{ , M1, M2, M3},
 {A, 490, 185, 160},
 {B, 450, 200, 195},
 {R, 350, 180, 210}}
```

TS_{32}

```
MatrixForm[V=PE-PI,
TableHeadings→{{"A","B","R"},{"M1","M2","
M3"}}]
{{ , M1, M2, M3},
 {A, 110, 5, 20},
 {B, 50, 0, -25},
 {R, 50, 20, 30}
 }
```

TU3

```
 (X1=MT.X0/500)
 {0.272,0.34,0.388}
```

TU4

```
 n=10;
1/500 MatrixPower[MT,n].X0
 {0.394138,0.274462,0.3314}
```

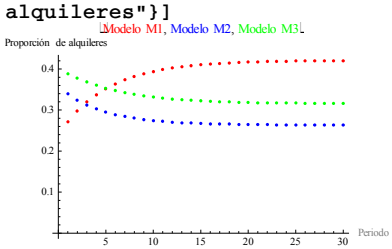
Análogamente

n=50

```
 {0.421037,0.263164,0.315799}
```

n=100

```
 {0.421053,0.263158,0.315789}
n=100;
1/500 MatrixPower[MT,n].X0
 {0.421053,0.263158,0.315789}
{λ,μ,δ}= Eigenvalues[MT];
V1=Flatten[Chop[NullSpace[MT-
λ*IdentityMatrix[3]]]];
V2=Flatten[Chop[NullSpace[MT-
μ*IdentityMatrix[3]]]];
V3=Flatten[Chop[NullSpace[MT-
δ*IdentityMatrix[3]]]];
P=Transpose[{V1,V2,V3}];
M1[a_,b_,c_,n_]:=((P.{{λ,0,0},{0,μ^n,0},{
0,0,δ^n}}.Inverse[P]).{a/(a+b+c),b/(a+b+c)
,c/(a+b+c)})[[1]];
M2[a_,b_,c_,n_]:=((P.{{λ,0,0},{0,μ^n,0},{
0,0,δ^n}}.Inverse[P]).{a/(a+b+c),b/(a+b+c)
,c/(a+b+c)})[[2]];
M3[a_,b_,c_,n_]:=((P.{{λ,0,0},{0,μ^n,0},{
0,0,δ^n}}.Inverse[P]).{a/(a+b+c),b/(a+b+c)
,c/(a+b+c)})[[3]];
ListPlot[{Table[M1[0.24,0.36,0.4,n],{n,1,
30}],Table[M2[0.24,0.36,0.4,n],{n,1,30}],
Table[M3[0.24,0.36,0.4,n],{n,1,30}]},Axes
Origin→{0,0},PlotStyle-
>{{RGBColor[1,0,0]},{RGBColor[0,0,1]},{RG
BColor[0,1,0]}},PlotLabel→{"Modelo
M1","Modelo M2","Modelo M3"},
 AxesLabel→{"Periodo","Proporción de
alquileres"}]
```



O uso de ferramentas e serviços para partilha de ficheiros e colaboração numa instituição de ensino superior

António José Videira Tavares
Escola Superior de Tecnologia, Instituto Politécnico do Cávado e Ave, Barcelos, Portugal
ajtavares@ipca.pt

Luis Alfredo Martins Amaral
Departamento de Sistemas de Informação, Universidade do Minho, Guimarães, Portugal
amaral@dsi.uminho.pt

Resumo— **Este artigo reporta os resultados de um estudo sobre as ferramentas e serviços que os alunos de uma instituição de ensino superior usaram durante o ano lectivo anterior (2009/10) para partilharem ficheiros e colaborarem *online*. O estudo tem por objectivo descobrir que ferramentas e práticas os alunos adoptam em actividades relacionadas com a aprendizagem bem como em actividades do seu dia-a-dia (lazer e socialização), procurando estabelecer uma relação entre a utilização social e a utilização académica destas ferramentas. Os resultados obtidos apontam para uma utilização distinta entre os dois tipos de actividade, verificando-se na utilização académica uma preferência pelos meios tradicionais de interacção na sala de aula e pelo acesso a conteúdos tradicionais, numa perspectiva essencialmente passiva. Estes resultados confirmam estudos recentes que consideram que a separação geracional entre nativos e imigrantes digitais é um mito, e que as competências e o entusiasmo pelas ferramentas da Web 2.0 dos estudantes nativos digitais estão bastante empolados, e que a diferença entre gerações não se verifica relativamente a actividades de aprendizagem.**

Palavras-Chave: partilha de ficheiros e colaboração; geração net;imigrantes digitais; nativos digitais; ensino superior; web2 no ensino superior

I. INTRODUÇÃO

A adopção individual de Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) nas comunidades académicas para suporte a actividades de ensino e aprendizagem, continua a ser um assunto complexo e controverso, para o qual contribuem factores que poderão ir para além dos modelos tradicionais para estudo da adopção individual de TIC.

Numa retrospectiva ao tema, verificamos que no início da década anterior, começou a ganhar força uma corrente que considerava haver um desfasamento entre as TIC que as instituições usavam nos processos de ensino e aprendizagem, e aquelas que os indivíduos (docentes e discentes) usavam nas suas actividades diárias de lazer e socialização. Este desfasamento agravou-se com as TIC de partilha e colaboração de acesso universal com forte componente social (Web 2.0), como são os casos das redes sociais, blogs, *wikis*, redes P2P para partilha de ficheiros, espaços virtuais, *Social Bookmarking*, etc.

Estas tecnologias sociais passaram a ser vistas como inovações potencialmente disruptivas, levando a que vários autores considerem que "estamos atingir um ponto de viragem na forma como a tecnologia é utilizada na aprendizagem" [1]. Assim, este tema é estratégico para as instituições académicas, quer pelas implicações que tem quer ao nível das práticas e políticas de ensino e aprendizagem, quer ao nível da decisão nos investimentos em infra-estruturas tecnológicas de suporte (e.g. VLE e email institucional) [2].

Esta corrente "revolucionária", consolidou os seus argumentos a partir de meados da década anterior, com uma corrente de autores que alertavam para o potencial disruptivo que tecnologias baseadas na Internet estariam a ter no comportamento dos estudantes [3, 4], dando origem a uma nova geração de estudantes, que já viviam na Web 2.0, e que era caracterizada pela necessidade do imediatismo, impaciência relativamente a pensamentos lineares e com uma nova capacidade multitarefa [3]. Esta perspectiva deu origem ao debate sobre uma quebra geracional nos estudantes, com o aparecimento dos 'nativos digitais' ou 'geração rede', ganhando força uma perspectiva de que os docentes e as instituições de ensino tinham a responsabilidade de efectuar profundas mudanças em resposta às necessidades desta nova geração de estudantes [5, 6], profundamente diferente da geração anterior, a dos 'imigrantes digitais'. No entanto, esta perspectiva "revolucionária" de que as instituições têm de se adequar a uma nova geração de estudantes, é baseada em resultados especulativos, carecendo de resultados empíricos consolidados.

Recentemente, esta perspectiva "revolucionária" começou a ser questionada por vários autores, incluindo alguns dos seus apoiantes iniciais [7]. Assim, estudos recentes apontam para que as competências e o entusiasmo pelas ferramentas da Web 2.0 da geração de estudantes 'nativos digitais' estão bastante empolados. Assim, os estudantes desta geração focam-se apenas na utilização social destas ferramentas, e relativamente a actividades de aprendizagem, preferem os meios tradicionais de interacção na sala de aula. Por outro lado, estes estudos também concluem que esta geração não é homogénea na forma como encara as novas tecnologias, existindo variações significativas entre os estudantes desta geração [5].

Assim, apesar de serem legítimos os apelos a transformações na educação e no uso das TIC, suportados em vários estudos que abordam a adopção destas ferramentas (Web 2.0) em contextos educacionais (e.g. FaceBook [8]), normalmente baseados em projectos individuais de docentes entusiastas, trabalhando fora das estruturas e tecnologias institucionais, estas têm de ser considerados com muita precaução [2], seguindo uma abordagem "desinteressada" [9], não esquecendo que no ensino superior, a adopção de inovações tecnológicas no ensino e aprendizagem tem sido marcada por casos de insucesso ou de baixo retorno relativamente às expectativas iniciais [10].

Neste artigo, apresentamos um estudo empírico que se enquadra na problemática da adopção de tecnologias 'disruptivas' em contextos académicos, apresentando alguns resultados relevantes para a presente discussão, nomeadamente sobre a utilização em contexto académico de dois tipos de ferramentas ou serviços: para partilha de ficheiros; e para colaboração *online*. O estudo tem por objectivo descobrir que ferramentas e práticas os alunos adoptam em actividades relacionadas com a aprendizagem bem como em actividades do seu dia-a-dia (lazer e socialização), procurando estabelecer uma relação entre a utilização social e a utilização académica destas ferramentas.

II. ENQUADRAMENTO

O presente projecto faz parte de uma linha de investigação onde se pretende construir teoria, de forma indutiva, sobre a adopção de redes Peer-to-Peer (P2P) em contextos académicos, no suporte a actividades de partilha e colaboração. O ponto de partida desta linha de investigação consiste em explorar no contexto das academias, sistemas e tecnologias que no contexto aberto da Internet, têm elevados níveis de adopção individual e um forte cariz social, como são o caso das redes P2P.

Devido ao carácter controverso desta tecnologia, conotada desde o seu início com redes P2P anónimas para partilha de ficheiros e a violação massiva dos direitos de autor, a qual tem motivado nas academias, a sua proibição generalizada, a investigação focou-se no uso de redes P2P seguras e autenticadas, especificamente concebidas para serem usadas em contextos académicos.

A motivação residia na possibilidade de com base neste tipo de redes, ser possível partilhar e agregar recursos computacionais dos seus elementos (e.g. portáteis dos alunos) e que interagem com as infra-estruturas das instituições, podendo contribuir para a construção de ferramentas educacionais mais poderosas e o reforço e agilização das infra-estruturas tecnológicas das instituições, com baixos custos, usando de forma segura e regulada, recursos que estão simplesmente desaproveitados.

Na primeira etapa desta linha de investigação, foi criada na Universidade do Minho uma rede P2P segura e autenticada, o Bumerang [11], que contra as expectativas dos seus autores e promotores não conseguiu adquirir massa critica para sobreviver, falhando ao nível da adopção individual [12]. O mesmo resultado foi obtido por outra rede P2P, especificamente concebida para explorar P2P em contexto académico, o Lionshare [13], projecto que teve um elevado impacto e visibilidade, bem como elevado nível de recursos.

Não temos conhecimento de outros projectos semelhantes ao Bumerang e ao Lionshare, que tenham ultrapassado a fase de protótipo e entrado na fase de exploração. Atribuí-mos a inexistência de projectos deste tipo, às restrições impostas pelas instituições na exploração desta tecnologia, no entanto, esta pode não ter sido a única justificação para esta situação.

Os resultados finais do projecto LionShare indicam que os aspectos relacionados com a segurança e autenticação, não eram apelativos para os estudantes, porque a percepção destes sobre P2P era a de se destinava a partilhar ficheiros de qualquer tipo, e não para partilhar conteúdos educacionais [13].

Quanto a estudos empíricos sobre a adopção individual de redes P2P com mecanismos de autenticação, que se destinem a actividades académicas, estes são praticamente inexistentes. Além do caso Bumerang [12], apenas é do nosso conhecimento um estudo empírico de Lin et al. [14] sobre a utilização de redes P2P em ambientes de aprendizagem colaborativa. Este estudo conclui que numa rede P2P autenticada, a adesão dos estudantes é baixa e está positivamente relacionada com a norma subjectiva, ou seja, com o papel do docente.

Os resultados obtidos no estudo de caso Bumerang [12], juntamente com dados recolhidos do projecto LionShare [13], permitem afirmar que a tecnologia P2P está "irreversivelmente" associada com redes P2P anónimas para partilha ilegal de ficheiros violando direitos de autor ("pirataria"), e consequentemente marcada pela instabilidade, controvérsia e associação a actividades ilícitas. Assim, o uso do termo P2P, só por si, tem consequências negativas ao nível da Utilidade Percebida pelos utilizadores, principalmente entre os estudantes, relativamente ao seu uso em actividades académicas. Além disso, os mecanismos de segurança e autenticação destinados a controlar usos ilícitos, agravam o problema da Utilidade Percebida, uma vez que contrariam o anonimato (que passou a ser uma das principais características da tecnologia P2P), além de colocarem sérios problemas à mobilidade no desempenho das tarefas (e.g. uso de VPN).

Concluindo, para explorar o potencial das redes P2P autenticadas em ambientes académicos, temos de reforçar a sua utilidade percebida e usar novas abordagens às questões de segurança. Para tal, temos de nos afastar do termo P2P, conotado "irreversivelmente" com partilha ilegal de ficheiros, passando a descrever P2P de forma diferente.

Esta abordagem está a ser seguida por uma nova geração de ferramentas e serviços que associam a tecnologia P2P com outras tecnologias e "escondem" o termo P2P na sua divulgação, como é o caso do Windows Live Mesh e de outras ferramentas e serviços de *backup* e sincronização de ficheiros, ou ainda *cloud storage*.

III. O PROJECTO DE INVESTIGAÇÃO

A. Objectivos

O ponto de partida para este projecto reside no estudo da adopção em ambientes académicos de ferramentas/serviços P2P, representativos de uma nova geração de aplicações desta tecnologia, onde o termo P2P é abandonado (ou "escondido") e

são fornecidos mecanismos de segurança e autenticação, juntamente com serviços adicionais normalmente associados a *cloud storage*. Estas novas ferramentas são de fácil operacionalização em contextos académicos, uma vez que são menos intrusivas nas infra-estruturas organizacionais, e não são afectadas pela carga negativa associada à tecnologia P2P.

Pretende-se enquadrar as redes P2P autenticadas, num contexto mais vasto, sem as controvérsias que rodeiam esta tecnologia, considerando sistemas alternativos para partilha de ficheiros, como é o caso dos serviços de partilha de ficheiros de grande dimensão baseados em *web-hosting* (e.g. RapidShare) que entretanto atingiram elevados níveis de adopção e uma taxa considerável de tráfego na Internet.

O projecto aborda a problemática mais geral da análise dos factores de adopção de ferramentas ou serviços para partilha de ficheiros, em ambientes académicos. Assim, o estudo não se restringe à adopção de um sistema P2P autenticado (e.g. Windows Live Mesh), mas alarga o seu âmbito a três classes de ferramentas e serviços para partilha de ficheiros. Estas foram definidas com o objectivo de lidar com a diversidade de ferramentas e serviços existentes para partilha de ficheiros, que se sobrepõem em aspectos técnicos e funcionais, e que constituem alternativas às redes P2P, possibilitando assim uma análise comparativa.

As classes de ferramentas e serviços para partilha de ficheiros são descritas da seguinte forma:

Ferramentas de Partilha e Sincronização de Ficheiros (PSF) – "ferramentas ou serviços vocacionados para a sincronização de ficheiros ou pastas entre computadores, fornecendo uma área de armazenamento na Web, limitado a alguns Gbytes (e.g. GoogleGroups, LiveMesh e DropBox). A utilização destas ferramentas pode implicar a instalação de software no computador pessoal".

Serviços *Online* para Partilha de Ficheiros de Grande Dimensão (PFO) – "serviços vocacionados para a partilha rápida e fácil de ficheiros de grande dimensão (até 100 MBytes por ficheiro em versões gratuitas) entre dois utilizadores. Nestes serviços, após o utilizador fazer o *upload* do ficheiro que pretende partilhar, o destinatário recebe uma mensagem com a ligação Web para iniciar o *download* do ficheiro (e.g. RapidShare, YouSendIt, MegaUpload e EasyShare). A utilização destas ferramentas não implica a instalação de qualquer software no computador pessoal".

***Redes ou Ferramentas de Partilha de Ficheiros P2P* (P2P)** – "no contexto da partilha de ficheiros, estas redes permitem usar os recursos dos seus participantes (peers) para distribuir de forma rápida e eficientes grandes quantidades de ficheiros. Assim, os recursos disponíveis na rede resultam da junção das contribuições de todos os seus participantes. A utilização destas ferramentas implica a instalação de software no computador pessoal (e.g. EMule, BitTorrent, Azureus, Vuze, Tribler e GigaTribe)".

Um dos objectivos do estudo é o de identificar ferramentas e serviços específicos para partilha de ficheiros, usados pela população académica, juntamente com o tipo de utilização, nomeadamente quanto ao tipo de actividades em que são usadas (estudo vs. lazer ou socialização).

Outro objectivo do estudo, é o de identificar ferramentas e serviços usados pela população académica para colaboração *online*, bem como o tipo de utilização que é efectuada, de modo a efectuar um cruzamento entre a partilha de ficheiros e a colaboração *online*, uma vez que existem sobreposições e complementaridades entre ambos os tipos de ferramentas.

B. Abordagem de investigação

Foi seguida uma abordagem de investigação multi-método (Fig. 1), utilizando estudos de caso com grupos piloto e um inquérito alargado a toda a comunidade docente e discente do IPCA. Na elaboração das ferramentas de recolha de dados: entrevistas e construção dos questionários (duas versões, uma para docentes e outra para discentes), foi usado um modelo conceptual sobre adopção de ferramentas de partilha de ficheiros que tem vindo a ser construído, de forma indutiva, ao longo de todo o processo de investigação [15].

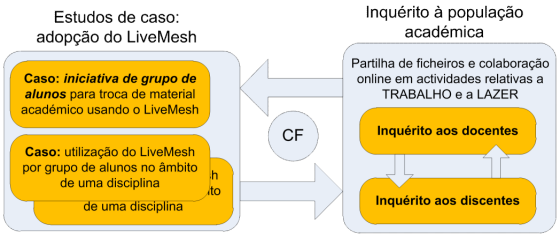


Figure 1. Abordagem de Investigação

Foram realizadas 8 entrevistas para recolha de dados junto dos grupos piloto, e 4 entrevistas exploratórias a elementos com forte participação na comunidade, referenciados como especialistas na utilização de TICs relativamente a partilha e colaboração *online*. As entrevistas exploratórias constituíram um dos suportes à elaboração dos questionários.

C. Estrutura do questionário

O questionário é constituído por quatro secções (Fig. 2), e tem dois objectivos fundamentais:

- Descobrir que ferramentas e serviços os elementos da população académica do IPCA usam para partilharem ficheiros e para colaborarem *online*, nas suas actividades académicas e não académicas (Trabalho versus Lazer ou Socialização);
- Analisar os factores que influenciam a adopção individual de ferramentas e serviços para partilha de ficheiros, pelos elementos da população académica do IPCA, nas suas actividades académicas e não académicas (Trabalho versus Lazer ou Socialização)

Um aspecto relevante (e inédito) deste inquérito, reside no facto de a população alvo de alunos (discentes) poder representar duas gerações distintas de adoptantes tecnológicos – os 'nativos digitais' e os 'imigrantes digitais', ou seja, alunos do ensino diurno e alunos do ensino pós-laboral.

Foram elaborados dois questionários, um para docentes e outro para discentes. Ambos os questionários têm a mesma estrutura, diferindo em perguntas especificamente relacionadas com actividades de ensino (para os docentes) e actividade de

aprendizagem (para os discentes). Os objectivos enunciados em ambos os questionários são idênticos, diferindo apenas na descrição do conceito Trabalho, uma vez que para os docentes este conceito vai muito para além das actividades de ensino.

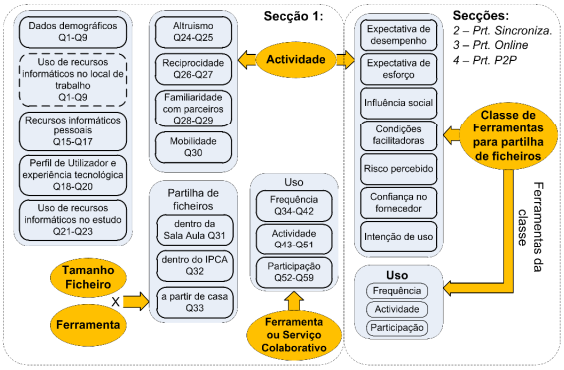


Figure 2. Estrutura do Questionário

Quanto à estrutura, a primeira secção tem por finalidade obter dados sobre características individuais, práticas e recursos do respondente, incluindo questões relativas a: dados demográficos; recursos informáticos disponíveis; utilização de recursos informáticos no estudo; perfil do respondente como adoptante de novas tecnologias; nível de experiência na utilização de diversas ferramentas, processos ou serviços, directa ou indirectamente relacionados com actividades de ensino e aprendizagem; e nível de experiência na utilização de ferramentas que surgem noutras partes do questionário.

Seguem-se questões relacionadas com os factores presentes no modelo conceptual relativos a características individuais (Altruísmo, Reciprocidade e Familiaridade) em dois tipos de actividade (Trabalho e Lazer), bem como relativas a características da tarefa (Mobilidade).

Práticas sobre partilha de ficheiros são abordadas em 3 questões (Q31, Q32 e Q33) de escolha múltipla, onde é perguntado que ferramentas usam para partilhar ficheiros de diferentes tamanhos (500 KB, 5 MB, 20 MB, 1 GB) numa situação específica:

- Q31: Dentro da sala de aula o que usa habitualmente para partilhar ficheiros com os tamanhos indicados;
- Q32: Dentro das instalações do IPCA, mas fora da sala de aula, o que usa habitualmente para partilhar ficheiros com os tamanhos indicados;
- Q33: Se estiver em casa e pretende enviar um ficheiro para alguém que esteja longe, assinale o que usa habitualmente para partilhar ficheiros com os tamanhos indicados;

Ainda na primeira secção, temos um conjunto de perguntas sobre ferramentas e serviços que os respondentes usam para suporte à colaboração *online*, incluindo perguntas sobre a frequência de uso, para que actividades usam (trabalho/lazer) e que tipo de participação (passiva/activa) têm no seu uso.

As práticas seguidas na partilha de ficheiros usando ferramentas e serviços das 3 classes (PSF, POF e P2P), são abordadas em cada secção respectiva (2-PSF, 3-POF e 4-P2P), com questões sobre que ferramentas da classe respectiva os respondentes usam, para que usam (trabalho/lazer) e que tipo de participação têm no seu uso (activa/passiva).

D. Administração do questionário e participantes

O questionário foi administrado através da plataforma SurveyMonkey. O método de recolha de dados baseou-se na associação de endereços email a links Web para os questionários, permitindo aos respondentes preencherem o questionário por etapas, e enviar lembretes apelando à conclusão dos questionários. A garantia de anonimato pelo investigador era expressamente referida de forma clara e legível no questionário e em todos os lembretes enviados. Esta foi a forma encontrada para contornar o problema da dimensão do questionário (104 questões) e gerir o seu processo de difusão, sem interferir com o normal decorrer das aulas, o que se tornaria particularmente difícil com os alunos do ensino pós-laboral, cujo tempo disponível é bastante escasso.

A recolha de dados foi dividida em duas fases: a primeira decorreu durante o mês de Julho de 2010, após o final das aulas; a segunda decorreu durante o mês de Setembro, antes do início das aulas. O número de alunos inscritos no IPCA no ano lectivo 2009/2010 foi de 2989, 66% na Escola Superior de Gestão (ESG) e 34% na Escola Superior de Tecnologia (EST). A distribuição por escalões etários e por tipo de horário (Diurno e Nocturno) é apresentada na Fig.3.

Apesar de o escalão etário só por si não ser suficiente para definir a dimensão Geração Digital (Nativos ou Imigrantes) [6], a população da instituição tem uma forte prevalência de cursos em regime pós-laboral e uma elevada taxa de alunos com actividade profissional. Esta característica não afecta de igual modo ambas as escolas, o que se reflecte em diferenças significativas nos escalões etários, com a média de idades da ESG em 27,1 anos, no limite do que é considerada a geração dos 'nativos digitais' e a EST com média de 23,5 anos, no intervalo da geração dos 'nativos digitais'. Considerando o intervalo 27 a 31 anos na fronteira de ambas as gerações, este é constituído maioritariamente por alunos do ensino nocturno, sendo necessário algum cuidado na sua análise.

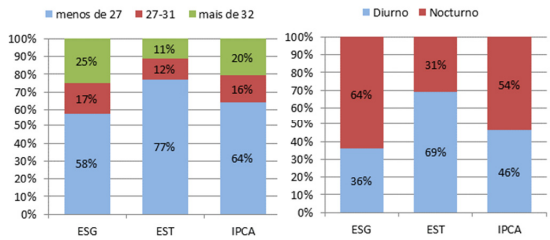


Figure 3. Distribuição da população Alunos: escola × faixa etária × horário

O questionário foi enviado para os endereços email de uma base de dados de contactos dos alunos, num total de 2774 endereços, dos quais 330 não foram contactados (caixas email cheias ou não válidos) e 37 optaram por não participar.

Foram iniciados 569 questionários, tendo sido concluídos e considerados válidos 326, e 243 ficaram por concluir (em diferentes etapas) ou foram considerados inválidos. A taxa de respostas foi de 13,3%, e a taxa de questionários concluídos foi de 57,3%. Dos concluídos, 47,2% são de respondentes da EST e 52,8% da ESG, o que difere significativamente da população. A distribuição dos respondentes é apresentada na Fig. 4.

O desfasamento verificado entre população e respondentes, constitui uma vantagem potencial, pois é na EST onde a utilização do tipo de ferramentas e serviços em análise é mais efectiva. Assim, podemos considerar que a representatividade dos respondentes face à população é boa, considerando o género, a idade, e o horário (Diurno ou Nocturno).

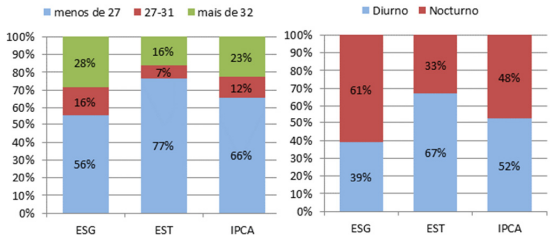


Figure 4. Distribuição dos respondentes: escola × faixa etária × horário

IV. Resultados

Os resultados apresentados neste artigo fazem parte da análise exploratória, e focam-se na identificação de práticas e no uso de ferramentas concretas, utilizando uma abordagem descritiva.

Relativamente à posse de recursos informáticos e ao acesso à internet, 94,8% tem computador portátil e apenas 3,3% não tem acesso fixo ou móvel à internet, o que indica um acesso massificado a recursos computacionais.

A. Experiência tecnológica

O questionário contém um conjunto de perguntas sobre a experiência do respondente na utilização de várias ferramentas ou serviços, de acordo com uma escala de *Likert* de 5 níveis. Apresentamos na Fig. 5 os resultados agrupados por escola, em que o WOC é a plataforma de gestão de conteúdos do IPCA.

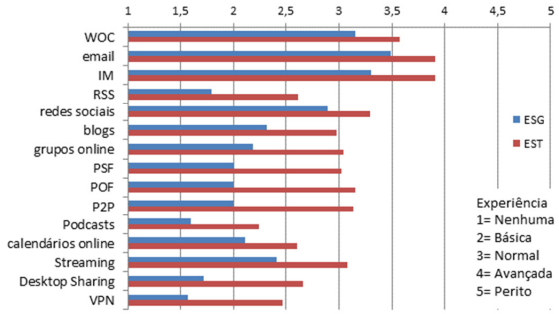


Figure 5. Experiência tecnológica: Médias por escola×ferramenta

Os resultados indicam que não existem diferenças significativas nas ferramentas mais usuais (WOC, email, IM e redes sociais). Quanto às ferramentas que exigem maiores conhecimentos tecnológicos, as diferenças são significativas, com níveis de experiência tecnológica dos elementos da EST superiores aos da ESG. No entanto, entre os alunos da EST, o nível de experiência com estas ferramentas não é elevado, ficando em geral muito próximo de 3 (Normal).

B. Uso de ferramentas para colaboração online

O questionário contém um conjunto de perguntas sobre a frequência de uso (escala de *Likert* de 6 níveis) de várias ferramentas, como o WOC, email institucional, B-On e ainda ferramentas das seguintes classes: redes sociais; IM; Edição colaborativa; blogs; partilha de vídeos; partilha de imagens; partilha de apresentações; jogos ou espaços sociais.

Na Fig. 6 apresentamos apenas as ferramentas que tiveram uma média superior a 2 (Muito Raramente). De referir que as ferramentas mais usadas em ambas as escolas são o Windows Messenger, o WOC, o YouTube, o email institucional e a Wikipedia. O FaceBook já apresenta um nível de adopção considerável.

Quanto às ferramentas que não aparecem listadas por não terem atingido uma média de 2 (Muito Raramente) temos: B-On, MySpace, Twitter, LinkedIn, Google Wave, MS Live Workspace, escrita de blogs, Dailymottion, Videoegg, Photobucket, Scribd, SlideShare, AuthorStream, SecondLife, World Warcraft, Travian, EverQuest e Eve.

À pergunta para que actividades usam estas ferramentas (1 = maioritariamente para trabalho, 2 = igualmente para ambos, e 3 = maioritariamente para lazer) temos as seguintes médias: Windows Messenger (2,3), YouTube (2,6), email (1,8), FaceBook (2,7), Wikipedia (1,7), ler Blogs (2,4) e Google Docs (1,6). Relevante o facto de no uso da Wikipedia e do GoogleDocs predominar a componente trabalho.

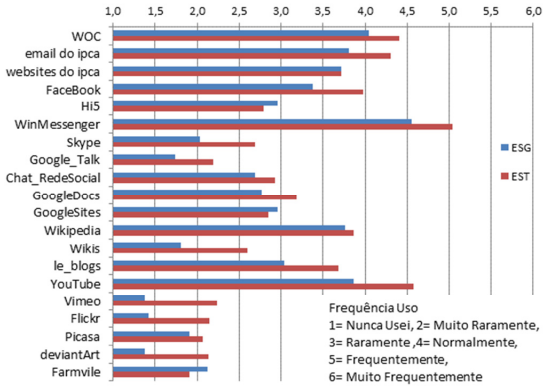


Figure 6. Frequência de uso: Médias superiores a 2

C. Uso de ferramentas para partilha de ficheiros

Para cada uma das três classes consideradas (PSF, PFO e P2P), era feita a pergunta: "*Conhece ou utilizou durante o ano lectivo actual alguma ferramenta ou serviço desta classe?*".

Caso a resposta fosse afirmativa, o questionário prosseguia com perguntas específicas sobre cada uma das classes, incluindo que ferramentas e tipo de uso. As respostas afirmativas foram de 36,8% para PSF, 52,9% para POF, e 51,5% para P2P. Interessante notar que os sistemas POF ultrapassam os sistemas P2P.

Quanto a ferramentas específicas, temos para cada classe as seguintes: PSF (DropBox, LiveMesh, Google Groups, Live SkyDrive, SugarSync e GoodSync); PFO (RapidShare, YouSendIt, 4Shared, MegaUpload, e EasyShare); e P2P (emule, bitTorrent, Azureus, Vuze, Tribler, GigaTribe).

Quanto à frequência de uso (1...6), com médias acima de 2 (Muito raramente), temos a DropBox (2,5), GoogleGroups (2,5), RapidShare (2,7), 4Shared (2,0), MegaUpload (2,8), EasyShare (2,3), emule (3,1) e BitTorrent (3,1).

Relativamente ao Windows Live Mesh, cuja adopção por grupos piloto, estava a ser objecto de estudo, a média foi de 0,8 indicando (juntamente com uma análise mais detalhada) que esta ferramenta estava a ser usada exclusivamente por um dos grupos, que por sua própria iniciativa usava a ferramenta para troca de materiais académicos.

À pergunta para que actividades usa a ferramenta (1..3), temos os seguintes resultados: nas ferramentas P2P e POF as médias foram superiores a 2,4, com excepção do YousendIt, com 2,1, e com 22 respondentes a indicarem que o usavam maioritariamente para trabalho (1). As ferramentas de PSF eram claramente indicadas para actividades relacionadas com o trabalho: DropBox (1,8), LiveMesh (1,8) e Google Groups (1,7).

Considerando os dados anteriores (frequência de uso e actividade de uso), verifica-se que apenas a Dropbox e o Google Groups já atingiram um nível considerável de adopção para actividades relacionadas com o trabalho.

V. Conclusões, Limitações e Trabalho Futuro

Os resultados obtidos confirmam resultados de estudos recentes que apontam para que a separação geracional entre nativos e imigrantes digitais seja um mito, e que estão empoladas as competências e o entusiasmo pelas ferramentas da Web 2.0 na geração de estudantes 'nativos digitais'. Além disso, a diferença entre gerações não se verifica relativamente a actividades de aprendizagem, continuando a preferência pelos meios tradicionais de interacção na sala de aula e pelo acesso a conteúdos tradicionais, numa perspectiva essencialmente passiva.

O estudo encontra-se numa fase inicial de análise, estando a ser preparada uma análise aprofundada dos dados recorrendo a ferramentas estatísticas de nova geração, como é o caso do PLS (*Partial Least Squares*) no sentido de verificar o ajustamento do modelo de adopção às três classes de ferramentas de partilha de ficheiros.

Os estudos recentes também concluem que a geração dos 'nativos digitais' não é homogénea na forma como encara as novas tecnologias, existindo variações significativas entre os estudantes desta geração. Para confirmar esta falta de homogeneidade, e detectar casos particulares, os modelos estatísticos baseados na agregação de dados não são suficientes, sendo necessário recorrer a ferramentas que permitam detectar singularidades nas relações entre as entidades, como é o caso das ferramentas de SNA (*Social Network Analysis*), estando a ser utilizado o NodeXL.

Como trabalho futuro, e após a conclusão de toda a análise deste caso, é importante consolidar um modelo de observação desta problemática na instituição, de carácter regular, através do aperfeiçoamento das ferramentas utilizadas. Desta forma, pretendemos manter os agentes decisores informados quanto às práticas e expectativas da população, evitando decisões baseadas em pressões externas/internas relativamente a alterações profundas quer nas políticas de ensino quer nos investimentos na infra-estrutura tecnológica.

References

[1] Conole, G., et al., Disruptive technologies, pedagogical innovation: What's new Findings from an in-depth study of students' use and perception of technology. Computers & Education, 2008. 50(2): p. 511-524.

[2] Margaryan, A., A. Littlejohn, and G. Vojt, Are digital natives a myth or reality? University students' use of digital technologies. Computers & Education, 2011. 56: p. 429-440.

[3] Oblinger, D.G. and J.L. Oblinger, Educating the net generation. 2005.

[4] Tapscott, D., Grown up digital: How the net generation is changing your world. 2009: McGraw-Hill Professional.

[5] Jones, C., et al., Net generation or Digital Natives: Is there a distinct new generation entering university? Computers & Education, 2010. 54(3): p. 722-732.

[6] Simões, L. and L.B. Gouveia, Geração Net, Web 2.0 e Ensino Superior, in Novos Média, Novas Gerações, Novas Formas de Comunicar, E. Freitas and S. Tuna, Editors. 2008, Edições Universidade Fernando Pessoa. p. 21-32.

[7] Prensky, M., H. sapiens digital: From digital immigrants and digital natives to digital wisdom. Innovate: journal of online education, 2009. 5: p. 9.

[8] Mazman, S.G. and Y.K. Usluel, Modeling educational usage of Facebook. Computers & Education, 2010. 55(2): p. 444-453.

[9] Bennett, S., K. Maton, and L. Kervin, The 'digital natives' debate: A critical review of the evidence. British journal of educational technology, 2008. 39(5): p. 775-786.

[10] Hannon, J., Breaking down online teaching: Innovation and resistance. Australasian Journal of Educational Technology, 2009. 25(1): p. 14-29.

[11] Tavares, A., et al., Bumerang – a peer-to-peer system to share knowledge inside communities at the University, in Recent Research Developments in Learning Technologies, A. Méndez-Vilas, Editor. 2005, FORMATEX: Spain.

[12] Tavares, A. and Amaral, L., Adoption of Authenticated Peer-to-Peer Academic Networks–A Case Study of a Failure. ENTERprise Information Systems, 2010: p. 345-354.

[13] Halm, M., LionShare: Connecting and Extending Peer-to-Peer Networks. 2006, Pennsylvania State University.

[14] Lin, F., S. Lin, and Y. Wang. Can Peer-to-Peer Networks Facilitate Information Sharing in Collaborative Learning? in Proceedings of the 41st Annual Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS 2008), . 2008. Waikoloa, Hawaii.

[15] Tavares, A. and Amaral, L., Como usar redes P2P autenticadas em contexto académico? in 8ª Conferência da Associação Portuguesa de Sistemas de Informação. 2008. Setubal.

OML: A Scripting Approach for Manipulating Ontologies

Nuno Carvalho, José João Almeida
Departamento de Informática
Universidade do Minho
Braga, Portugal
{narcarvalho,jj}@di.uminho.pt

Alberto Simões
Instituto de Letras e Ciências Humanas
Universidade do Minho
Braga, Portugal
ambs@ilch.uminho.pt

Abstract— **There are different definitions for ontologies. Different knowledge areas tend to define ontologies in a different way. For computer science, an ontology can be used to describe, in a well defined and structured way, knowledge about a specific domain. These artifacts store rich information that can be reasoned about, this information can also be target of many structured processing functions. There is a diversity of programs that can be implemented to take advantage of these features and produce applications in every area of knowledge.**

The Ontology Manipulation Language (OML) is a Domain Specific Language (DSL) designed to describe and execute operations that reason about ontologies. These reasoning operations can be used to manipulate and maintain the current information in the ontology, infer new knowledge or concepts, or even produce any kind of side effect. OML is a simple and descriptive language, yet it is powerful enough to implement complex operations or reasoning engines in a clear and efficient way.

To actually run programs written in OML a standalone compiler is available, as well as a mechanism for embedding OML programs in a generic programming language. This allows the quick development of applications that make use of ontologies, by describing ontology related operations in wove OML snippets throughout the code. This mechanism has proven to be a very effective and clear approach for taking advantage of adopting ontologies to represent information, while maintaining the implicit advantages of using a general-goal programming language.

Keywords: ontology scripting

I. INTRODUCTION

Ontologies are a common approach to store knowledge. They are used in a wide range of applications in all areas of science. Many heterogeneous standards and options for storing these artifacts in a persistent and processable way are available. The Web Ontology Language (OWL) [5] is a good example of a well accepted family of schemas for publishing and sharing ontologies mainly for the World Wide Web (WWW). Topic Maps [7] and the Simple Knowledge Organization System (SKOS) [6] are other good examples of approaches for creating and maintaining ontologies. Since there are several ways to represent ontologies, there are also different approaches to manipulate them. Several software packages offer methods to change and manipulate information in a ontology, as well ways to infer new information and reason about the existing knowledge. Engines to infer new knowledge from the existing information are a very interesting feature of some of these languages [4].

Tools for these formats can be divided in two major groups: tools based on graphical interfaces, and tools that offer interaction based on Application Programming Interfaces (API). The tools that implement a graphical interface for manipulating information are suitable approaches to be used by humans in common situations. This is not exactly our aim since we plan on using our ontologies and reasoning rules to build more complex tools, and most of the manipulation operations should be decided in runtime. Tools that do not implement a graphical interface but rather expose an usable API for executing operations, allow a wider range of possible applications, since more complex tools can be built using the provided interfaces. This approach suits our needs best, providing a complete module to manipulate information through a well defined API.

Tools available today for manipulating information described in ontologies are very powerful and can easily deal with many common problems, however, sometimes, they still lack some properties that would greatly increase their efficiency and adoption. One of these would be more expressiveness or efficiency on their languages syntax: many times more effort is spent to comply the language standards and specifications than dealing with the problem itself. Another major problem is that most of these tools work at very low abstract levels, making it hard to develop simple tools that can be elegantly composed to solve complex problems.

With these concerns in mind some design goals for the OML were defined:

- It should be a simple and expressive language, easy to use and easy to extend, simple and clean but powerful enough to allow creating complex tools.
- The language needs to be compact and elegant, aiming at high-level languages, achieving more in less syntax, but maintaining readability.
- It should allow a declarative approach for defining operations, suitable for writing transformation and reasoning engines.

This work was partly supported by project CROSS (PTDC/EIACCO/108995/2008), funded by the Portuguese Foundation for Science and Technology.

- Allow a modular approach, building small blocks that can be composed together to build more complex operations.
- While we aim an expressive and powerful language, there are details that should not be handled by OML. For example, we should not build an interface for relational databases in our languages. Therefore, OML should be possible to mix OML blocks in a general purpose programming language.
- Giving this modular approach, keep in mind a scripting flavor for the tools, allowing us to build tools that can be easily combined together with already existing programs in pipelines for example, Linux style.

OML is a domain specific language that can be used to write programs that act on knowledge stored in a ontology. OML is a domain specific language, it can be used to write programs. Programs can be executed using a special program, typically this program is called a compiler. Figure 1 illustrates the execution of an OML program. We feed the compiler a program (written in OML) and an ontology, and a result is produced. The result can be changes on the ontology itself, or any kind of arbitrary side effect. With current implementation, the ontology that is feed to the compiler needs to be concretized using the `Biblio::Thesaurus` framework. This framework allows storing information in a ontology using an information structure based on ISO 2778, initially created to allow the description of monolingual thesaurus. It has already been use for building applications with success in previous work, see [1] and [9].

The principle for writing programs in OML is simple, we define a pattern and an action. Then we search the ontology for that pattern, if the pattern is found the action is executed. Note that a pattern can be found once or more that once, in this later case the action block is executed once for each instance of the pattern found.

In the next chapters of this article we start by introducing the OML language specification and how to write programs, we briefly describe the current implementation of the OML compiler. And finally describe some applications and tools created with OML that illustrate its' use.

II. OML Specification

OML is a simple language, one of the major goals during design was to make sure that it would be easy and intuitive to use, even for people without any programming language background. In this section we illustrate a glimpse of what OML can do.

In a nutshell OML programs are a sequence of statements which are executed in order. Each statement consists of a `<pattern>` block, everything on the left side of the fat-arrow operator (=>) and an `<action>` block, everything on the right side. A statement always ends with a single dot (.), as shown here:

```
<pattern> => <action> .
```

TABLE 1 Example Patterns

#	Pattern	
1	`term(Buster)`	*term Buster*
2	`rel(ISA)`	*relation ISA*
3	`term($t)`	*for all terms*
4	`rel($r)`	*for all relations*
5	`Buster ISA cat`	
6	`$pet ISA cat`	
7	`$pet ISA $animal`	
8	`Buster $rel $term`	*for all related to Buster*
9	`Buster ISA cat ∧ Twitty ISA bird`	
10	`Buster ISA cat ∨ Twitty ISA bird`	
11	`$c ISA cat ∧ $b ISA bird`	

A. Patterns

Patterns are used to describe knowledge in the ontology. Typically some action needs to be performed when this pattern is found. Patterns can be used to represent simple terms or relations between terms, or any combination of these. Table 1 illustrates some patterns that give an idea of what can be done.

The simplest pattern that can be defined is a single term or a single relation. Pattern 1 shown in Table 1 will evaluate as found if there is a term in the ontology named `Buster`. A single relation described in a pattern is shown in Pattern 2 in Table 1. This pattern will evaluate as found if there is at least one relation named `ISA` in the ontology. Variables can be used instead of terms, or relations names. So, Pattern 3 shown in Table 1 describes all the terms in the ontology, and Pattern 4 represents all the relations. Of course that more interesting would be to describe facts, relations between terms, a very simple example of a pattern that describes a fact is Pattern 5 in Table 1. This pattern is considered found if the term `Buster` and the term `cat` are linked by a relation named `ISA`.

Variable containers can also be used in patterns, which means that the pattern can be found more than once for a given ontology. Pattern 6 in Table 1 is one possible example. This pattern represents all the facts that relate the term cat with any other term by a relation named `ISA`. Another example of using variable containers is Pattern 7 in Table 1. This pattern represents all the possible combinations of facts that relate terms with the `ISA` relation.

Patterns can be grouped together using the binary operators `AND` and `OR`, which have their traditional meaning. Patterns paired with the `AND` operator will be evaluated as found if both patterns are found, and if they are paired with the `OR` operator only one needs to be found in the ontology for the pattern be evaluated as found. Patterns 9, 10 and 11 in Table 1 illustrate this.

B. Actions

After being able to specify the patterns we are looking for in the ontology we need to describe the operations that are going to be executed when the pattern is actually found. Any number of operations can be executed in an action block. Operations are executed in order and can be one of the following types:

- an operation from the predefined list of operations available, this is typically used to add or change the current knowledge of the ontology, for example adding or removing facts or relations;
- or we choose to define our own operation, and write the complete code, this is typically used to produce any arbitrary side effect, updating a data base, printing, creating a PDF file or anything else.

An example, of using a predefined operation can be:

```
add(Buster ISA Mammal)
```

This adds new information to the ontology, specifically relating the term `Buster` with the term `Mammal` using the relation `ISA`. Variables found in the pattern can also be used in the action side of any statement, having their values instantiated according to the pattern found, which means we can write an action block that looks something like:

```
add($pet ISA Mammal)
```

This action would be executed an arbitrary number of times, one time for each instance found in the ontology. The variable `$pet` is automatically replaced with the term (or relation) that matched in the pattern.

As advertised before we can also produce any side effect, by executing any arbitrary action, for example:

```
sub { print $name; }
```

The `sub` keyword has a special meaning, it means that the following action block is a user defined operation and that needs to be executed as is. At the current time this block needs to be written in the programming language Perl [3]. Remember that any side effect can be produced with this, approach, for example adding information to a relational database:

```
sub {
  $db->execute(
    'INSERT INTO terms (name) VALUES ($term)'
  );
}
```

Putting everything together we can write statements that look like:

```
$ci CAPITAL $co
=> add($ci ISA city)add($co ISA country).
```

This statement says that for every two terms linked by a relation named `CAPITAL` add two new relations linking the first term with the term `city` by a relation `ISA`, and the second term with the term country also by a `ISA` relation. Imagine a geographical ontology describing information about cities and countries, in more loosen English this statement reads: *for every city which is a capital, add a fact stating that city is a city, and country is a country*.

This is just a brief overview of what can be written in OML, a more exhaustive and complete introduction to the language can be found in [2].

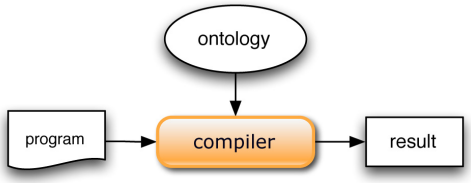


Figure 1. OML architecture overview.

III. Implementation

After being able to write a program in this DSL the next natural step, as in any other programming language is to actually execute the program. An compiler was implemented to allow the execution of programs written in OML. An architecture overview of the system is illustrated in figure 1. In simple terms we feed a program and an ontology to the compiler and after some intermediate stages a final result is produced. This final result can be translated in information changes in the original ontology, any kind of side effects, like updating a external database or producing `LaTeX` code for example, or even a combination of these.

Figure 2 illustrates the compiler work-flow. Executing a program is divided in three main stages:

A. *The Parsing Stage*

In this stage the parser is responsible for analyzing the source program written in OML, and creating a parsing tree (`pTree`). This tree contains the same information that is in the source program but in a more structured way.

B. *The Expanding Stage*

After creating a `pTree` the control is handled to the expander engine, which is responsible for looking at the patterns described in the `pTree`, and expand the pattern by looking for the information in the ontology and storing possible variations of the pattern being searched for. All the instances of the pattern found are stored in a `diTree`.

C. *The Reaction Stage*

Finally the reaction engine is responsible for actually executing the actions described in the initial program. This engine uses the `diTree` to instantiate the variables found in the action blocks of each statement.

These tools are available for download [1]. Full documentation and example applications can also be found there. All the tools were implemented in Perl and are ready to use OML program to build full featured applications. Implementation and design details can be found in [2].

IV. Embedded OML

We also developed tools that allow the use of OML inside other programs. In this case we also used the Perl programming

[1] http://search.cpan.org/perldoc?Biblio::Thesaurus::ModRewrite

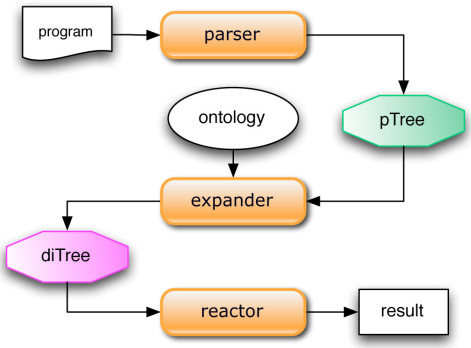


Figure 2. OML compiler architecture overview.

language to develop a proof of concept. This means that you can write something like this in a traditional Perl program:

```
OML function(arguments)
...
ENDOML
```

This lets you call `function` as a normal Perl routine, passing needed arguments, in a Perl script, but executes OML programs. This has proved to be very useful while building larger applications, because it allows the use of typical Perl tools and frameworks to build applications and use OML programs to handle ontology information and operations.

V. USING OML

We have been using OML to implement several applications that have to deal with information stored in an ontology. A brief introduction to a couple of these applications follows.

A. *term2dot*

The tool *term2dot* given a term and an ontology, creates a graph that represents all the relations for the given term in the given ontology. The graph is created using GraphViz[2]. For example, executing the following command:

```
$ term2dot Portugal geography.onto \
  | dot -Tpng > Portugal.png
```

will create a graph for every relation for the term `Portugal`. The actual graph created is illustrated in figure 3.

The following source code snippet is the entire code required, to implement the *term2dot* tool:

```
my $term = $ARGV[0];
my $ontology = $ARGV[1];

use Biblio::Thesaurus::ModRewrite::Embed;
process($ontology,$term);
OML process(t)
  begin => sub{ print "digraph t {\n" }.
  t $r $t1 => sub{ print "t->$t1
[label=$r]"}.
  $t1 $r t => sub{ print "$t1->t
[label=$r]"}.
  end => sub{ print "}\n" }.
ENDOML
```

In this small example we can see that a simple OML snippet was included in the source code to query the ontology and print the required information to build the graph with GraphViz. The Perl code here is only used to process the argument passed to the tool. First what is the OML code doing exactly, in the first and last line, where the patterns are `first` and `end` respectively, these patterns are always evaluated as found, so the associated operations block are always executed. In this simple case we are using these blocks to print the GraphViz notation header for the graph, and the closing curly bracket at the end. The second line in our OML code has a pattern that evaluates as found for every arbitrary term `$t1` (which acts as a container) by an arbitrary relation named `$r` (which acts as another container) with the term t which is passed as argument to this code. In more loosen English this tells the compiler to look for every relation between the term passed as argument and any other term in the ontology. The next line in the snippet is doing the same thing, the only difference between these two lines is that in the first the term given as argument is used as the source term for the relation, and in the second as the target term for the relation. This pattern will evaluate as found for every relation in the ontology for the given term and produce the code in GraphViz notation required to represent that in the graph. In sum this tool produces code in the GraphViz notation that can be later used to build an image illustrating the graph of relations for a given term.

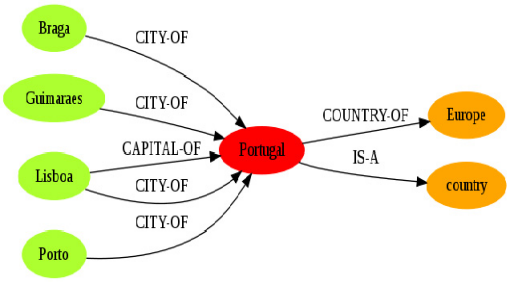


Figure 3.Example of using the tool *term2dot*.

B. *OntoMap*

OntoMap is a very interesting application, it was written in Perl using small embedded OML programs. It manages points of interest in a map and the information is stored in an ontology. It provides a web interface that can be used to display and add new information in a actual map. Perl modules where used to implement everything related to the interface

[2] http://www.graphviz.org/

itself, to handle retrieving and updating knowledge from our ontology OML was used. Since embedded programs where used, the overhead of using another language to accomplish some tasks was zero. Figure 4 illustrates the application. One interesting point that can be seen is that we are already using the tool (term2dot) described in the earlier section. All the information seen in the application is stored in the ontology.

Every detail regarding anything besides the ontology in handled by typical Perl code, every task concerning the ontology is implemented using OML snippets, mixed inside the application. An example of one of these snippets is:

```
OML find_points
   $p lat $x ^ $p lng $y
     → sub {
       to_json({name=>$p,
            lat=>$x,
            lng=>$y"})
       }.
ENDOML
```

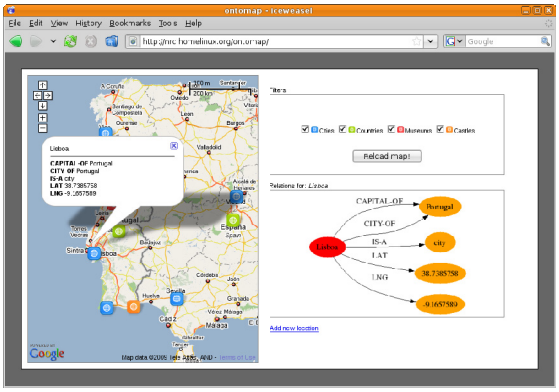
This is used to answer a AJAX request for the list of points of interest to highlight on the map. To mark points in the map the only thing we need is the points' latitude and longitude, that is exactly what we are looking for in our pattern: all the terms that have a latitude and a longitude, and return a JSON object to pass the information along. This pattern will evaluate as found in the ontology more than once, because many points are defined there, and each point is related with a value for by a latitude relation name `lat` and a longitude relation name `lng`, for each of these points we create a string, JSON encoded, with the name of the term found has its' latitude and longitude. This information is enough for the application interface display the points in a map.

The application allows to filter the points in the map by type. This means that the AJAX request that queries the ontology for the points list to display can also supply an additional argument which is a list of types of points to show. This illustrates another propriety of OML embebed code, it is dynamic, i.e. this code can be changed in runtime to adapt to new variables. In this specific case we want to change the pattern that was last illustrated to cope with this filter. So the new pattern would be something like:

```
 $p lat $x □ $p lng $y □ $p ISA Castle
   → sub { ... }
```

This way we have the same behavior as before but now we are only interested in listing points that are castles, because the user changed that behavior using the provided interface.

We use OML to handle the information in our ontology and use other language to do everything else. Plus, we use dynamic code to adapt our OML snippets to the requested behavior of the application.



C. *OntoMerge*

A typical problem nowadays is about merging knowledge on more that one ontology. We wrote a program in OML to verify, given a set of assumptions, if we can merge ontology X with ontology Y. A simple verification can be:

```
OML exists(tA,rel,tB)
  tA rel tB
  → sub {
    print "relation already exists!";
  }.
ENDOML
```

that simply verifies if a given relation named between two given terms already exists in the ontology. But we can do more complex and trickier things like, for example: after merging two ontologies we may want to remove the direct transitive closures for a variable number of given relations since we can consider that redundant information. A simple implementation of this can be:

```
$the = thesaurusMultiLoad(ont1,ont2,...)
for $rel ("NT","BT",...){
rem_trans($the,$rel); }

OML rem_trans(rel)
  $a rel $b □ $b rel $c
  →  del($a rel $c).
ENDOML
```

These tools can be easily composed together to build powerful reasoning engines that act on ontologies. Either for creating to information, or helping in maintaining information.

VI. Conclusion

Our main objective was to develop a set of tools to manipulate information described in ontologies. Although there are already tools to manipulate ontologies in standard formats, like the SPARQL [8] language, they miss the ability to easily integrate in other programming languages. Therefore, we specified a new domain specific language, called OML, and developed the tools required to run programs written in OML.

As presented in the our example scenarios, the process of writing and using programs with OML is simple, but powerful. Although the language itself is very compact and simple, the programs tend to be very expressive and can be used to implement a wide range of heterogeneous operations.

The ability of embedding OML programs inside a generic programming language was the step that allowed to build richer and fully featured applications. It lets the user to focus on the task he is dealing with, instead of trying to reduce and hook his problem to a set of basic library API functions. This approach makes it possible to do all kind of generic operations one want to perform with nowadays applications (access databases, web services, etc) easily, keeping the ability to manipulate ontologies using a specific designed language.

VII. Future Work

OML is already an usable tool, and much can be accomplished with its current state. But it is yet a work in progress, and there are some points we have to deal with to improve it:

- Software engineering works well with prototyping and evolutionary development. This means that finding more problems where OML can be applied will be crucial to validate the language, to verify its completeness in terms of functionalities, its efficiency and adequacy.
- OML is currently implemented in Perl, using a Perl module that manages interfaces with the ontology data structures. Although Perl is a robust and versatile language it is not what might be regarded as one of the most efficient language. Therefore, performance tests are relevant. Check how current implementation handles big ontologies or very complicated expressions. Reimplementation of some functionality can be needed.

References

[1] José João Almeida and Alberto Simões. "T2O - recycling thesauri into a multilingual ontology". In Fifth international conference on Language Resources and Evaluation, LREC 2006, Genova, Italy, May 2006.

[2] N. Carvalho. "OML - Ontology Manipulation Language". Master's thesis, University of Minho, 2008.

[3] M.J. Dominus. "Higher-order Perl: Transforming Programs with Programs". Morgan Kaufmann Publishers, 2005.

[4] A. Gómez-Pérez, M. Fernández-López, and O. Corcho. "Ontological Engineering". AI Magazine, 36:56, 1991.

[5] D.L. McGuinness, F. Van Harmelen, et al. "OWL web ontology language overview". W3C recommendation, 10:2004-03, 2004.

[6] A. Miles, B. Matthews, M. Wilson, and D. Brickley. "SKOS Core: Simple Knowledge Organisation for the Web". In Proceedings of the International Conference on Dublin Core and Metadata Applications, pages 12-15, 2005.

[7] S. Pepper. "The TAO of Topic Maps: Finding the Way in the Age of Infoglut". In Proceedings of XML Europe 2000 Conférence.

[8] Jorge Pérez, Marcelo Arenas, and Claudio Gutierrez. "Semantics and complexity of SPARQL".In The Semantic Web-ISWC pages 30-43. 2006.

[9] Alberto Manuel Simões and José João Almeida. "Library::* - a toolkit for digital libraries". In ElPub 2002 - Technology Interactions, 2002.

As Atitudes face ao Uso do Computador e da Internet

Uma experiência com alunos de Ciências do Ensino Secundário

Maria Elvira Monteiro
Agrupamento de Escolas de S. João da Talha
Lisboa, Portugal
elviraprojectos@gmail.com

Guilhermina Lobato Miranda
Instituto de Educação da Universidade de Lisboa
Lisboa, Portugal
gmiranda@ie.ul.pt

Resumo — **Num estudo realizado ao longo dos anos lectivos 2008-2009 e 2009-2010 foram recolhidos dados que permitiram estudar as atitudes dos alunos face ao computador e à internet e a relação entre as atitudes e o uso que os alunos dizem fazer destas ferramentas. Foi ainda aplicada uma escala de raciocínio lógico, que funcionou como variável moderadora. Este estudo foi orientado para determinar se a variável integração das Tecnologias de Informação e Comunicação (uso do computador e da internet) de forma sistemática e regular na sala de aula tinha algum efeito nas atitudes dos alunos do ensino secundário face à tecnologia. Participaram 75 alunos seleccionados por amostragem não aleatória já que correspondiam às únicas três turmas do curso de ciências e tecnologias existente na escola onde decorreu o estudo. Do ponto de vista metodológico optou-se por uma abordagem quantitativa com design quasi-experimental combinada com uma abordagem qualitativa de descrição e interpretação do processo. Como instrumentos de recolha de dados utilizaram-se dois questionários: Um de "Atitudes face ao computador e à internet" e o outro "O uso do computador e da internet".**

Os questionários foram aplicados pelos professores de cada turma na aula de Biologia/Geologia sob orientação de uma das autoras. Os resultados mostraram que o sexo não teve influência significativa, mas a idade parece afectar a atitude face ao computador assim como o uso regular em contexto de sala de aula.

Atitudes; computador; internet; integração curricular das TIC (palavras-chave)

I. Introdução

Numa perspectiva de nos movimentarmos cada vez mais numa sociedade de base tecnológica, é importante que as experiências em sala de aula com os computadores estejam disponíveis para todos os alunos. Contudo isto depende da atitude dos professores e da sua vontade de integrar a tecnologia no processo de ensino e aprendizagem [1].

Os computadores podem ser uma excelente ferramenta de ensino e aprendizagem, em particular quando os alunos têm acesso à internet. Para que o computador possa ser usado como uma ferramenta de ensino e aprendizagem a sua utilização deve ser um processo contínuo e pedagogicamente integrado [2] [3]. No relatório emitido pelo ministério da educação, em 2007 pode ler-se:

"[…] no que aos alunos diz respeito, é importante acelerar a formação em tecnologia, antecipando no tempo o contacto dos alunos com as ferramentas básicas TIC e assegurando que a utilização das TIC não está confinada a disciplinas específicas, mas que faz parte do dia-a-dia da escola e do método de aprendizagem de todas as disciplinas." [4].

Foi nesta perspectiva que nos propusemos realizar uma investigação de integração das Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) na sala de aula de Biologia e Geologia dos 10º e 11º anos de escolaridade.

II. Enquadramento Teórico

A integração das TIC na sala de aula é determinada pelo contexto em que os professores interagem, pelas suas crenças e atitudes em relação ao ensino e aprendizagem [5].

A integração das TIC não é condicionada unicamente pela atitude do professor, também se devem considerar as atitudes dos alunos, já que a investigação tem mostrado que atitudes positivas face aos computadores são um factor condicionante da sua utilização.

Tendo sido amplamente estudadas pela psicologia social [6], as atitudes são actualmente objecto de interesse de outras áreas científicas, nomeadamente da educação, pois estas predizem potencialmente o comportamento dos indivíduos [7].

As atitudes desempenham funções importantes. Lima classifica estas em funções motivacionais, por estarem relacionadas com motivações e necessidades psicológicas dos indivíduos, em funções cognitivas que determinam o modo como o indivíduo processa a informação e em funções de orientação para a acção. As funções motivacionais podem ser instrumentais ou avaliativas, segundo as quais o sujeito opta pela atitude que lhe permite obter uma melhor integração social ou funções simbólicas ou expressivas, relacionadas com a utilização das atitudes como forma de transmitir os valores ou a identidade do sujeito [8].

As funções cognitivas das atitudes são explicadas por duas teorias: o princípio do equilíbrio, formulado por Heider em 1958, segundo o qual o indivíduo recorre às atitudes para sinalizar a realidade, evitando situações de desequilíbrio através da constância das suas posições cognitivas, e o princípio da redução da dissonância cognitiva, definido por Festinger em 1957 segundo o qual os indivíduos buscam a consonância entre as diversas cognições que têm sobre um

mesmo objecto, ou seja, tentam preservar a consistência interna de uma mesma atitude [8].

A. Atitude – Um Conceito Complexo

A atitude é um constructo que engloba diversas dimensões não directamente observáveis e é fruto de uma construção teórica cuja finalidade é a de explicar vários comportamentos. O percurso no sentido de distinguir atitude de outros conceitos que lhe são próximos tais como crença, conhecimento, opinião e valor tem-se revelado longo e nem sempre linear [9].

Triandis refere os trabalhos de Rosenberg e Hovland realizados em 1960 que atribuem três componentes para as atitudes: cognitiva, afectiva e comportamental. A componente cognitiva refere-se à "ideia", uma categoria que se expressa através das crenças do indivíduo [10]. A componente afectiva diz respeito à emoção que a ideia acarreta, levando o indivíduo a afirmar se gosta ou não de um determinado objecto. Enquanto a componente comportamental está relacionada com a predisposição para a acção, isto é, com o que o indivíduo faz ou diz que pretende fazer.

Para Triandis, uma atitude é uma ideia carregada de emoção que predispõe para uma determinada acção numa situação social particular e que apresenta as três componentes referidas anteriormente manifestada através de diferentes tipos de funções [10].

As atitudes ajudam as pessoas a ajustar-se, a exprimir os seus valores, e a compreender o mundo que as rodeia. A atitude não é uma causa necessária ou suficiente para que um dado comportamento ocorra, mas é uma das causas que contribui para o mesmo. Os comportamentos mudam, frequentemente, as atitudes pois os indivíduos desenvolvem atitudes que justificam os seus comportamentos. Mas, o comportamento não resulta unicamente das atitudes. Há que ter em conta as normas, os hábitos e as expectativas [10].

Segundo Schwarz & Bohner, a investigação recente tem mostrado que as atitudes são menos duradouras e estáveis do que tradicionalmente se pensava, sendo a manifestação da atitude muito influenciada pelo contexto em que é avaliada [11].

B. A Relação Atitude-Comportamento

Considerando que as atitudes são inferidas a partir do que o indivíduo diz sobre um objecto, do que ele sente em relação a esse objecto e do que diz sobre o seu comportamento em relação ao mesmo, importa saber até que ponto estas intenções são consistentes com a acção realmente praticada [10].

Diversas investigações mostraram que as atitudes, por si só, são fracos preditores do comportamento humano [6], [7], [12], [13] e como referido anteriormente, a predição não é viável numa perspectiva simples e linear porque o comportamento não é apenas determinado pelas atitudes dos indivíduos, mas também pelas normas sociais, pelos hábitos e pelas consequências esperadas com o comportamento [10].

Gross, a partir dos trabalhos de Fishbein e Ajzen realizados na década de 70, destaca dois princípios que permitem estabelecer uma correlação significativa entre as atitudes e o comportamento: o princípio da compatibilidade e o princípio da agregação [12].

O princípio da compatibilidade diz que as atitudes permitem prever o comportamento desde que exista uma correspondência entre ambos. Assim uma atitude geral só é preditiva em relação a um comportamento geral e uma atitude específica só é preditiva em relação a um comportamento específico se forem medidos no mesmo nível de especificidade ou de generalidade os quatro elementos do comportamento: a acção específica, realizada com dado objectivo, num contexto particular e num determinado momento.

O princípio da agregação explica que as atitudes e o comportamento não se relacionam de modo linear (um para um). A fim de prever o comportamento de um indivíduo é necessário considerar a interacção entre a atitude, as crenças e as intenções do comportamento, bem como a ligação entre estes e a acção posterior [12].

Portanto, para garantir a consistência da correlação entre atitude e comportamento, devem ser realizadas múltiplas medições de determinados comportamentos relevantes para uma mesma atitude [12]. Outra faceta interessante desta questão prende-se com a direcção da relação: Será que as atitudes influenciam o comportamento? Ou será a partir de determinado comportamento positivo ou negativo em relação a um objecto que os indivíduos inferem as suas atitudes?

Existem várias teorias e modelos para explicar a consistência da relação entre as atitudes e o comportamento. Fernandes faz referência à Teoria da Acção Racional (Theory of Reasoned Action - TRA), que determina que as normas e as atitudes são preditivas em relação às intenções comportamentais. Considera que as atitudes podem ser preditivas em relação a um dado comportamento se a ligação entre as intenções comportamentais e o comportamento for forte. O modelo preocupa-se com a predição de intenções comportamentais a partir do factor atitudinal e do factor normativo. O modelo desenvolvido por Ajzen que serviu de base à teoria pressupõe que a acção humana é orientada por três factores: crenças sobre as consequências do comportamento, crenças sobre as expectativas dos outros em relação a esse comportamento e crenças sobre factores que podem facilitar ou dificultar a realização do comportamento. Conjuntamente com as atitudes, normas e percepção de controlo, as crenças levam à formação de intenções comportamentais (Ajzen, 2002, citado por [9]).

O conceito de controlo do comportamento pode ser entendido tanto ao nível interno (capacidades e competências do indivíduo para realizar o comportamento) como ao nível dos constrangimentos externos (facilidade e oportunidades para realizar o comportamento).

É de referir o modelo desenvolvido por Fazio entre 1986 e 1990 (citado por [12] e por [8]) que valoriza a acessibilidade das atitudes na memória, sendo que as atitudes fortes podem ser automaticamente activadas. Nesta perspectiva, as ligações comportamento – atitude ocorrem espontaneamente quando a pessoa tem atitudes fortes e altamente acessíveis em relação a determinado objecto [8].

No contexto da nossa investigação importa referir o Modelo de Aceitação da Tecnologia (Techology Acceptance Model – TAM), criado por Davis [14]. Esta teoria prevê dois conceitos fundamentais: a percepção da utilidade (Perceived usefulness – PU) e a percepção da facilidade (Perceived ease of use – PEOU). Estes conceitos são determinantes para a compreensão da integração das TIC, realçando a causalidade entre factores externos e a utilização da tecnologia [14].

III. METODOLOGIA

Este estudo insere-se numa investigação cujo principal objectivo é estudar os efeitos do uso regular das tecnologias nas disciplinas de Biologia e Geologia do ensino secundário nas atitudes, conhecimentos e raciocino dos alunos. Aqui vamos apenas reportar o estudo referente às atitudes.

Utilizou-se o método quantitativo para recolher factos e estudar a relação entre eles, e qualitativo para caracterizar a população, descrever o contexto e compreender as percepções individuais dos alunos.

Como não é possível medir directamente as atitudes procedeu-se à delimitação de indicadores observáveis que sejam adequados para as avaliar [15]. Anderson identifica três grandes categorias para medir as atitudes. A primeira é a mais comum e corresponde aos métodos que permitem fazer inferências a partir de uma série de respostas individuais em relação a determinadas afirmações. A segunda corresponde aos métodos que permitem fazer inferências com base no comportamento revelado pelo indivíduo, sendo portanto necessária a sua observação. A terceira categoria inclui os métodos que possibilitam realizar inferências baseadas nas respostas psicológicas do indivíduo [15].

Entre os procedimentos desenvolvidos pelos investigadores para medir atitudes, os mais comuns são os que se baseiam na recolha de respostas verbais dos participantes em relação a determinados estímulos. Fernandes (citando Jaspars, 1984) afirma que os procedimentos para medir atitudes podem centrar-se predominantemente no sujeito, na resposta ou no estímulo, sendo a escala de Likert uma das mais utilizadas já que é centrada no sujeito. O sujeito deve indicar o quanto está de acordo ou em desacordo em relação a uma mesma afirmação, inscrevendo a sua posição numa escala estandardizada, do tipo concordo totalmente/concordo/ estou indeciso/discordo /discordo totalmente [9] e [12].

O estudo realizado centrou-se na primeira categoria de Anderson [15] que utiliza escalas de medida. Utilizou-se como instrumento de recolha de dados o inquérito por questionário constituído por um conjunto de questões que se consideraram pertinentes para compreender a realidade em estudo.

No estudo realizado com professores, Fernandes [9] expõe diversos instrumentos considerados aceitáveis para medir atitudes em relação às TIC e, em particular, relativamente ao computador e à internet. São de referir as escalas: Computer Attitude Measure (CAM) que permite avaliar a componente cognitiva, afectiva e comportamental das atitudes em relação ao computador [16]; Computer Attitudes Scale for Secondary Students (CASS), que avalia atitudes cognitivas, afectivas e comportamentais e foi desenvolvida por Jones & Clarke em 1994 [9] e a CWAS (Computer and Web Attitude Scale) desenvolvida por Liaw [17] e traduzida para língua portuguesa e aplicada por Jorge e Miranda [18].

Atendendo aos resultados obtidos em estudos realizados em Portugal [18], [9] e [19] optámos por utilizar a escala "Atitude face ao computador e à internet", e a escala "Uso do computador e da internet" desenvolvida por Gil Luzio [19]. Em todos estes estudos obtiveram-se alfas de Cronbach acima dos 0.90, o que demonstra que, quer o questionário de atitudes quer o de uso, são instrumentos com elevada consistência interna.

O estudo iniciou-se em Setembro de 2008, correspondendo cada turma a um dos grupos de estudo: Grupo Experimental (GE) ou Grupo 1, constituído por 26 alunos e pelo Grupo de Controlo Um (GC1) ou Grupo 2, e Grupo de Controlo Dois (GC2) ou Grupo 3, com 26 e 23 alunos respectivamente. Procedeu-se à realização de um pré-teste nos três grupos, com a passagem dos questionários: Q1: Dados demográficos; Q2: Escala Colectiva de Desenvolvimento Lógico (ECDL - Échelle Colletive du Development Logique) desenvolvida a partir do trabalho teórico de Jean Piaget [20] e adaptada para uma amostra representativa de adolescentes portugueses por Helena Marchand [21]; Q3: Atitudes relacionadas com o computador e com a internet; Q4: Uso das TIC.

A caracterização das práticas lectivas das professoras foi realizada através de entrevista semi-estruturada. As disciplinas foram leccionadas no pavilhão da escola onde se localizam as salas de Biologia e Geologia e as salas de informática. Tal facto permitiu o acesso à rede *wireless* da escola.

A professora do grupo experimental e investigadora requisitou duas vezes por semana 8 a 10 computadores portáteis para trabalho em sala de aula com os alunos.

O grupo experimental foi sujeito a uma intervenção pedagógica ao longo da qual se aplicaram estratégias de ensino integradoras das TIC numa perspectiva de 'Ensino Por Pesquisa' [22]; os conteúdos científicos foram apresentados aos alunos com a finalidade de construir conceitos, desenvolver competências, atitudes e valores numa perspectiva global de ciência. Ao aluno coube um papel activo de pesquisa, reflexão crítica sobre maneiras de pensar, de agir e de sentir, na superação de situações problemáticas assente na perspectiva sócio-construtivista utilizando o computador e a internet em 75% das aulas. Os alunos elaboraram diversos trabalhos em suporte informático com comunicação oral ao grupo turma e sujeitos a avaliação de produto e processo. À professora coube o papel de problematizadora dos saberes, organizadora dos processos de partilha, interacção e reflexão crítica, sendo a promotora dos debates e fomentadora da criatividade e do envolvimento dos alunos.

No que se refere à avaliação, todas as professoras aplicaram os critérios aprovados em conselho pedagógico, 65% para testes escritos, 30% para trabalhos práticos e 5% para as atitudes. No item trabalhos práticos a professora do GE introduziu a construção do e-portfolio da disciplina segundo o modelo de Barrett [23] como instrumento de aprendizagem e avaliação.

A disciplina de Biologia e Geologia é leccionada em salas de aulas específicas e no primeiro ano da experiência não

possuíam computadores. Contudo, estavam disponíveis na escola 23 computadores do projecto, lançado pelo ministério da educação: "Iniciativa escolas, professores e computadores portáteis," que podiam ser requisitados.

Nas turmas de controlo as professoras fizeram uma utilização das TIC que classificaram como regular, a saber, no GC2 a professora utilizou apresentações em PowerPoint (Ppt) para explicar a matéria, desenvolveu dois exercícios de inquérito em suporte Ppt – os alunos seguiam os diapositivos e respondiam às questões colocadas, completando o Ppt. Como fonte documental podiam utilizar o manual escolar ou consultar a internet. A mesma professora desenvolveu um blogue, no segundo ano da disciplina, cujo objectivo era disponibilizar materiais e esclarecer dúvidas que os alunos tivessem.

A professora do GC3 utilizou em sala de aula o computador apenas para apresentar aos alunos os conteúdos científicos suportados em apresentações em Ppt realizadas por si ou retiradas da internet. Os alunos não utilizaram em sala de aula o computador ou a internet como estratégia de aprendizagem. A professora, durante o primeiro ano, levava o seu próprio computador ou requisitava um portátil.

No segundo ano todas as salas onde foram leccionadas as aulas das três turmas dispunham de cinco computadores com ligação à internet. Os portáteis continuaram a poder ser requisitados.

A plataforma moodle em funcionamento na escola desde o ano lectivo de 2005-2006 foi utilizada exclusivamente pela professora do GE durante os dois anos em que decorreu a experiência. As três professoras tinham realizado uma formação de 50 horas na utilização das plataformas de aprendizagens nos processos de ensino aprendizagem no final do ano lectivo de 2006-2007.

No final do segundo ano procedeu-se ao pós-teste onde se passaram novamente os questionários correspondentes às escalas de desenvolvimento lógico, de atitudes e de uso das TIC.

IV. Resultados

A. *Dados Demográficos*

As três professoras utilizam regularmente o computador na preparação das suas aulas recorrendo ao Word, ao Power Point e ao Excel. Acedem à internet em casa e na escola para consultar o mail e realizar pesquisa de informação. Todas realizaram pelo menos duas acções de formação em TIC. Manifestaram simpatia e interesse pelas TIC. Para as professoras dos grupos de controlo a utilização das TIC é maioritariamente feita em casa.

Os sujeitos que participaram no estudo frequentavam o 10º e 11º anos do ensino secundário. O Grupo Experimental (GE) ou Grupo 1 era uma turma constituída por 26 alunos sendo nove do sexo masculino e 17 do feminino. O Grupo de Controlo Um (GC1) – correspondeu à segunda turma constituída por 25 alunos sendo 13 do sexo masculino e 12 do feminino. O Grupo de Controlo Dois (GC2), era uma turma constituída por 24 alunos sendo 12 do sexo masculino e 12 do feminino.

Verificou-se que a distribuição do género nos grupos de controlo é equivalente mas que o grupo experimental apresenta uma distribuição desequilibrada com maior número de elementos do género feminino.

As idades dos alunos no início da investigação variavam entre os 14 e os 18 anos, sendo que a sua média era de 15,4 anos, com um desvio padrão de 0,69. Este valor pode ser considerado normal para o 10º ano de escolaridade.

Para caracterizar de modo mais completo a sua relação com as TIC questionámos os alunos sobre há quanto tempo utilizavam o computador e a internet. Os alunos referiram que nenhum estava a utilizar o computador pela primeira vez e todos tinham computador em casa. Apenas um aluno pertencente ao GE (1,3%) não tinha ligação à internet, enquanto os restantes 98,7% a possuíam e somente 3 alunos (4%) estavam a utilizar a internet pela primeira vez nesse ano.

Verificou-se que a maioria dos alunos utilizava o computador há mais de seis anos o que nos sugeriu que, de um modo geral, possuíam um domínio razoável da sua utilização.

Em relação ao número de anos de utilização da internet verificou-se que este também é muito variado mas somente um aluno a utilizava há dez anos (ver gráfico 1).

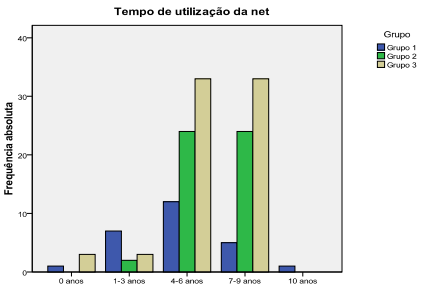


Gráfico 1: Número de anos de utilização da internet pelos alunos

B. *Raciocínio lógico*

A Escala Colectiva de Desenvolvimento Lógico constituída por quatro sub-testes permitiu situar os desempenhos dos alunos nos cinco estádios de desenvolvimento cognitivo segundo Piaget: inferior ao operatório concreto, operatório concreto, intermédio, formal A e formal B. O posicionamento de cada indivíduo em relação ao estádio de desenvolvimento é atribuído através de categorização de acordo com a cotação total da prova, como se mostra na tabela 1.

Tabela I. Estádios de desenvolvimento lógico de acordo com a ECDL

Estádio de Desenvolvimento lógico	***Resultado Global***	***Resultados no Pré-teste***
Inferior ao concreto	Menor ou igual a 2	0%
Op. Concreto	3 – 8	8%
Intermédio	9 – 13	48%
Formal A	14 – 17	40%
Formal B	18 – 20	4%

Relativamente aos dados no pré-teste podemos afirmar que a maioria dos alunos se encontrava no nível de pensamento lógico correspondente ao estádio intermédio e início do pensamento formal, estando um menor número de alunos no formal B e ainda alguns alunos no pensamento concreto.

C. Atitudes

A análise das atitudes dos alunos face às TIC foi efectuada por componente e por grupo, conforme Tabela II.

TABELA II: RESULTADOS NO PRÉ E NO PÓS TESTES DO QUESTIONÁRIO ATITUDES FACE AOS COMPUTADORES E À INTERNET (média por grupos)

COMPONENTES	PRÉ-TESTE			PÓS-TESTE		
	GE	GC1	GC2	GE	GC1	GC2
	MÉDIA	MÉDIA	MÉDIA	MÉDIA	MÉDIA	MÉDIA
COGNITIVA	5,22	5,22	5,11	5,24	5,02	5,29
AFECTIVA	5,17	4,52	4,78	5,05	4,45	4,95
COMPORTAMENTAL	5,15	4,62	4,99	5,10	4,55	5,06
TOTAL	5,18	4,78	4,96	5,13	4,67	5,10

Fizemos também uma análise separada das atitudes dos alunos face ao computador (cf. Tabela III) e face à internet (cf. Tabela IV). Obtivemos no pré-teste, para as atitudes face ao computador, uma média de 5,1 e um desvio padrão de 0,88. No que se refere às atitudes face à internet, verificámos que a média foi de 5,13 sendo o desvio padrão de 0,78 (numa escala de tipo Likert com 6 pontos).

TABELA III. RESULTADOS NO PRÉ E NO PÓS TESTES DO QUESTIONÁRIO ATITUDES FACE AOS COMPUTADORES

(media e desvio-padrão no total dos três grupos no)

COMPONENTES	PRÉ-TESTE		PÓS-TESTE	
	GE+GC1+GC2		GE+GC1+GC2	
	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão
Cognitiva	5,18	0,79	5,24	0,75
Afectiva	5,00	0,93	4,93	0,96
Comportamental	4,91	0,85	4,91	0,82
TOTAL	5,03	0,85	5,02	0,84

Ao ponderarmos as diferenças entre as componentes afectiva, cognitiva e comportamental das atitudes face ao computador no pré-teste verificámos que a componente cognitiva apresentou uma média de 5,18, a média da componente afectiva foi de 5,00, e para a componente comportamental obtivemos um valor de 4,91. Verificámos que os valores médios são muito próximos contudo, a componente cognitiva apresentou os valores mais elevados mas também registou uma maior dispersão de resultados. As outras duas componentes apresentaram uma baixa dispersão de valores.

No pós-teste, a componente cognitiva apresentou uma média de 5,24, a componente afectiva de 4,93 e a componente comportamental um valor médio de 4,91. Verificámos que houve um aumento na média da componente cognitiva acompanhada de um decréscimo na componente afectiva e a manutenção da média na componente comportamental.

Relativamente à atitude face ao computador, o item que registou o valor mais elevado com o nível máximo de concordância foi: "O computador é necessário na minha vida de estudante" (81,3%) e os itens relacionados com a aprendizagem: "Posso melhorar a minha aprendizagem se utilizar mais o computador" (9,3%), "A utilização do computador é útil para aprender melhor" (8%) e "O uso do computador pode aumentar as minhas possibilidades de aprendizagem" (9,3%) obtiveram os valores mais baixos de concordância.

Para as componentes das atitudes em relação à internet verificámos no pré-teste que a média para a componente cognitiva foi de 5,19, para a componente afectiva de 4,95 e para a comportamental o valor obtido foi de 5,18. Já no pós-teste os valores obtidos foram de 5,24 para a componente cognitiva, 4,90 para a componente afectiva e para componente comportamental a média foi de 5,14. Também nas atitudes face à internet se verificou uma ligeira subida no valor da média na componente cognitiva no pós-teste (cf. Tabela IV).

TABELA IV. RESULTADOS NO PRÉ E NO PÓS TESTES DO QUESTIONÁRIO ATITUDES FACE À INTERNET

(media e desvio-padrão no total dos três grupos no)

Componentes	Pré-teste		Pós-teste	
	GE+GC1+GC2		GE+GC1+GC2	
	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão
Cognitiva	5,19	0,80	5,24	0,81
Afectiva	4,95	0,93	4,90	0,92
Comportamental	5,18	0,69	5,14	0,71
TOTAL	5,10	0,80	5,09	0,81

Nas atitudes face à internet, os itens que registaram os valores mais elevados com o nível máximo de concordância (concordo totalmente) foram: "Gosto de trabalhar com a Internet" (70,7%), "A Internet/WWW ajuda-me a encontrar informação" (61,5%) e "A Internet é útil" (54,5%). O valor mais baixo de concordância foi obtido no item: "Gosto de conversar sobre a Internet" (12%). Em contraste com as respostas dadas às questões relacionadas com o computador e a aprendizagem (percentagens inferiores a 10%), o item "A Internet tem potencial como ferramenta de aprendizagem "apresentou o valor mais elevado no nível de concordância – concordo (56%).

D. Uso do computador e da internet

Este questionário é constituído por 19 itens que se inserem na dimensão *Utilização das TIC*. Verificou-se que a média dos itens foi no pré-teste de 4,14 e no pós-teste de 4,24, numa escala de frequência de 5 pontos. O desvio padrão no pré-teste foi de 0,72 e no pós-teste de 0,56. Isto leva-nos a inferir que ocorreu diminuição da variabilidade do pré-teste para o pós-teste.

Da análise dos dados estabeleceram-se as seguintes categorias: Estudar e Aprender; Pesquisar; Aplicações de Programas Informáticos; e Interacção. Estas categorias permitiram compreender o tipo de utilização que os alunos fazem das TIC.

E. Relação Atitudes - Uso

Após a caracterização da amostra bem como o resumo dos dados com recurso à estatística descritiva, passámos ao processo de inferência estatística que nos possibilitou tirar algumas ilações. O pressuposto da normalidade não foi validado para os resultados de um dos grupos pelo teste Shapiro-Wilk (SW(75)Pré=0,96; p=0,05; SW(70)Pós=0,08;

p=0,05) e, por isso, determinámos o coeficiente de correlação de Spearman. As análises foram efectuadas com o Software PASW (SPSS, v. 18.0).

Começámos por verificar o nível de correlação existente entre a utilização que os alunos fazem das TIC e as atitudes reveladas pelos mesmos face ao computador, o qual indiciou no pré-teste uma relação muito positiva e significativa com o coeficiente de Spearman=0,499 e no pós-teste de Spearman=0,422 com uma significância de p = 0,000 em ambos os momentos.

Seguidamente, verificámos o nível de correlação entre o uso das TIC e as atitudes face à internet. O coeficiente de Spearman no pré-teste foi de 0,491 com uma significância de p = 0,000 e no pós-teste foi de 0,396 com p=0,001.

V. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Constatámos que a utilização das TIC em contexto de sala de aula, com os alunos, está sujeita a grandes oscilações, dependendo de factores circunstanciais e em grande parte da própria atitude que os professores têm face às TIC, cujo comportamento é condicionado pela formação que possuem nesta área (que se revela bastante satisfatória na generalidade) e pelas suas atitudes que, apesar de positivas, não têm consequências imediatas no seu comportamento e traduzem-se, frequentemente, numa inércia em relação à possibilidade de inovar ou mudar as suas práticas de sala de aula.

No que se refere aos alunos, cujas atitudes inicialmente muito favoráveis expressas no pré-teste tornam-se mais críticas no pós-teste. Os valores superiores obtidos na componente cognitiva das atitudes terão de ser analisados relacionando-os com o desenvolvimento cognitivo natural do adolescente. Por outro lado, verificou-se que no GE a média das atitudes no pós-teste é inferior à do pré-teste apesar de apresentar valores de concordância superiores aos de discordância. Este grupo teve um contacto muito próximo com as TIC numa perspectiva de construção de conhecimentos e de auto-regulação da aprendizagem. Foi sujeito a avaliação quer a nível dos seus conhecimentos científicos quer das suas competências TIC e apropriou-se de capacidades que lhes permitiram compreender as potencialidades mas também a complexidade de algumas das ferramentas TIC que têm ao seu dispor e portanto aquando da realização do pós-teste responderam de forma mais informada e consciente. Este facto é suportado pelos resultados obtidos por Birch [24] que verificou que indivíduos que fazem uso regular e satisfatório de algumas ferramentas TIC como por exemplo, o e-mail e Word, se consideram especialistas. Contudo, quanto mais desenvolvem o seu conhecimento tecnológico e informático em particular, os indivíduos reconhecem as suas limitações e posicionam-se em níveis de concordância mais baixos, quando respondem a escalas sobre atitudes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] T. Teo, Pre-service teachers' attitudes towards computer use: A Singapore survey. Australasian Journal of Educational Technology, 2008, 24(4), pp. 413-424. http://www.ascilite.org.au/ajet/ajet24/teo.html

[2] N. Yelland. "New times, new learning, new pedagogies: ICT and Education in the 21st Century", N. Yelland, G. Neal and Dakich (eds). Rethinking Education with ICT: New directions for effective practices. Sense Publishers, 2008, pp.1-10.

[3] D. H. Jonassen, "Computadores, Ferramentas Cognitivas – desenvolver o pensamento crítico nas escolas", Porto, Porto Editora, 2000,1996.

[4] GEPE, Estudo de diagnóstico: a modernização tecnológica do sistema de ensino em Portugal, 2007. Ministério da Educação, Lisboa.

[5] J. Keengwe, G. Onchwari, e P. Wachira, The use of computer tools to support meaningful learning. AACE Journal, 2008, 16(1), pp.77-92.

[6] M. A. Hogg, Social processes and human behavior: social psychology. In K. Pawlik, e M. R. Rosenzweig (Eds.), The international handbook of psychology. London: SAGE Publications Inc.,2000, pp. 305-327.

[7] H. Gleitman, A. J. Fridlund, e D. Reisberg, Psicologia (D. Silva, Trad., 6ª ed.) Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2003. (Obra original publicada em 1981)

[8] L. Lima, Atitudes: estrutura e mudança. In J. Vala & M. Monteiro (Coords), Psicologia social, 6ª ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2004,.pp.187-225.

[9] R.M. Fernandes, Atitudes dos professores face às TIC e sua utilização nas práticas educativas ao nível do ensino secundário, 2006. Manuscrito não publicado, Universidade de Lisboa, Lisboa.

[10] H. C. Triandis,. Attitude and attitude change. New York: John Wiley & Sons, Inc., 1971.

[11] N. Schwarz, e G. Bohner,. The construction of attitudes. In A. Tesser & N. Schwarz (Eds.) Intrapersonal processes (Blackwell Handbook of Social Psychology). Oxford, UK: Blackwell G., 2001, pp. 436-457.

[12] R. Gross, Psychology: the science of mind and behaviour (5ª ed.). Dubai: Hodder Arnold, 2005.

[13] R. J. Hill, Attitudes and behavior. In M. Rosenberg, & R. H. Turner (Eds), Social psychology – sociological perspectives New York: Basic Books, Inc., Publishers, 1981, pp. 347-377.

[14] D. Davis, Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology, MIS Quarterly, 13, 1989, pp. 319-340.

[15] L. W. Anderson, Attitude measurement. In J. P. Keeves (Ed.), Educational research, methodology and measurement: an international handbook, Oxford: Pergamon Press, 1988, pp. 421-426.

[16] R. H. Kay, A practical and theoretical and practical foundations for assessing attitudes toward computers: The computer attitude measure (CAM). Computer in Human Behavior, 1993, 19 (4), pp.371-386.

[17] S. Liaw, An Internet survey for perceptions of computers and the World Wide Web: relationship, prediction, and difference. Computers in Human Behavior, 2002, 18, pp.17-35

[18] I. Jorge, e G. Miranda, Adaptação de um questionário sobre atitudes face aos computadores e á Web, 2002. Manuscrito não publicado, Faculdade de Psicologia e de Ciências da Educação da Universidade de Lisboa

[19] A. G. Luzio, Novas tecnologias educativas e ensino da enfermagem: Um estudo sobre opiniões, 2006. Manuscrito não publicado, Faculdade de Psicologia e de Ciências da Educação da Universidade de Lisboa.

[20] R. Balday, e J. Paterne, Réflexions sur un test opératoire: l'ÉCDL. Feuillets Documentaire du SAIO de Rouen, 1979, 127/128, 29-49.

[21] H. Marchand, A escala colectiva de desenvolvimento lógico – 3ª versão experimental. Manuscrito não publicado, 1994.

[22] A.Cachapuz, J. Praia, e M. Jorge,. Perspectivas de ensino das ciências. In A. Cachapuz (Org.). Perspectivas de ensino. Formação de professores – ciências (Textos de Apoio Nº 1). Porto: Centro de Estudos de Educação em Ciência, 2000.

[23] H. Barrett, Using electronic portfolios for formative/classroom based assessment, 2006. [On-line]. Consultado em 8 April 2010 from http://helenbarrett.com/portfolios/ConnectedNewsletter.pdf

[24] A. Birch e V. Irvine, Preseervice teachers'acceptance of ICT integration in the classroom: applying the UTAUT model. Educational Media International, vol. 46, 4, December 2009, pp. 295-315.

Promoção do Sucesso na Introdução de Sistemas de Informação em Saúde

Paulo Teixeira
Patrícia Leite Brandão
Instituto Politécnico do Cávado e do Ave
Barcelos, Portugal
pteixeira@ipca.pt
plbrandao@ipca.pt

Álvaro Rocha
Universidade Fernando Pessoa, GIMED
Porto, Portugal
amrocha@ufp.edu.pt

Resumo—**O elevado número de publicações que descrevem casos de insucesso na introdução de sistemas de informação em saúde torna recomendável a análise dos factores que possam contribuir para esse fracasso. Por outro lado a própria noção de sucesso não é assumida em todas as publicações segundo a mesma perspectiva. Baseados numa revisão da literatura, é defendido que a introdução de sistemas deva ser suportada por uma combinação ecléctica de áreas do conhecimento, privilegiando metodologias que reforcem o papel da cultura organizacional e dos recursos humanos em todo o processo. Por ouro lado defendemos que a introdução de sistemas deve ser orientada por uma matriz de factores definidos previamente e pelos quais possa ser aferido o sucesso.**

Palavras-chave - Introdução de Sistemas; Sistemas de Informação; Saúde; Sucesso.

I. INTRODUÇÃO

O sucesso da Introdução de Sistemas de Informação (ISI) pode ser tão importante como o sistema em si. Por muitas qualidades que tenha um sistema, se não for introduzido com sucesso não poderá atingir a sua finalidade que é potenciar o desempenho da organização. Muito pelo contrário poderá contribuir para a degradação das operações e transformar-se num factor de risco para a área de negócio.

O relato de vários casos de insucesso na introdução de sistemas de informação, na área da saúde [1-4], e o nosso conhecimento pessoal de alguns, leva-nos a procurar identificar alguns factores que devem ser explorados para que se possa promover o sucesso da ISI nesta área. Esta análise irá contribuir para uma investigação mais abrangente onde se pretende desenvolver uma metodologia de gestão da mudança na introdução de sistemas de informação na área da saúde.

A envolvente organizacional actual é extremamente dinâmica, pelo que o desempenho, o sucesso e a própria sobrevivência das organizações estão condicionados à sua capacidade de adaptação, ou melhor ainda de conduzir a mudança. Por outro lado, os sistemas de informação assumem um papel preponderante no suporte aos processos de negócio das organizações. Esta constatação levanta uma série de questões. Será que as organizações respondem com sucesso a este desafio? Até que ponto é que a sua resposta é eficiente? As teorias e os modelos existentes têm revelado ser eficazes para as organizações na Introdução de Sistemas de Informação? Se assim for, podem ser melhorados? Estas são algumas das questões que servem de enquadramento a esta investigação.

O termo "Introdução de Sistemas" aqui utilizado não se limita à entrada em produção dos sistemas mas sim, e num sentido mais lato, envolve todo o desenvolvimento de sistemas de informação com os efeitos tangíveis e intangíveis que podem estar associados à introdução, ou alteração, de um sistema de informação.

Nas próximas secções apresentamos diferentes áreas que enquadram o desenvolvimento dos sistemas, diferentes factores que podem colocar em risco a ISI, realçamos a gestão da mudança na promoção do sucesso dos sistemas de informação, sublinhamos a importância da gestão de recursos humanos neste processo, apontamos alguns referenciais que devem ser considerados para promover o sucesso da ISI, discutimos os critérios que podem ser observados para aferir o sucesso e, por último, enumeramos algumas conclusões.

II. A NATUREZA DO DESENVOLVIMENTO DE SISTEMAS

A literatura está repleta de casos de insucesso na introdução de sistemas de informação na área da saúde [2, 4, 5]. Muito deste insucesso é justificado por um desfasamento no processo de desenvolvimento entre a organização final e a organização para a qual foi desenvolvido o sistema. Este desfasamento assenta essencialmente em questões sociais e humanas às quais não é dedicada a devida atenção [6].

O desenvolvimento de sistemas é maioritariamente tratado como uma questão tecnológica. Contudo a literatura contém outra perspectiva, uma perspectiva segundo a qual os sistemas de informação devem ser essencialmente vistos como sistemas sociais [7, 8]. Esta perspectiva interpretativa tem vindo a aumentar a sua influência na prática. Este trabalho pretende seguir e aprofundar esta perspectiva. Se os sistemas de informação fazem mais do que dar apoio aos utilizadores na tomada de decisões e se os projectos de sistemas são mais do que aplicações do ciclo de desenvolvimento de sistemas descritos nos manuais, então os técnicos necessitam de compreender uma série de outras questões, muitas das quais sociais e organizacionais.

A Figura 1 apresenta um conjunto de áreas, sem pretender ser uma lista exaustiva, que revela que o desenvolvimento de sistemas, mesmo numa situação relativamente estática, é uma área complexa. Por outro lado se considerarmos que a maioria

das organizações opera em ambientes dinâmicos então o grau de complexidade subirá substancialmente.

A maioria das metodologias de desenvolvimento de sistemas de informação foca-se apenas num subconjunto de problemas organizacionais. Stuart Maguire [9] sustenta que deve existir um maior alinhamento entre as tecnologias e a área de negócio das organizações em que estas se pretendem introduzir. Este autor salienta a distinção entre a simples implementação, com uma conotação mais tecnológica, e a introdução do sistema a que atribui um pendor mais social e onde são tidas em consideração todas as mudanças derivadas por este processo na organização. Neste artigo, como já referido, seguiremos esta última perspectiva. Em termos históricos, os produtores de Sistemas de Informação tentaram reduzir a complexidade desta mudança organizacional concentrando-se principalmente nas questões técnicas envolvidas no processo.

Figura 1: Áreas de influência no desenvolvimento de sistemas

O desenvolvimento de sistemas é um processo complexo, um processo onde existem muitas oportunidades para que as coisas corram mal [10, 11]. Para tentar controlar este processo complexo são necessárias metodologias que tragam mais disciplina ao processo de desenvolvimento de sistemas de informação [9].

A utilização de metodologias comummente aceites para o desenvolvimento de sistemas não garantiu o sucesso na implementação de sistemas de informação. Há ainda fraquezas nas metodologias tradicionais e áreas que poderiam ser melhoradas [12, 13].

III. Factores de Risco na Introdução de Sistemas

Muitos sistemas de informação são introduzidos partindo-se do princípio que a sua introdução se traduzirá num sucesso imediato. Este pressuposto leva a que sejam ignoradas medidas de gestão de risco que poderiam minorar as consequências de eventuais falhas. As organizações esperam implementar sistemas com sucesso ao mesmo tempo que desenvolvem a sua actividade de negócio normal. No entanto os novos sistemas não são introduzidos no vácuo, são introduzidos em organizações com determinado grau de complexidade e como tal implicam riscos que devem ser aferidos *a priori* para que se prepare um plano de continuidade do negócio.

A análise do impacto no negócio deve identificar perdas de receita; perdas de clientes; perda de credibilidade do negócio; e a capacidade de recuperação. A organização deve considerar todas as opções que lhe permitam minorar parte do risco da introdução do novo sistema. As organizações devem estar preparadas para absorver os efeitos de uma introdução de sistemas mal sucedida no seu negócio. O planeamento de risco deve envolver a identificação dos factores de risco, a avaliação do impacto no negócio e a preparação de um plano de continuidade para o negócio. No entanto será errado assumir que um risco pode ser controlado só porque pode ser previsto. Alguns autores consideram que o sucesso do processo de introdução do sistema é tão importante como o sistema em si [14, 15].

A introdução de sistemas deve ser suportada em metodologias adequadas a cada situação. Uma menos valia na adopção de metodologias externas para suporte à ISI é que os recursos internos despendem muito tempo na sua formação e plena compreensão, assim como pode não se adequar à cultura organizacional. Alguns autores descrevem a gestão do risco como a capacidade de antecipar aquilo que pode correr mal num projecto [16]. De acordo com estes autores os grandes projectos são mais arriscados do que os de pequena dimensão. Outro factor a ter em consideração na análise do risco é a definição dos requisitos. Um sistema em que os requisitos são fáceis de obter e altamente estruturados será menos arriscado do que um em que os requisitos são confusos, pouco estruturados ou sujeitos a interpretação individual. A maturidade da tecnologia que suporta o projecto pode igualmente condicionar o risco. O desenvolvimento de um sistema assente em tecnologia madura será menos arriscado que um que empregue tecnologia emergente ou não padronizada. O envolvimento dos potenciais utilizadores no processo de desenvolvimento do sistema contribui para a diminuição do risco de insucesso.

A área de negócio e a cultura organizacional específica de cada organização devem também ser objecto de uma análise profunda para que se possam adoptar as medidas e metodologias mais adequadas a essa realidade. A introdução de sistemas na área da saúde tem sido objecto de vários estudos de caso que podem servir de referência em futuras intervenções [17-19].

Ward e Griffiths [20] identificaram seis categorias (Figura 2) abrangentes para enquadrar os possíveis riscos a que um projecto poderia estar sujeito. O nível do impacto causado pelos riscos de cada uma destas categorias dependeria da natureza do sistema a ser desenvolvido / implementado.

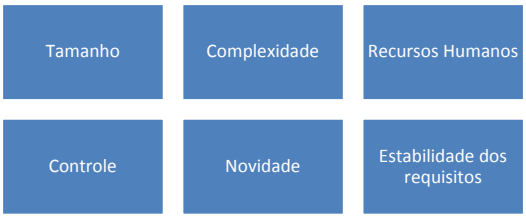


Figura 2: Categorias de risco (adaptado de [20])

Vários investigadores consideram serem necessárias abordagens mais inovadoras para a implementação de Sistemas de Informação na área da saúde. Podemos encontrar vários exemplos de insucesso na introdução de novos sistemas mas muito poucos destes são sujeitos a análises minuciosas para perceber o que realmente correu mal. Os poucos que são sujeitos a auditorias pós implementação são analisados de um ponto de vista meramente tecnológico quando os grandes problemas são essencialmente organizacionais e políticos [19]. Muitos dos problemas surgem devido a insuficiências na modelação do novo sistema, do conflito cultural entre departamentos e na interacção das equipas de projecto internas ou externas.

A introdução de sistemas de informação tem por base uma análise de requisitos que é posteriormente traduzida num acordo entre o cliente e a entidade fornecedora dos sistemas. Porém, esses requisitos ficam normalmente cristalizados no tempo enquanto o ambiente e as necessidades da organização cliente evoluem. A premissa inicial de um projecto de sistemas de informação deveria ser que irão surgir alterações [21]. Desta forma as metodologias deveriam fornecer a flexibilidade necessária para acomodar eventuais alterações. Uma certeza do desenvolvimento de sistemas é que serão necessárias alterações. Se essas alterações se limitarão a uma linha de código ou a uma remodelação completa do sistema é apenas uma questão de escala.

A contemplação destas perspectivas na introdução de sistemas de informação poderá contribuir para melhorar o seu processo. Contudo o mais provável é que continue a ser uma ciência inexacta.

IV. GESTÃO DA MUDANÇA

O Pensamento sobre a gestão da mudança na introdução de tecnologias tem por base as abordagens planeadas [22] no seguimento dos trabalhos de Kurt Lewin [23]. No entanto a prática assume um carácter mais reactivo do que aquele que estava inicialmente planeado. Este carácter reactivo assume um papel preponderante nas designadas metodologias emergentes de gestão da mudança [24]. Por norma apesar de a mudança ser planeada com diferentes etapas, ela acaba por ser afectada pela dinâmica organizacional, quer interna quer externa. A incerteza e as regras organizacionais em constante mutação acabam por condicionar o plano de mudança delineado e implicar ajustes substanciais que potenciam a discrepância entre o plano previsto e a operacionalização da mudança.

Uma importante influência na eficácia de um processo de mudança é o relacionamento interdependente entre três dimensões [25]: A tecnologia, o contexto organizacional (cultura, estrutura, papéis e responsabilidades), e o modelo de mudança adoptado. Idealmente a interacção entre estas três dimensões deve ser compatível, ou pelo menos não contraditório.

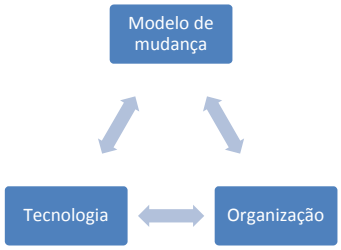


Figura 3: Alinhamento entre o Modelo de Mudança, a Tecnologia e a Organização

Consideremos a relação entre o modelo de mudança e a tecnologia a ser adoptada. Se a tecnologia for fechada e não permitir qualquer adaptação por parte dos utilizadores, nesse caso o modelo de mudança a adoptar tenderá a ser relativamente rígido e tradicional. Da mesma forma se a tecnologia for bem dominada e os seus impactos bem conhecidos, será adequada uma implementação tradicional planeada da mudança. Contudo, se a tecnologia for recente e na qual não haja grande experiência, ou se for aberta e adaptável aos utilizadores já será recomendado um modelo com maior capacidade de improvisação e adaptação que forneça a flexibilidade necessária à organização para se adaptar e aprender com a sua adopção.

A relação entre o modelo de mudança e o contexto organizacional é igualmente relevante. Um modelo de mudança flexível será provavelmente desadequado em organizações cuja estrutura organizacional é demasiado rígida e/ou burocrática. Mas será eventualmente mais ajustado a organizações com um carácter mais informal ou com uma cultura mais cooperativa.

Por último, a relação entre a tecnologia e o contexto organizacional. A adopção de uma tecnologia deve servir e adequar-se ao modelo e estrutura organizacional para poder potenciar o sucesso da organização. Deve por isso existir um forte alinhamento na relação entre a tecnologia a adoptar e a estrutura organizacional, para que a tecnologia não seja um entrave aos processos organizacionais e para que a organização tire pleno proveito da tecnologia que pretende adoptar.

Apesar dos avanços verificados na Engenharia de Software e na Gestão de Projectos nas últimas décadas, a resistência à mudança continua a ser apontada como uma das principais causas de insucesso de projectos de sistemas de informação [26]. A resistência à mudança é uma característica natural dos recursos humanos em qualquer ambiente organizacional. É por isso necessário que qualquer processo de mudança seja suportado por boas práticas, que permitam melhorar o índice de sucesso destes projectos.

V. O PAPEL DA GESTÃO DE RECURSOS HUMANOS

O desenvolvimento de sistemas de informação foi por várias décadas percepcionado como uma disciplina de carácter tecnológico. Os profissionais de sistemas de informação levavam a cabo o desenvolvimento de sistemas, com alguma ajuda por parte dos utilizadores, suportados em metodologias de gestão de projectos e em outras ferramentas técnicas. O elevado grau de insucesso no desenvolvimento de alguns sistemas veio a colocar em causa a focalização tecnológica da disciplina [8, 27].

O impacto dos sistemas de informação é cada vez mais alargado dentro e fora das fronteiras da organização. É por isso importante que os responsáveis pela introdução de sistemas detenham competências de comunicação e de liderança a par das competências de gestão para facilitar estes processos [7].

De acordo com Maguire [27], apesar de existir uma vasta literatura sobre Gestão de Recursos Humanos e sobre Sistemas de Informação, raramente se encontram investigações que integrem ambas as áreas.

A introdução de sistemas tem impacto directo nas responsabilidades individuais e na organização dos processos de negócio. Deve por isso, ser precedida por uma avaliação das necessidades de formação, e de um plano de formação que permita minorar o impacto dessa transição. A execução desse plano de formação, e a subsequente entrada do novo sistema, deve ser acompanhada e monitorizada para assegurar a necessária flexibilidade que permita comtemplar eventuais alterações imprevistas.

Os sistemas de informação assumem um papel preponderante nas organizações para as auxiliar na persecução dos seus objectivos. Por este motivo os sistemas devem estar integrados na cultura organizacional ao mesmo tempo que suportam os processos de negócio [13, 28, 29]. Se assim não for a organização pode deparar-se com um sucesso tecnológico a par de um falhanço organizacional.

O desenvolvimento e a introdução de sistemas está normalmente dependente de diferentes grupos, desde utilizadores, gestores, comerciais, técnicos da área de sistemas de informação e equipas de projecto, todos a trabalhar em conjunto para um objectivo comum. Historicamente muitos dos factores de insucesso na introdução de sistemas são atribuídos a questões relacionadas com a alocação de recursos humanos [30, 31] ou com a coordenação de diferentes grupos dentro da organização [4, 5]. Em nossa opinião esta é uma área que muito beneficiaria do aprofundamento das competências em gestão de recursos humanos [32].

VI. REFERENCIAIS A TER EM CONSIDERAÇÃO

Independentemente das opções que façam é esperado que as organizações encontrem melhores formas de responder aos desafios de mudança colocados pela evolução das tecnologias de informação, pela globalização ou pelo aumento da exigência dos seus clientes [33].

Temos ainda muito a apreender com as práticas e com os hábitos da introdução de sistemas nas organizações, com tudo o que têm de bom que, se possível, merece ser optimizado, e com tudo o que têm de menos bom, e precisa ser minorado [34].

A bibliografia está repleta de referenciais de boas práticas associadas à gestão de serviços tecnológicos [35-38]. Estes referenciais incluem desde ferramentas públicas e normas a conhecimento propriedade de organizações ou indivíduos (Figura 4).

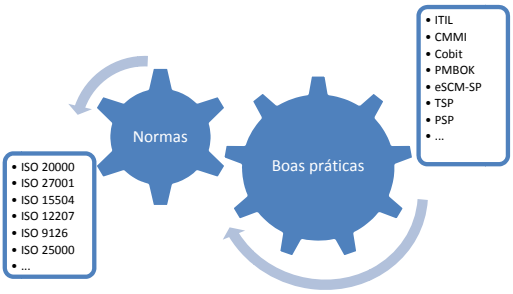


Figura 4: Referenciais de boas práticas associadas à gestão de serviços tecnológicos

As boas práticas são aquelas que tendo sucesso na indústria são depois formalizadas. No entanto não devem considerar-se um domínio estanque, este é um domínio que diariamente é enriquecido com novos casos de estudo e relatos de sucesso ou de insucesso. Um dos problemas que a literatura sugere relativamente ao uso de referenciais metodológicos, é que apesar de estes, por vezes, se completarem ou complementarem entre si, a sua aplicação é normalmente feita de forma isolada perdendo o potencial da sua complementaridade [8].

O ambiente hospitalar é um bom exemplo do que se espera conseguir em termos de gestão de diferentes equipas e de diferentes competências na prossecução de objectivos comuns. Apesar de parecer um ambiente rigorosamente controlado, é um ambiente onde o conhecimento muda constantemente, onde a imprevisibilidade abunda e onde as consequências do erro podem ser fatais.

VII. AVALIAÇÃO DO SUCESSO

A avaliação do sucesso é normalmente um assunto cuja definição pode ser complexa e sujeita a alguma controvérsia. A área da saúde, e em particular a avaliação dos sistemas e das tecnologias em saúde, segue esta regra genérica [39]. É sabido que as boas práticas no desenvolvimento, na gestão e na implementação de um sistema, normalmente potenciam o sucesso da sua introdução. No entanto, para que esse sucesso possa ser aferido importa identificar à priori os factores pelo quais será medido. As abordagens tradicionais associadas à gestão de projectos baseavam a sua medição no tempo, no custo e na quantidade, factores facilmente mensuráveis.

Dada a natureza conceptual de sucesso no âmbito dos sistemas de informação, os factores pelos quais é aferido não são consensuais e dependem de caso para caso. Isto porque estes factores são normalmente de natureza estratégica ou resultado dos métodos de implementação adoptados [40]. Um ponto que deve ser realçado é o facto de a introdução de sistemas só se traduzir numa mais-valia se implicar uma

mudança na natureza do trabalho ou no comportamento das pessoas de uma organização.

As ciências comportamentais têm vindo a acrescer valor à noção de sucesso, e aos factores que o podem promover no âmbito da introdução de sistemas [8]. Os critérios pelos quais o sucesso pode ser aferido divergem de acordo com várias perspectivas pelas quais podem ser analisados. Em 1992 o modelo de DeLone e McLean, posteriormente actualizado em 2003 [41], veio contribuir para uma primeira sistematização das categorias de medidas pelas quais se poderia avaliar o sucesso de um sistema de informação. Porém esta abordagem não incluía a noção de que diferentes *stakeholders* podem legitimamente ter diferentes medidas, e percepções, acerca do sucesso de um mesmo sistema. Esta última noção foi incluída por Seldon [42] numa apreciação ao modelo de Delone.

A área da saúde é uma área onde coexistem diferentes grupos profissionais, muito bem delimitados, e cujas percepções sobre a avaliação do sucesso dos sistemas de informação pode variar substancialmente [43] em função dos parâmetros de avaliação próprios de cada grupo.

Além dos modelos e ferramentas genéricas de avaliação do sucesso de sistemas de informação, as publicações disponíveis apresentam também propostas de ferramentas e modelos próprios para a área da saúde [40, 44-47]. Cada uma destas propostas assenta em diferentes parâmetros de avaliação. Estes parâmetros divididos em categorias e subcategorias apesar de por vezes tentarem retratar o mesmo problema acabam por acrescentar uma outra perspectiva à avaliação. A perspectiva metodológica cujos resultados podem também diferir para uma mesma avaliação.

A diversidade de perspectivas sobre o sucesso na introdução de sistemas em saúde leva alguns autores a defenderem que esse sucesso é uma questão de definição [47]. Uma definição cujos critérios devem ser definidos à partida e devem ter por base um modelo multidimensional.

VIII. Conclusões

Não há garantias de sucesso na ISI, no entanto, existem metodologias e ferramentas que nos permitem aumentar a sua probabilidade.

A visão tradicional, mais tecnológica, associada ao desenvolvimento de sistemas já não se adequa às organizações actuais. A complexidade, o dinamismo e a incerteza característicos das organizações de saúde requerem que a introdução de sistemas seja conduzida com atenção a outros factores que não os tecnológicos. As metodologias utilizadas para o desenvolvimento de sistemas precisam ser potenciadas com uma maior sinergia entre as capacidades internas, o relacionamento externo, a cultura organizacional e com os recursos humanos. Apesar de o desenvolvimento de sistemas poder ser maioritariamente conduzido sem grande intervenção dos utilizadores finais, já a sua introdução só poderá ser bem-sucedida se aqueles que irão beneficiar do sistema tiverem uma participação significativa.

A gestão do risco na introdução de sistemas é um factor crítico para o seu sucesso. A identificação dos possíveis riscos é essencial, e as metodologias adoptadas para a introdução de sistemas devem incorporar a flexibilidade necessária à gestão de todas essas variáveis, ou seja a uma gestão da mudança com sucesso.

A gestão da mudança deve promover o alinhamento entre o modelo de mudança, a tecnologia e a organização. Neste alinhamento os recursos humanos desempenham um papel essencial como o principal elo entre os três factores. A gestão de serviços tecnológicos conta com uma grande diversidade de referenciais metodológicos. Referenciais esses onde os gestores devem suportar as suas práticas para assegurarem o sucesso da introdução de sistemas.

O sucesso é um objectivo a alcançar, no entanto a sua definição não é consensual. Consideramos que a introdução de sistemas deve assentar numa matriz de factores definidos previamente e pelos quais possa ser aferido o sucesso. Desta forma todo o processo de gestão da mudança na introdução de sistemas deve ser orientado à satisfação desses factores.

As organizações necessitam de integrar orientações de várias fontes e áreas do conhecimento para poderem minorar o risco associado à ISI. Podemos por isso concluir que a ISI deve ser suportada por uma combinação ecléctica de áreas do conhecimento e não apenas por uma visão tecnológica do problema.

Ao longo do desenvolvimento de sistemas existe uma série de circunstâncias que podem condicionar o seu futuro sucesso. Dificilmente se poderá criar uma *checklist* universal que contemple todos os factores de sucesso ao longo do ciclo de vida dos sistemas de informação dada a diversidade de alternativas existentes. No entanto, a introdução de sistemas parece-nos ser o ponto mais crítico de todo o ciclo de desenvolvimento, e será a esta fase que continuaremos a dedicar a nossa investigação, com o objectivo de propormos uma metodologia de gestão da mudança na introdução de sistemas de informação em saúde.

References

[1] E. Balka, "Getting the big picture: the macro-politics of information system development (and failure) in a Canadian hospital," Methods of information in medicine, vol. 42, pp. 324-30, 2003.

[2] R. Heeks, "Health information systems: Failure, success and improvisation," International Journal of Medical Informatics, vol. 75, pp. 125-137, 2006.

[3] J. S. Ash, et al., "Some unintended consequences of information technology in health care: the nature of patient care information system-related errors," Journal of the American Medical Informatics Association, vol. 11, pp. 104-112, 2004.

[4] D. Avison and T. Young, "Time to rethink health care and ICT?," Communications of the ACM, vol. 50, pp. 69-74, 2007.

[5] K. J. Day, "Supporting the emergence of a shared services organisation: Managing change in complex health ICT projects," Doctoral PhD, University of Auckland, Auckland, 2007.

[6] C. Brooke and S. Maguire, "Systems Development: A Restrictive Practice?," INTERNATIONAL JOURNAL OF INFORMATION MANAGEMENT, vol. 18, pp. 165-180, 1998.

[7] T. Ryan, Driving Technical Change - Why People On Your Team Don't Act On Good Ideas, and How to Convince Them They Should: O'Reilly, 2010.

[8] K. Rita, "Grounding a new information technology implementation framework in behavioral science: a systematic analysis of the literature on IT use," Journal of Biomedical Informatics, vol. 36, p. 218, 2003.

[9] S. Maguire, "Towards a “business-led” approach to information systems development," Information Management & Computer Security, vol. 8, pp. 230-238, 2000.

[10] A. Agrawal, "A General Framework to Measure Organizational Risk during Information Systems Evolution and its Customization," Journal of Research and Practice in Information Technology, vol. 42, pp. 37-60, 2010.

[11] K. T. Yeo, "Critical failure factors in information system projects," International Journal of Project Management, vol. 20, pp. 241-246, 2002.

[12] L. Koh and S. Maguire, Information and communication technologies management in turbulent business environments. Hershey, PA: Information Science Reference, 2009.

[13] K. C. Laudon and J. P. Laudon, Management information systems: managing the digital firm, 11th ed. Upper Saddle River, NJ: Pearson/Prentice Hall, 2010.

[14] T. H. Kwon and R. W. Zmud, "Unifying the fragmented models of information systems implementation," in Critical issues in information systems research, I. John Wiley & Sons, Ed., ed New York, NY, USA, 1987

[15] B. J. Kolltveit, et al., "IS projects and implementation," Baltic Journal of Management, vol. 2, pp. 235 - 250, 2007.

[16] J. A. Hoffer, et al., Modern systems analysis and design, 4th ed. Upper Saddle River, NJ: Pearson Prentice Hall, 2004.

[17] J. S. Ash, et al., "Ambulatory Computerized Physician Order Entry Implementation," in AMIA Annual Symposium, 2005, pp. 11-15.

[18] S. Phansalkar, et al., "Clinicians' perceptions about use of computerized protocols: A multicenter study," International Journal of Medical Informatics, vol. 77, pp. 184-193, 2008.

[19] T. Waring and D. Wainwright, "Enhancing clinical and management discourse in ICT implementation," Journal of Management in Medicine, vol. 16, pp. 133-149, 2002.

[20] J. Ward and J. Peppard, Strategic planning for information systems, 3rd ed. Chichester, West Sussex, England ; New York: J. Wiley, 2002.

[21] S. Maguire, "Reconciling the system requirements process in changing business environments," Information Management & Computer Security, vol. 12, pp. 362-372, 2004.

[22] P. Teixeira and Á. Rocha, "Enquadramento da Gestão da Mudança em Sistemas de Informação de Unidades de Saúde," RISTI (Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação), pp. 85-95, 2009.

[23] K. Lewin, Field theory in social science: selected theoretical papers, 1st ed. New York,: Harper & Brothers, 1951.

[24] E. Cameron and M. Green, Making Sense of Change Management: A Complete Guide to the Models, Tools & Techniques of Organizational Change: Kogan Page, 2004.

[25] W. J. Orlikowski and J. D. Hofman, "An Improvisational Model for Change Management: The Case of Groupware Technologies," MIT Sloan Management Review, vol. 38, pp. 11-22, January 15 1997.

[26] J. A. Calvo-Manzano, et al., "Methodology for process improvement through basic components and focusing on the resistance to change," Journal of Software Maintenance and Evolution: Research and Practice, pp. n/a-n/a, 2010.

[27] S. Maguire, "The role of human resource management in information systems development," MANAGEMENT DECISION, vol. 45, pp. 252-264, 2007.

[28] S. Wang, et al., "Linking Organizational Culture and Hospital Information Systems Implementation," in Research and Practical Issues of Enterprise Information Systems II Volume 1. vol. 254, L. Xu, et al., Eds., ed: Springer Boston, 2008, pp. 617-626.

[29] J. N. Luftman, et al., "Transforming the enterprise: The alignment of business and information technology strategies," Ibm Systems Journal, vol. 32, pp. 198-221, 1993.

[30] C. C. Chen, et al., "Managing ERP Implementation Failure: A Project Management Perspective," Engineering Management, IEEE Transactions on, vol. 56, pp. 157-170, 2009.

[31] T. K. Abdelhamid and S. E. Madnick, "The elusive silver lining: how we fail to learn from software development failures," Sloan Management Review, vol. 32, pp. 39-48, 1990.

[32] L. Crawford and A. H. Nahmias, "Competencies for managing change," International Journal of Project Management, vol. 28, pp. 405-412, 2010.

[33] R. R. Sims, Changing the way we manage change. Westport, Conn.: Quorum Books, 2002.

[34] P. Teixeira, "Metodologias de Gestão da Mudança de Sistemas de Informação em Unidades de Saúde," in CISTI 2009 - Simpósio Doutoral da Conferência Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação, Póvoa de Varzim, Portugal, 2009.

[35] A. Cartlidge, et al., An Introductory Overview of ITIL V3: The UK Chapter of the itSMF, 2007.

[36] I. Menken, et al., ITIL V3 MALC - Managing Across the Lifecycle of IT Services Best Practices Study and Implementation Guide: Emereo Pty Ltd, 2009.

[37] W. Van Grembergen, Enterprise governance of information technology: achieving strategic alignment and value. New York: Springer, 2009.

[38] C. Ward, et al., "Integrated change and configuration management," Ibm Systems Journal, vol. 46, pp. 459-478, Jul-Sep 2007.

[39] E. Ammenwerth, et al., "Evaluation of health information systems - problems and challenges," International Journal of Medical Informatics, vol. 71, pp. 125-135, 2003.

[40] U. Ojiako and D. Greenwood, "Information Systems and Technology Service Introduction Success Criteria," in Management of Engineering and Technology, Portland, Oregon - USA, 2007, pp. 2154-2157.

[41] W. H. Delone and E. R. McLean, "The DeLone and McLean Model of Information Systems Success: A Ten-Year Update," Journal of Management Information Systems, vol. 19, pp. 9-30, 2003.

[42] P. B. Seddon, et al., "Dimensions of information systems success," vol. 2, p. 5, 1999.

[43] N. A. D. Connell and T. P. Young, "Evaluating healthcare information systems through an "enterprise" perspective," Information & Management, vol. 44, pp. 433-440, 2007.

[44] M. M. Yusof, et al., "An evaluation framework for Health Information Systems: human, organization and technology-fit factors (HOT-fit)," International Journal of Medical Informatics, vol. 77, pp. 386-398, 2008.

[45] A. Kushniruk, "Evaluation in the design of health information systems: application of approaches emerging from usability engineering," Computers in Biology and Medicine, vol. 32, pp. 141-149, 2002.

[46] U. Topacan, et al., "Exploring the success factors of health information service adoption," in Management of Engineering & Technology, 2008. PICMET 2008. Portland International Conference on, 2008, pp. 2453-2461.

[47] J. Talmon, et al., "STARE-HI--Statement on reporting of evaluation studies in Health Informatics," International Journal of Medical Informatics, vol. 78, pp. 1-9, 2009.

@Sensor - Mobile Application to Monitor a WSN

Nuno Moreira[1] Marco Venda[1] Catarina Silva[1] Luis Marcelino[1,2] António Pereira[1,2]

[1]Computer Science and Communication Research Centre (CIIC)
School of Technology and Management, Polytechnic Institute of Leiria
Leiria Portugal
[2]*INOV INESC INOVAÇÃO*
Leiria, Portugal
{2101311, 2100038}@my.ipleiria.pt {catarina, luis.marcelino, apereira}@ipleiria.pt

***Abstract*—Due to the growth of potential of Wireless Sensor Networks (WSN), now becomes possible to use this technology in various new generation services such as monitor environment characteristics like temperature, humidity, among others. WSNs are emerging as a new paradigm, gathering information in a collaborative way, where independent sensor nodes collect and share information. In the last few years ubiquitous computing popularity has grown considerably, ambient intelligence and home automation systems are having a good public acceptance. In this context, we developed a mobile application to remotely monitor one WSN, installed at a customer's home. The application's main goal is to interact with a WSN, allowing a user to consult sensor states and receive sensor alerts. Sensor alerts will be received, in case a sensor's threshold value, exceeds the limit. Therefore the user will be notified whenever there are changes in the WSN. Apart the WSN, a base station is also needed for keeping the state of the WSN, store sensor's information and enable communication between the WSN and the developed mobile application via Web Services. This way and having a network connection, the user can check the state of any WSN component, anytime, anywhere. The Android platform was chosen to implement our application, since it is having a great acceptance and continued growth in the mobile market.**

***Index Terms*—Mobile, WSN, Monitor, Android**

I. Introduction

Wireless Sensor Networks (WSN) are emerging as a new paradigm, consisting in the collection of information in a collaborative manner, where independent sensor nodes collect and share information. There are many next generation services that use this technology, since this type of networks has broad applicability. Recently, the quick and increasing development of low power wireless communication devices and microprocessors, in conjunction with the significant progress in the protocols for Ad-Hoc networks and pervasive computing, permitting the application of WSN in various areas, from industrial to home automation [1] [2]. Often, WSNs monitor a particular environmental value, such as the temperature of a given area, or the movement of a given object. We can use these sensors to constantly monitor certain events, and if some predefined value is reached, an alert is generated. The control of generated events is recorded in a control station that interacts with the WSN. The control of the network has to be done locally on the control station where the data is aggregated. In order to allow the remote interaction with the WSN as well as the reception of generated alerts, we developed both, a mobile and a server application, enabling the interaction to the WSN.

With the continuous growth of the mobile market, in the future, Internet access will be accomplished mainly through mobile devices [3]. Android platform is growing fast and many developers are adopting this platform. In addition, users are also very receptive, making Android an ideal market for our application development.

Throughout this paper we will present the proposed solution and describe the main decisions evolving the project's development. In Section II we cover the related work, followed by the high level architecture of the proposed solution in Section III. The IV Section discusses the implementation of the application and its features, followed by Section V were we present the performed tests. In Section VI we present our conclusion and finally on Section VI we propose some future work.

II. Related Work

To the best of our knowledge, there are no mobile applications with the functionality offered by our proposed solution. Much of the research is still focused on the implementation of the WSN and not in the interaction with such networks via mobile devices. During our research we found only one mobile application related to WSNs, based on a three-dimensional representation of the area covered by the WSN. The main goal of vsiogap3d project is to (and we quote) *"develop an application that presents a three-dimensional model of a building. It should also connect to the data repository and download building sensor information such as temperature and lighting conditions in individual rooms"* [4]. Thus, the proposed approach turns out to be a pioneer in the remote interaction with the WSN via a mobile device.

III. Proposal Approach

We developed a mobile application that allows users to query the state of a WSN anytime, anywhere. To this end, there is a need to link some essential components, such as a WSN and a proper interaction application, an Internet connection, a Control Station with the proper Web Services, a relational Data Base and finally a mobile device. This section presents the general architecture of the proposed solution, showing the relationship between the various components, as we can see in figure 1.

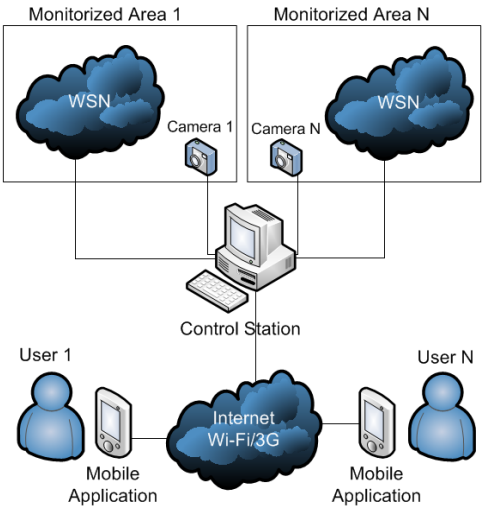


Figure 1 - Proposed Architecture

The proposed architecture consists in several elements that communicate with each other, gathering information about all sensor nodes, in order to be able to remotely monitor and control a WSN. Sensor nodes can be installed in several monitoring areas, which may or may not contain digital cameras. Digital cameras have the functionality of capturing an area's photo, being activated in the moment an alert occurs. This way, beyond having an alert message, users can also receive a related image to verify the reason of the alert's occurrence when requested. On the other hand, with our application, users can request a real time image of any camera installed, to visual monitor any area [5].

Upon detection of an event by a sensor node (when a certain monitored value exceeds a predefined threshold), it will inform the control station of the occurrence. In turn, the control station will register the event and request (when installed) the corresponding area's digital camera to take a snapshot. After this, the control station will browse the list of users associated with the sensor node that detected the event and will provide users with the event's data, via SMS and/or email. In case of an email reception, the user will receive the event's snapshot automatically.

The control station is aware of all monitored areas, sensors and cameras belonging to each area. When installing/configuring a WSN it is necessary to configure the exact location for each sensor and camera in every area. This information is very important for the mobile application, allowing it to draw each sensor node in a virtual plant, according with the given location. Thus, the user can access any sensor through the plant, being easier to identify each sensor. Despite the registration of all WSN components in the control station, it is also necessary to configure the accounts of users with access to the WSN. In addition to the authentication data, the phone number and E-Mail of each user has to be added. This way, the control station will gather all the necessary information about users, to allow the communication to be set. In each request, the user must be identified to access information from the network.

As shown in figure 1, the mobile application uses the Internet to communicate with the control station. An Internet connection is essential for a successful operation, since it aims to allow users to have a remote access to a server. This connection can be made through 3G or Wi-Fi, allowing the user to communicate with the control station anywhere. In turn, the control station will communicate with the WSN/Cameras and forward the requested information to the mobile application. Once the traffic volume is not high, the use of a low-speed 3G connection is possible without significantly degrading the quality of experience of the application.

Since the application is dependent on Web Services communications to perform most of its functionalities (e.g. consul a specific sensor value), a poor connection to the server can occasionally result in a bottleneck to the application's performance. Thus, the application is mostly dependent on the network´s speed and the server's performance returning all the requested information, resulting in a key component for a smooth operation.

The mobile application does not have the same capabilities when in online and offline modes. In offline mode, the user is able to receive new alerts and to consult the local registered alerts; see the images previously download to the local storage. On the other hand, besides having the offline mode abilities, in the online mode the user is able to consult sensor values, areas, floors and cameras; take image snapshots; synchronize alert database.

When running the mobile application, the battery lifetime is dependent on many circumstances, like the number of alerts received, the number of consults that the user performs, the need to read and write information on local database and the number of image downloads. Since the most of these actions depend on a network connection (Wi-Fi/3G) usually battery-intensive, a high usage of the application can greatly reduce the mobile's battery life time.

In the next section we present the prototype developed to demonstrate the operation of the proposed concept.

IV. Implementation

This section presents the choices made to implement the desired solution. In order to simplify the presentation of the whole solution, the components will be presented separately.

A. WSN

In order to implement the proposed solution a WSN is required. To this end, we used a prototype currently being developed at CIIC – Computer Science and Communication Research Center[1]. The WSN is based on the TinyOS operating system and uses the sensor nodes iMote2. The application layer used to interact with the WSN was developed by the elements within the research project where the development of WSN is included. We developed the Web Services and Database functionalities.

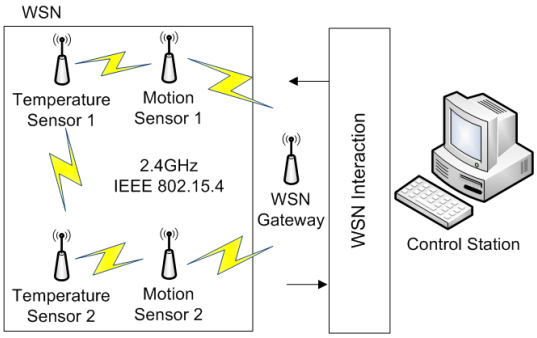


Figure 2 - Wireless Sensor Network Component

After the proper integration, the control station can interact with the WSN, recording the events occurred, being capable to respond to mobile application's requests. On
Figure 2 we can see the WSN component.

B. Control Station

As mentioned earlier, the control station is a very important component in the proposed solution, representing an interface between the mobile application and the WSN. In this sub-section we present the components related to the development of our application (Web Services and Database) shown in figure 3, the representation of the components used on control station.

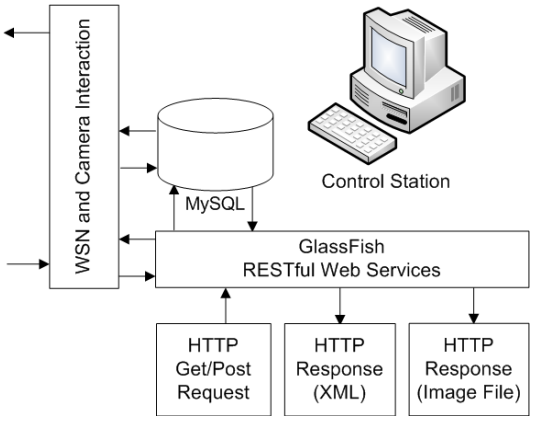


Figure 3 - Control Station Component

Initially, the mobile application sends a request to the control station and in response; the control station sends back a XML or Image file containing the requested information. All communications between the control station and mobile devices are done via Web Services. Resorting to this type of technology, the solution's growth is guaranteed, especially for the use of new content types. The use of other platforms is also possible without the need to restructure the applications architecture.

After studying the possible web service solutions, SOAP and RESTful, the choice fell on RESTful as it presents a lesser burden on communication and requires no additional toolkits on the Android platform, being based on the most common communication architecture of the Internet (HTTP). We used the Glassfish application server to host the required web services. Since all the code of control station is based on Java language, Glassfish seems to be the most appropriated choice, since it is free and has good support for RESTful web services. The use of such language allows portability across multiple platforms, making the control station adaptive to various development environments. Regarding the database used, the choice fell on the MySQL Relational Database Management System (RDMS). As Glassfish, MySQL is free and has the ability to run on multiple platforms.

C. Mobile Application

The developed application allows users to consult sensors and cameras, being also possible to analyze the registered alerts. The application is divided in many sub-sections to grant a good data presentation. This way, is possible to consult sensors by a house plan, by floor or by type. The house plan option, will lead to a 2D image that represents a visual area distribution, where the related sensors will be shown. This way, interacting directly with the plan, users can access any sensor. When consulting sensors, the user will be informed about their name, current value and threshold, being also informed about the sensor's location. When consulting the registered alerts, user will be able to

[1] Computer Science and Communication Research Center, Polytechnic Institute of Leiria. [Online]. HYPERLINK "http://ciic.ipleiria.pt/"

filter the consult by area, sensor, all alerts or consult just the alerts from the sensors that are being monitored by the user. Users will be informed about the alert's value, its threshold and date, and it will be presented some additional information about the sensor that triggered the alert.

To receive alerts via SMS and/or Email, users must initially select the sensors they wish to monitor. When selecting the desired sensors, users can customize alerts reception, by defining two different values, the user's personal threshold (minimum value for each sensor to be reached, so that the user should be notified) and the number of occurrences in a time range to be notified (e.g. only be notified if 3 alerts occur in 120 minutes). Therefore, users will receive alerts according to the different settings previously conducted. After defining these values, users can change them any time. When these values are not defined, the application will assume the default values.

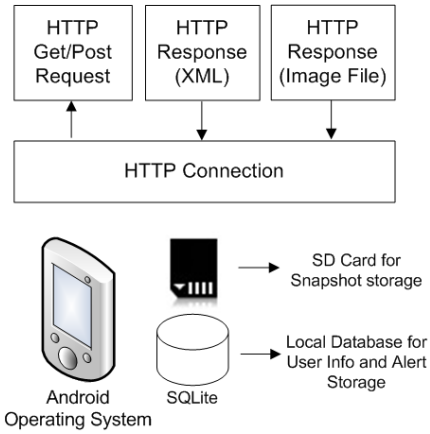


Figure 4 - Mobile Application Component

As shown in Figure 4, we used a SQLite database on the mobile device. This database is used to store the user's authentication information and the alerts from the sensors to which the user is associated. When connected to the control station, the user can synchronize the alerts from the local database with remote database, allowing the consult of alerts in offline mode.

As noted above, the mobile application allows the user to capture an image through the cameras installed in various areas of monitoring. To this end, the user can choose the desired camera that will perform the capture and the resulted image will be downloaded to the mobile device immediately. Besides capturing snapshots whenever user wishes, it is also possible to download and check images captured at the occurrence of an alert. The user can view a list of alerts and download the image associated with the respective alert. With the images stored locally, the user is able to see the images whenever he wants. With the continuous growth of data, there is the possibility of exhausting the device's memory space. Image files can flood device's built in memory, so the application is prepared to store all image files in the mobile's SD Card. Thus, users can download a great number of images without compromising the internal storage. The implemented gallery, organizes the images by "alert images" and "user images", where the "alert images" are the images associated with alerts and "user images" are the images captured by the user.

As the mobile application mainly depends on the interaction with web services. Since we decided to use RESTful web services, there was no need to install or develop an API to handle SOAP web services. In order to invoke the web services provided by the control station, HTTP connections are used, as we can see on Figure 4.

Using the Internet, the control station can take some time to send a response, depending on the network's quality. To avoid blocking the application UI, we resorted to the use of AsyncTask class, "An asynchronous task is defined by a computation that runs on a background thread and whose result is published on the UI thread" [6].

Depending on the request made by the user, the corresponding web service will be invoked, for example, if the user wishes to know the current value of a sensor, the HTTP GET request is sent with the identification of the desired sensor. On the server side, upon receiving the request, the control station will communicate with the sensor node and receive its current value. After receiving the sensor's response, the control station will create the proper XML and forward the response to the mobile application. This communication process is illustrated on Figure 5.

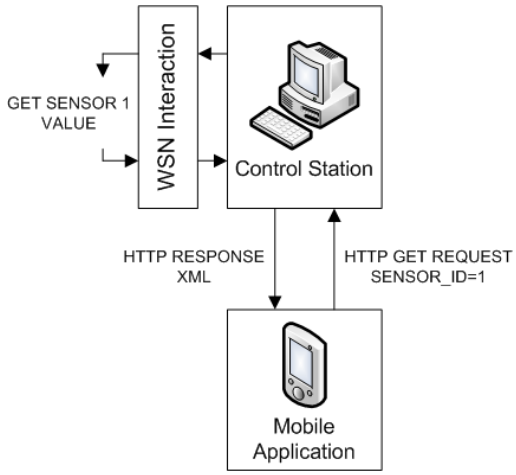


Figure 5 - Components Interaction

With the exception of image files, all content sent by the control station is in XML format. The use of XML enables the application scalability to new types of content and other platforms. When making a particular request, the mobile application knows what XML format is expected to be received in response. After receiving the content, the mobile application will parse the received XML.

The application's user interface was carefully thought, to avoid users losing too much time looking for, how to interact with the application. Thus, we preferred to use more screens with organized information than using fewer screens with too much information. All the menus are followed by a proper icon or a description to give the user a good perception of what is intended in each menu row. The main screens were designed to gather and present information in a very simple way, avoiding visual confusion. The application is able to run in mobile devices containing the last generation screens, being capable to adjust all the contents to different resolutions. The entire application is designed to provide a good interaction by the user, covering some important aspects, like:

- Visual Difficulties: The displayed screens use shades of black and gray, so that people with colorblindness can easily distinguish and read the screens content.

- Handicap Difficulties: The application requires a reduced number of user actions to achieve an expected result. All the displayed items have a considerable size in order to help handicapped people to select the desired component, avoiding selection failures.

- Context Awareness: The screen title is used to contextualize users, in order to provide additional information about what is intended in each screen. Every screen has its corresponding title.

On the next section we present the performed tests and the conclusions taken after its execution.

V. Evaluation

During the evaluation process of the mobile application, we adopted the 10-cent qualitative test model [7]. Five participants with ages understood between 21 and 28 years were used to perform the tests, characterized by having a college degree and some experience with the use of smartphones (OS: Android).[8]

The main goal of the performed tests was to verify the interface perception and the performance achieved by each participant, when using the developed application.

A supervisor was present during each test, monitoring the total time that each participant toke to accomplish each task. He was also responsible to take some important notes, related with all the participants' errors and difficulties during the interaction with the application. This way, important data was gathered so the development team could interpret it and carry out possible adjustments to the application. The supervisor only guided the participants throughout the testing phase and did not helped them perform any task.

Since the application can be used everywhere (that allows Internet connection), regardless of external variables and noise, the testing location was not relevant. To perform the tests, two smartphones were used, a HTC Magic and a HTC Dream (G1) with the Android operating 2.2 and Android operating 2.1, respectively. The WSN's testing prototype was consisted in tree sensors, two moving sensors and one temperature sensor, followed by a webcam, to take some area snapshots.

The conducted tests consisted in two testing phases that will subsequently be presented:

A. *First Testing Phase*

These testes were performed after the conclusion of the initial development phase. A questionnaire containing six different tasks to accomplish was delivered to each participant before beginning the tests, in order to assist us collecting data, throughout the conducted interviews.

The tasks presented on the participants questionnaire where:

1. Change the application settings to remove the need to authenticate the user, when starting the application;

2. Consult the current value and threshold from sensor "MOV1", located in "ROOM1". After this, take a snapshot of the area and open the same snapshot through the image gallery;

3. Using the house plan, select the sensor located in the "ROOM 2", choose to monitor it and customize its data with the following values: Threshold: 20, Alerts Number: 5, Interval: 3;

4. After receiving an alert via email, the participant should access the camera from the corresponding area and take a snapshot;

5. List all the received alerts, from the sensor of temperature named "TEMP1"located in "KITCHEN".

6. Access to the gallery and view the user's personal snapshots. Make "Zoom" the first image displayed.

The completion of the tests mentioned above, allowed us to detect possible improvements to the application, relevant to its performance and perception. After collecting and analyzing the testing data, the application suffered some modifications in order to become more efficient. Some of the most relevant improvements made, are described below:

- In order to prevent mistakes during the application's configuration process, an extra field related with the password confirmation, was crated.

- The process of activating a sensor for monitoring proved to be quite messy and time consuming, due to the requirement of following a few steps. A significant improvement to the interface was made, in order to gather all the necessary data to accomplish this task. Thus, the process of activating a sensor to monitor and its data set, became more intuitive to the end user.

- The Email alert notification, revealed to have a very confusing information disposal. Users revealed difficulties in interpreting/finding the information they pretended in the email. To resolve this state, all the email info organization has been redrafted to allow a more effective consult.

- While consulting photos, in general, users revealed difficulties in realizing the meaning of each sub-menu displayed. In order to make this task easier, each sub-menu description has been improved, making it clearer to understand.

After the improvements mentioned above (among others), a second test phase was performed and it is described below.

B. *Second Testing Phase*

The second testing phase was performed, in order to verify if the changes early made, meet the user's needs. To perform this test, we used the same participants and questionnaires as the first testing phase, so conclusions could be made.

We concluded with these last tests, that there was a great acceptance of the changes by the participants and their performance increased significantly. In general, the test results were positive, revealing extremely valuable information that we used to improve the application.

VI. Conclusion and Future Work

The market for mobile devices is growing and in the future, all mobile devices will have Internet access. This way it is possible to develop mobile applications that can take advantage of the Internet, and improve the quality of future applications.

The main contributions of this project are the concept of interacting with a WSN and remotely monitor the state of all sensor nodes, through a mobile application.

Tests were performed with the use of a prototype and reveled that the developed solution successfully interacted with the WSN and the evolved components. It proved that is possible to remotely interact and monitor a WSN through a mobile application. Using the application a user is notified if an event is detected in WSN, being also possible to check the status of the WSN from any location, requiring only an Internet connection.

Some of the future work will be to improve the application's user interface, especially the graphical layout related with the house's plan. In this case, functionalities like pinch and zoom could be added in order to improve user's interaction. Since the communication between the mobile device and the control station involves confidential data, it will be important to add a security layer (SSL) to the communication, ensuring that potential attackers do not intersect data. There is also the need to conduct more tests with users, in order to improve the overall solution.

Acknowledgment

We want to thank CIIC members for their support in developing our solution. The provided WSN allowed us to test the solution as a whole, testing the interaction between all components of the implemented solution.

References

[1] I. F. Akyildiz, "Wireless Sensor Networks: a survey," *Computer Networks*, vol. 38, pp. 393-422, March 2002.

[2] H. Karl and A. Willig, "A short survey of wireless sensor networks," *Telecommunication Networks Group*, October 2003.

[3] (2010, October) Wireless Sensor Networks and Home Control. [Online]. HYPERLINK "http://www.abiresearch.com/research/1005845-Wireless+Sensor+Networks+and+Home+Control+" http://www.abiresearch.com/research/1005845-Wireless+Sensor+Networks+and+Home+Control+

[4] (2011, January) vsiogap3d - 3D Visalisation of Sensor Information on Google Android Platform. [Online]. HYPERLINK http://code.google.com/p/vsiogap3d/

[5] Nuno Moreira, Filipe Felisberto, Isabel Marcelino António Pereira, "A scalable architecture for Body Area Networks," *EURASIP*, To be approved.

[6] (2011) AsyncTask - Android Developer. [Online]. HYPERLINK http://developer.android.com/reference/android/os/AsyncTask.html

[7] Elder Care's Fall Detection System, "Filipe Felisberto, Nuno Moreira, Isabel Marcelino, Florentino Fdez-Riverola and António Pereira," 2011.

[8] Jakob Nielsen, *Quantitative Studies: How Many Users to Test?*, 2006.

Augmented reality system for inventorying

João Real
School of Technology and Management
Polytechnic Institute of Leiria
Leiria, Portugal
jreal@redoute.pt

Luis Marcelino
Research Center for Informatics and Communications
Polytechnic Institute of Leiria
Leiria, Portugal
luis.marcelino@ipleiria.pt

Abstract—**This article presents and describes the implementation of an augmented reality system to assist in the task of warehouse inventory. The proposed system integrates an augmented reality engine (NyARToolkitCS) with a QR Code library. This integration enables users to capture product codes add the product's information to the view of the product itself. This article also presents the challenges for developing this system, the adopted architecture and the tested threshold algorithms. These algorithms were evaluated under real environment conditions.. (Abstract)**

Keywords-component; formatting; style; styling; insert (key words)

I. INTRODUCTION

Augmented reality fades the real and virtual worlds boundary, connecting them in such a way that "the manipulation of physical objects has consequences in the virtual world and, similarly, the in-world events have an impact or effect on the physical world" [1]. When we talk about augmented reality, and according to Azuma [2], we refer to a system that integrates virtual elements with real-world elements, creating a mixed environment in real time.

In any warehouse there is a need to control stock. The task of counting the items in stock is a long and arduous because it requires counting all items stored one by one. In an ideal vision of an assisting Augmented Reality system, the user points at a shelf for the system to acquire the image, and the system would verify all the articles and count them. Such a system would make an extremely time consuming and difficult task into something fast and straightforward.

The present study aims to assess the suitability of this technology to facilitate the counting of inventory in a warehouse in a simple and intuitive, so that the system operator can visually get a sense of real time state of the article count from merging with the virtual world. In order to achieve this objective, was carried out fieldwork that culminated in the development of a prototype to provide users a real application where they could experiment with this technology.

This article begins by making a brief background theory in the context of augmented reality, presenting briefly some work done in the area and problems / technical difficulties that arise in using this technology. In a second phase, describes the process of implementing a system of augmented reality for inventorying, showing the steps carried out, starting with the justification for the selection of hardware and software, and presentation of the system architecture, then moving the reasoning algorithms used, ending with the tests performed in a production environment and analyzing the results.

II. BARRIERS TO THE ADOPTION OF AUGMENTED REALITY

Working with a system that provides real-time contextual information such as augmented reality systems can have a significant impact on user performance. This concept of augmented reality was first applied in a business context, by Boeing in 1990 [8]. The project consisted in building a tool to assist in the mechanical connection of electrical conductors that form part of the aircraft electrical system, saving space and reducing costs. Another example of application of this technology in a job application is the application of maintenance and repair techniques being developed by BMW. In this

case, augmented reality is used as a means to help employees of BMW Service in its work of high technical requirement. Several examples such as these may be found in the literature.

Despite the undoubted potential use of augmented reality in many professional areas, this application has not had much commercial success, which is mainly attributed to the fact that the technology still has some obstacles to both hardware and software.

A. *Hardware challenges*

Some of the difficulties in the use of augmented reality are related to the Hardware, especially with your fitness and weight equipment, which can affect the mobility of the user [5]. Fortunately, according to Moore's Law of the processors have been getting smaller and smaller and powerful and it lets you interact with a series of sensors. Currently, these systems are much more compact and lighter, but this reduction in size has led to other problems such as the interaction with the user, since, for example, the fingers may be too large for a device such as a small keyboard [3]. One of the solutions presented in this article is to use alternative means such as sensors, and create intelligent algorithms that minimize the number of necessary interactions with the user.

With regard to virtual reality goggles, Knight and Baber [3] reported that the weight of some eye muscle requires some effort, especially in front of the head. The human body can sustain higher loads where the weight is balanced. Thus, the challenge is to get lightweight glasses or have their weight evenly distributed so that they are comfortable for the user. The average field of view of a pair of virtual reality goggles trade is between 16º and 60º, forming a smaller field than that of normal vision is approximately 170º. This decrease in the field of vision may, in some cases, reduce performance in tasks such as object manipulation and navigation. The motor level, requires the user to move over the head to scan the environment. These studies show that the choice of hardware to be used is crucial to optimize the performance of the user, and the ideal would be to minimize the use of input.

B. *Software challenges*

The relative commercial success of AR systems is also related to the software. Until the development of ARToolkit [7] and making it available to the general public, this technology was difficult to use and was not easily accessible to all.

ARToolKit, originally developed by Dr. Hirokazu Kato, is a software library for building augmented reality applications. This library has been used as the basis for most of the libraries of augmented reality. This success is due in part to the large amount of documentation available and also available for test applications.

A major difficulty in developing augmented reality applications is the problem of calculating the actual position of the camera and orientation relative to the marker in real time (viewpoint). For the application can make this calculation it is necessary to know where the user is looking at the real world. The main functionality of ARToolKit is to make this calculation. Other features of this library include: detection of labels formed by simple black squares; ability to use any pattern within the simple black square, and methods to calibrate the camera simple.

Despite the features offered by this library it still has some limitations especially in terms of distance decoding, the great level of sensitivity to different lighting conditions and the difficulties of decoding when the marker partially erupts. However, the ARToolkit's success, gave a new impetus to the development of augmented reality applications, democratizing it and making it accessible to anyone with a learning curve fairly quickly.

III. Implementation of an AR Inventory System

A. *System architecture*

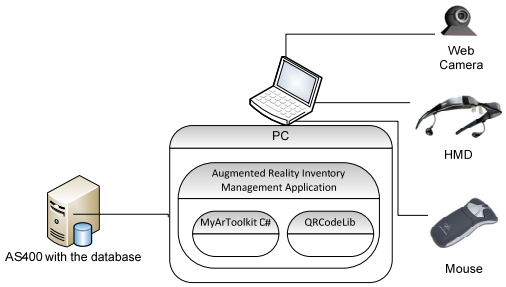


Figure 1 System architecture

The proposed system architecture tries to minimize the user input by integrating the information flow involved in inventory operations. The system interacts with the warehouse backoffice

transparently, attempting to make its usability as simple as possible without compromising its performance. Figure 1 presents the system architecture of the developed system.

The system has a typical architecture of an augmented reality system and consists of a camera with a resolution of 640 by 480 (Logitech QuickCam Pro 9000) that allows to acquire images that will be processed, a pair of glasses with a HMD resolution of 640 by 480 (701 Myvu Crystal - Standard Edition - BLACK) that allows the user to display the information returned by the system, a laptop that has a higher computational power than a PDA and can be almost as light and compact as this; an optical mouse that lets you interact with the system, and a DB2 database hosted on a AS400 server which holds information of items to inventory.

The developed software includes two libraries, the NyARToolkitCS-2.4.0 that adds to the system the ability to have augmented reality and the library to decode QRCode QRCodeLib adding to the system the ability to decode QRCode.

Since NyARToolkitCS-2.4.0 is only capable of decoding a limited number of images that have to be preloaded into the system, it became obvious that it would be impractical to create an image for each article and its subsequent inclusion in the system like that would happen if they used the tools provided by this library. It is for this reason that the QRCodeLib was integrated into the system giving you the ability to decode QRCode, which allows the system to provide background information with minimal interaction by the user. I could have used any type of visual code reading faster. The choice of QRCode and not other types of recognition code faster, deals exclusively with libraries decoder open source available and increased amount of documentation available. The diagram of Figure 2 summarizes the operating mode of the system.

As can be seen in the diagram shown in Figure 2, after the user points the camcorder to the marker, the system acquires the image of the real world which is then transformed into an image in black and white. This operation is performed through a thresholding algorithm to be described later. The next step is to find the coordinates of the marker that surrounds the QRCode. This step is accomplished with the aid of augmented reality library NyARToolkitCS-2.4.0. Ideally do not use a marker around the QRCode. The implementation of this operation was initiated, but the algorithm is not fully operational. For this reason we decided to keep the marker around the QRCode.

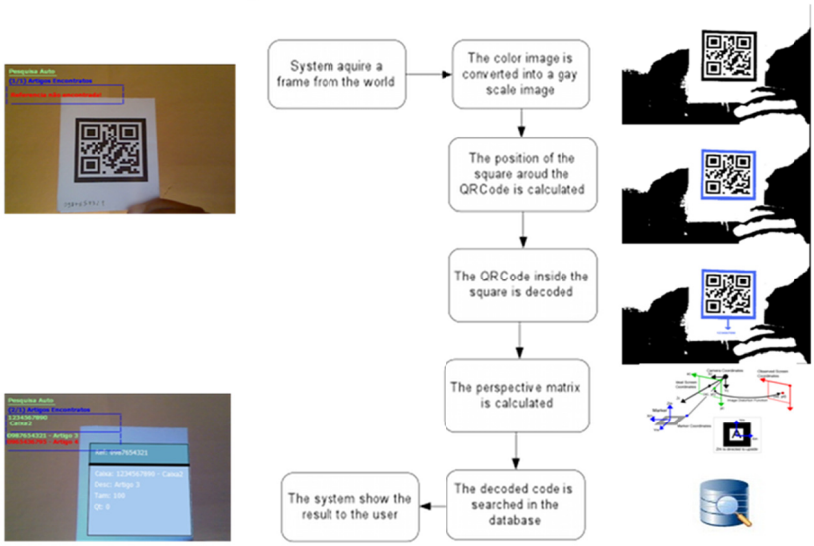


Figure 2 Fig. 1 System operation

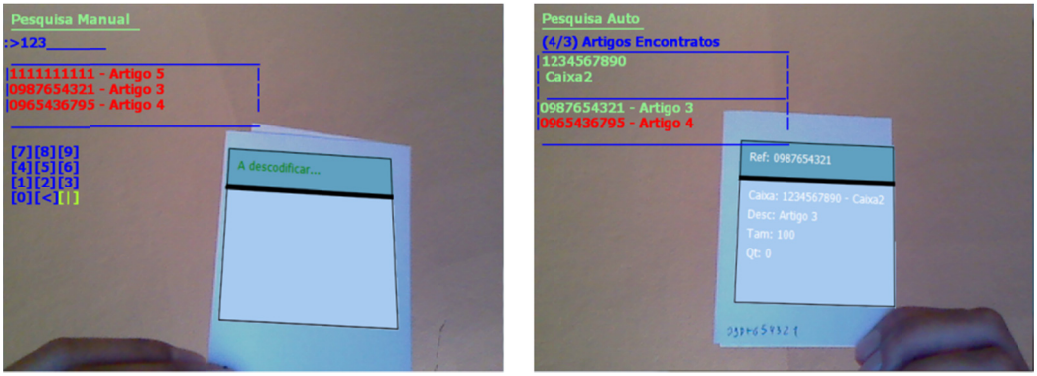


Figure 3 Left the manual mode, automatic mode on the right.

After processing the information of the code uses the library NyARToolkitCS-2.4.0 to calculate the matrix of perspective that will allow drawing the virtual object in the coordinates and the correct angle on the screen. The next step is to find the code obtained in the database to obtain more details about it and record your score.

Finally, the system displays the processed information to the user. This whole process has to be fast enough so that the image does not stand still. To be able to achieve this result they have created multiple threads. The main threads only deals with the presentation of the image to the user without interruption and for each tag that tries to be decoded is created a new thread. The main thread will wait until the threads that decode the codes have finished their work and this happens when the image is processed with the code information decoded.

To navigate through the boxes as counted by the time the user can use the mouse buttons. When the system is unable to decode the codes, can be made a manual search in the database as shown in the Figure 3.

The user interacts with the system using only the mouse buttons and scroll. Only with these buttons you can interact with the system that has a text mode GUI. The graphical user interface is text-mode for this type of interface is considerably lighter the computational level and users are more accustomed to working with this type of presentation of information. The left button lets you choose the option on the left and the right option on the right. The movement of the scroll lets you choose the options above and click the scroll down and lets you choose the option. As the items are numeric identifiers is needed only one keypad to search for articles. This keyboard is drawn on the screen and the characters are selected with the help of mouse.

IV. THRESHOLDING ALGORITHMS

Since the development libraries chosen to work with black and white images and the camera captures images in color, it was necessary to convert these images into binary images in black and white. To achieve this it was necessary to use an algorithm Thresholding, whereby each pixel color is converted to a zero or a one, black or white. This is done due to the operation of a computer that processes information faster that way. This point of the algorithm can be considered the "bottle neck" of the system, because the good performance of it depends directly on the quality of the image provided to the module QRCode decoding. It is here that the old problem of making something with an analog color image into something digital. As can be seen in Figure 4 the existence of a shadow or a light stronger than the ambient light makes it impossible to decode the code.

To determine the optimized threshold value to be used under warehouse lighting conditions we tried to recognize the codes with all possible threshold values (from 0 to 255). This experiment showed that threshold values between 100 and 120 produced better recognition rates. In these environments it was found that the best thresholding value was 110.

However, it was found that when the same image includes two codes or when there were disturbances in the lighting, application had some difficulties in

decoding of the codes. The solution was to implement an adaptive algorithm with Thresholding, i.e. for each area of the screen thresholding is applied on the middle of this area the screen.

Figure 4 Problem with Thresholding algorithm

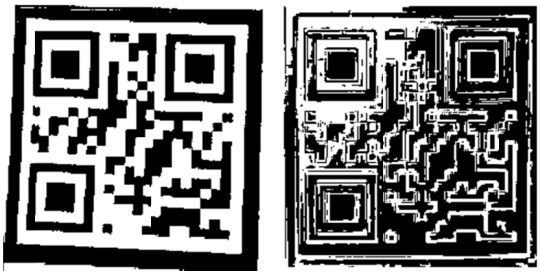


Figure 5 Adaptive Threshold: left Bradley and Roth's algorithms, right Zatepyakin's algorithm

We tested the Integral Image Adaptive Algorithm proposed by Derek Bradley and Gerhard Roth [4] algorithm and its modification from Eugene Zatepyaki [6]. Derek Bradley's algorithm is based on the algorithm used in the library and ARTAG and according to the author is more robust to illumination changes than the original. Eugene Zatepyakin algorithm is an improved version of the thresholding algorithm used in FLARToolkit. Figure 5 shows a comparison of results obtained using the different algorithms described.

The results obtained with 110 Thresholding are not much different from the results of Bradley an Roth's algorithm. Eugene Zatepyakin's algorithm does not preserve white and black pixels, which is essential to decode de QR Code.

V. TESTS ON PRODUCTION ENVIRONMENT

This section presents the results of performance tests for the implemented system. These tests were conducted at the site where the application will be used. The purpose of the tests was to collect data to measure the system performance under real circunstances.

The tasks consisted of pointing the camera at one or more markers and record the average time to decode (TTD) according to the distance from the camera to the code. The considered result was the average time obtained from 100 decoding trials.

In order to measure more effectively the system components that could be optimized, we decided to measure both the time consumed by the QRCode decoding module and the time consumed by both the QRCode decoding module and the AR module. We also measured the time to decode one or more tags simultaneously.

Average time to decode (TTD) in milliseconds after the aquisition of a quality image

Table I lists the average times of the system after decoding to obtain an image with sufficient quality, so it is possible to decode the code on the first try. To obtain these data was necessary to implement a counter in the code that discards all the images that were not successfully decoded on the first try. Note that it was not possible to decode 3 and 4 codes at 50 cm because not all images would fit in the camera's field of view.

The observed decoding times for the QRCode module are only a few milliseconds which is sufficient to maintain a fluid video stream.

Table II shows the number of attempts versus the number of correct decoding images and Table III shows the decoding time, since the system identifies a code until you can decode it. From these results it is possible to conclude that the bottleneck of the system is not the QRCode decoding module itself but is caused by the quality of images provided by capture and thresholding algorithm, since most of the images provided do not allow the decoding of your code.

TABLE I. AVERAGE TIME TO DECODE (TTD) IN MILLISECONDS AFTER THE AQUISITION OF A QUALITY IMAGE

Distance (cm)	TTD 1 code (ms)	TTD 2 Codes (ms)	TTD 3 Codes (ms)	TTD 4 codes (ms)
50	24.98	37.51	--	--
35	17.57	16.33	310.55	734.97
20	23.51	19.55	235.27	941.55

TABLE II. NUMBER OF ATTEMPTS / NUMBER OF CORRECT ANSWERS

Distance (cm)	1 Code	2 Codes	3 Codes	4 Codes
50	562/101	788/100	--	--
35	198/100	437/100	1339/100	2882/38
20	198/101	401/100	1349/100	2674/100

TABLE III. AVERAGE TIME TO DECODE (TTD) IN SECONDS

Maximum Distance	TTD 1 Code (Seconds)	TTD 2 Codes (Seconds)	TTD 3 Codes (Seconds)	TTD 4 Codes (Seconds)
50	2.5	3.3	--	--
35	2.06	2.19	3.29	17.76
20	2.08	2.10	2.83	9.88

The completion of these tests allowed to optimize the algorithm for management of threads so that the system was able to decode more than one label simultaneously, without degrading system performance exponentially. Before this system was constantly optimized to provide images to QRCode decoding algorithm without the prior processing was finished. To resolve this problem, we added a counter that only allows you to create a new thread to decode a new code, if the number of worker threads to decode, is less than the number of codes to decode the image.

VI. TESTS WITH END USERS

For a more complete analysis, it was considered pertinent to conduct a survey to assess the viability of the system in production environment

The sample universe consists of two colleagues from the IT department whose function is related to stock management and four colleagues who are potential users of the application, working in the warehouse. This population represents all users directly connected with the tasks of counting inventory.

All the users responded that they already knew what is the augmented reality and believe that this is a more valid for the completion of inventory adjustment. These results can be explained by the fact that before initiating this study has been made a short presentation on the objectives and the technologies used in order to gain their support in achieving it.

The next section of the survey contains a small booklet, which aims to guide the user to scroll through a corridor and do the inventory adjustment for some of the articles. Then it should answer a number of issues.

After analyzing the results it is concluded that four of the users assigned the highest level and two at low level, the question that asks whether the task was completed successfully. These results prove that the system works and successfully responds to key requirements originally proposed.

When users were asked whether the inventory is faster using the application of augmented reality, than using traditional methods, the responses were divided and one-half of the universe that works in the warehouse and the other half disagreed that the department works Computer agreed. This is explained by the significant difference of experience that both departments have in carrying out inventory. Probably with enough practice warehouse employees would be able to perform the inventory count with the application of augmented reality more quickly than with traditional. Despite the store's employees are quicker to realize the accuracy of inventory with traditional methods than with the application of augmented reality they recognize that this technology can be a useful tool to check inventory.

Regarding the information provided on the screen is its suitable to perform the proposed task and will ease the navigation system using only the mouse buttons, users responded mostly with the highest degree of harmony. This indicates that designates

the user interface is adequate and the mouse buttons are sufficient to accomplish this task. In designating the graphical interface and the provision of information, we tried to make as similar as possible with the currently used application, so this is familiar to users.

Users considered that the distance to decode QRCodes must be increased. This is clearly one of the aspects to improve. The ideal distance for decoding labels with 5.5 cm, is 35 to 40 cm, but the distance between camera and the label is about 60 to 70 cm, which requires users to align the label of the camera.

One of the users also identified the system delay as a usability issue. However, the remaining users did not corroborate this opinion.

To evaluate the suitability of the used hardware, users answered five questions:

1) The ergonomics of the hardware (glasses, camera and laptop) is convenient for the specified task;
2) The weight of the glasses is acceptable to perform this task;
3) The weight of the camera is acceptable to perform this task;
4) The weight of the laptop is acceptable to perform this task;
5) The field of vision glasses are sufficient for this task.

The answers for these questions are presented in Table IV.

For the first hardware-related issue users responded mostly agree with the option. The explanation for this result lies mainly in the possibility of using this system you can have your hands free to be able to handle the items. This appealed greatly to the users. Perhaps for this reason did not consider relevant the fact that they carry more hardware such as glasses camera and a laptop on her back. Another fact, which may have been relevant to this outcome, was the fact that we have informed users that a future production system, the hardware would be much lighter and more compact.

All users felt that the weight of the glasses, camera and laptop computer is acceptable.

As for the field of vision glasses most of the users considered the acceptable field of view to the completion of inventory adjustment. This can be explained by the following observations made by one user: "After some time get used to the reduced field of vision glasses.".

In the last question of the survey sought to ascertain whether the overall system performance is adequate for this task. Only one of the users responded affirmatively. This can be explained with some of the comments made by some respondents:

- "Can be used in smaller equipment (eg PDAs or Netbooks)";
- "Reducing the required hardware, or minimize their size.";
- "Improving the viewing angles of the camera and adjust the reading distance of the recognition code.";
- "Should you use a camera with more range, the camera needs to be a small height in relation to the code. There are some problems focusing at the camera. ";
- "While there are such problems, both in scope and focus of the camera, the system can not compete with traditional methods."

With this last question and based on feedback from some of the respondents also could conclude that users were surprised by the positive and enjoyed the experience provided by this order of accuracy of inventory, but for the application to become truly productive and usable production environment would have to be improved especially at the hardware level and distance decoding.

VII. Conclusions and Future Work

This study demonstrated that it is possible to develop an inventory management system based on augmented reality, thus complied with the objectives as originally proposed. As proof of this fact are the tests performed in a production environment and the responses given by potential future users of this system made in the questionnaire.

TABLE IV. USER OPINION ABOUT USED HARDWARE

Question	Doesn't know	Totally disagree	Disagree	Agree	Totally agree
Q1: convenient hardware	0	0	1	4	1
Q2: glasses weight	0	0	1	2	3
Q3: camera weight	0	0	2	1	3
Q4: laptop weight	0	0	2	3	1
Q5: field of view	0	0	2	3	1

Despite a finding that the proposed objectives were achieved, the system still has some things to improve until you can use it in production environment in terms of both hardware and software.

Although the primary focus of this research to be related to the software, the hardware has a very significant influence on the successful implementation of the system. The problems associated with the hardware is easily solved with more funding, because there are several solutions on the market Lightweight compact and ergonomic, which can significantly improve accuracy of inventory experience for the user.

Regarding the software, as already mentioned, the "bottle neck" of the system is in the thresholding algorithm. In the future, we intend to explore all possibilities in converting color images into black and white images. There is still much work to develop this area, and can significantly improve this algorithm. With this improvement would be achieved by increasing the distance required to decode a tag, the speed of decoding and unwillingness to different lighting conditions.

Another aspect to improve the level of the software module is the identification of markers, since in reality a QRCode has a black square around it, as is used in the implemented system. This black square is used for augmented reality library to identify the area that contains the code. We tried to develop an algorithm to detect the area of the screen where the code, but despite the considerable time spent on its development, it was not finished in time to be used in this study.

Although the system is already capable of decoding multiple codes in real time without the image stops, as the number of codes that are decoded simultaneously increases the system undergoes a non-linear degradation in performance. Thus, it is also possible to improve the decoding speed with a thorough review of all code and the optimization of certain operations.

Launching a chronological look over the applications of augmented reality, there are two key moments when such applications have been studied. The first, in the nineties, when the PC and virtual reality goggles emerged and explored the most of your ability, but due to limitations in terms of hardware and software applications developed were not very successful. The second point is this new wave that we are now living and which is due in large part to MyARtoolkit which made it possible for anyone to develop applications of augmented reality and also because development of the hardware that is increasingly powerful, compact and low expensive.

One of the contributions that this study intends to leave this new wave is an augmented reality system capable of use as labels QRCode, opening a huge potential in terms of the areas that can be applied. This system also aims to make its contribution to the level of user interaction, since it was designed only to provide background information that the user needs at any given time, which allows the user to not spend time with little information relevant to the task to be performed.

Another of the contributions that this application was left to show is that actors involved in augmented reality, leading them to realize their potential, leaving in any one of them the will to use it and want to further explore this area. The reception to this technology was such that it was possible to obtain funding for the next two years to develop more applications in this area. At this point is already developing a new project called "Virtual Dressing Room," where the user can virtually try on.

As a final balance of the system developed, we believe that it is not yet ready to be used as a production business application. This is due to the limitations of hardware and software mentioned above. An enterprise application is not extremely

fast unlikely to succeed. Probably would have developed an application of entertainment software performance would be more than acceptable.

REFERENCES

[1] Sérgio Oliveira; "Adopting Visual Codes as an Interaction Model", Adopc□ão de códigos visuais como modelo de interacc□ão, Master's thesis, Universidade do Minho, 2007.

[2] Ronald Azuma, "A survey of augmented reality", In Presence: Teleoperators and Virtual Environments, Massachusetts Institute of Technology Press, 6(4):355–385, August 1997.

[3] Chris Baber and James Knight. Human Factors Problems of Wearable Computers, pages 1134 – 1153. Ashgate, England, 2005.

[4] Derek Bradley, Gerhard Roth, "Adaptive thresholding using the integral image", Journal of graphics, gpu, and game tools, 12(2): pp. 13–21, 2007.

[5] Bonnie Kudrick, Carolina Zingale, Vicki Ahlstrom, "Human factors guidance for the use of handheld, portable, and wearable computing devices", Technical Report DOT/FAA/CT-05/15, Atlantic City International Airport, NJ: Federal Aviation Administration William J. Hughes Technical Center, 2005.

[6] Eugene. Adaptive thresholding using integral image, August 2009

[7] H. Kato and M. Billinghurst. Marker tracking and hmd calibration for a video-based augmented reality conferencing system. In 2nd International Workshop on Augmented Reality (IWAR 99), San Francisco, USA, 1999.

[8] David W. Mizell Adam L. Janin and Thomas P. Caudell. Calibration of head-mounted displays for augmented reality applications. In Proceedings of IEEE VRAIS '93, pages 246–255, 1993.

Análise Estratégica da Expansão de Redes Urbanas de Abastecimento e Saneamento de Água

Protótipo de um Sistema de Apoio à Decisão Espacial

Alexandra Maria Galvão Ribeiro
Departamento de Engenharia Civil
ISEC
Coimbra, Portugal
alexr@isec.pt

Teresa Cristina Melo Fragoso
Departamento de Engenharia Civil
ISEC
Coimbra, Portugal
terefrag@isec.pt

Resumo— **O contínuo e exponencial crescimento populacional urbano tem tido nos últimos anos uma forte expressão, sobretudo em países em desenvolvimento mas também noutros mais avançados. Estudos revelam que este processo está longe de abrandar começando a surgir preocupações relativas à sobreocupação do território e consequente desequilíbrio dos espaços urbanos. No entanto, acredita-se que se existir o devido acompanhamento da sua expansão, nomeadamente das suas infraestruturas, o crescimento pode conseguir-se de uma forma ponderada e sustentável. A concretização dessa expansão está dependente de um processo de decisão que se deseja claro, fundamentado e defensável. Os Sistemas de Apoio à Decisão Espacial (SADE) são ferramentas que auxiliam a tomada de posição com estas características. Apresenta-se aqui um protótipo de um SADE com vista à análise estratégica da expansão das redes urbanas de saneamento e de abastecimento de água.**

Sistemas de abastecimento de água; sistemas de saneamento de água; expansão de infraestruturas de abastecimento e de saneamento; modelos multi-objectivo; simulated annealing; sistemas de informação geográfica

I. INTRODUÇÃO

Pela primeira vez, face ao rápido crescimento da urbanização registado globalmente, as cidades e seus subúrbios tornaram-se o principal habitat da humanidade, sendo a principal fonte de empregos e progresso económico e social. Segundo as Nações Unidas, entre 1950 e 2005 a população urbana mais do que quadruplicou. Em 2005, uma parcela de cerca de 49% da população mundial vivia em zonas urbanas, ultrapassando os 50% no decurso de 2008. A urbanização, um processo que tinha particular expressão no mundo mais desenvolvido, estendeu-se à escala global. Nos últimos anos, tem sido na Ásia (particularmente na China) e em África que as cidades têm crescido mais rapidamente, esperando-se que a população urbana nestas zonas duplique até 2030. Simultaneamente, a urbanização abrandou nas zonas do mundo como a Europa e América do Norte onde em meados do século passado uma parcela significativa da população vivia já em aglomerados urbanos. A dimensão das cidades, em termos do espaço físico por elas ocupado e da população que concentram, atingiu uma escala inédita: não só se verificou uma explosão da população urbana, como se multiplicou o número de cidades com mais de um milhão de habitantes e de megacidades[1] (cidades com mais de 10 milhões de habitantes). No mundo em desenvolvimento, em três décadas (1975-2005), mais de 200 aglomerações ultrapassaram o milhão de habitantes das quais, em 2005, quinze eram megacidades e representavam cerca de 9% da população urbana [1].

A sustentabilidade das cidades passa necessariamente pelo devido acompanhamento da sua expansão, nomeadamente da expansão das suas infraestruturas. Sem estas não é possível satisfazer as necessidades básicas dos seus habitantes e a sua qualidade de vida fica seriamente comprometida. A concretização dessa expansão está dependente de um processo de decisão que se deseja claro, fundamentado e defensável. Os Sistemas de Apoio à Decisão Espacial (SADE) são ferramentas que auxiliam a tomada de posição com estas características [2]. Aliam funcionalidades como o armazenamento e gestão de grandes quantidades de informação, a visualização e análise espacial da mesma através duma interface amigável – atributos dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG) –, às capacidades de estruturação e racionalização de problemas conseguidas por métodos formais de apoio à decisão.

Apresenta-se aqui um protótipo de um SADE com vista à análise estratégica da expansão das redes urbanas de saneamento e de abastecimento de água. Sabe-se que a problemática da concepção daquelas infraestruturas pode ser traduzida num modelo matemático de minimização de custos [3] [4] [5]. No entanto, desconhecem-se até hoje esforços bem sucedidos na construção de um modelo matemático que considere, em simultâneo, a minimização dos custos de expansão (e reforço) de ambas as redes. O modelo aqui apresentado pretende colmatar essa lacuna. Trata-se de um modelo matemático de optimização não linear inteira-mista, multi-objectivo. O atributo multi-objectivo advém de na função objectivo – somatório dos custos de investimento e de energia – se associar a cada uma das componentes (saneamento e abastecimento) um peso ou ponderação. O valor atribuído pelo decisor a cada um destes pesos condiciona, naturalmente, a

[1] No início do século XIX, Londres era a única cidade que atingia a população de um milhão de habitantes.

solução final. Nas restrições do modelo, destacam-se as que garantem o adequado funcionamento hidráulico e sanitário das redes consideradas. A resolução de um modelo desta complexidade é feita com base na meta-heurística *Simulated Annealing*, método que tem mostrado dar bons resultados em problemas com as mesmas características [3].

A escolha do *software* de SIG para a implementação do SADE recaiu sobre o ArcGIS. O ArcGIS é um *software* SIG desenvolvido pelo produtor *Environmental Systems Research Institute* (ESRI) [6]. Agrega várias aplicações e integra a linguagem de programação Python [7]. É um SIG internacionalmente conhecido; um inquérito *online* revelou que aproximadamente 40.000 profissionais de SIG consideram que o ArcGIS é a plataforma de SIG dominante, com 78% dos inquiridos a responder que já utilizaram o ArcGIS ou produtos afins da ESRI [8]. Por outro lado, o Python é uma linguagem de programação moderna, interpretada, de código aberto, e que permite um rápido desenvolvimento de aplicações e integração com outros sistemas. Além disso, dada a sua grande popularidade, existem muitos pacotes Python gratuitos produzidos por terceiros, por forma a complementar a extensa lista de funcionalidades.

II. Modelação do Problema

O crescimento populacional e da mobilidade são altamente condicionados pela capacidade e requisitos das redes de infraestruturas, sejam elas de abastecimento de água, saneamento básico, transporte, telecomunicações, etc. Consequentemente, há uma grande variedade de formas urbanas, estruturas espaciais e correspondentes redes. A forma urbana está intimamente relacionada com a configuração ou traçado das redes. Estas, em conjunto, conferem um determinado arranjo espacial à cidade. A estrutura espacial urbana diz respeito à localização das diferentes actividades urbanas e das relações geradas entre si. Estas relações originam fluxos de pessoas, bens e informação.

A forma e estrutura espacial urbanas são articuladas através de dois elementos fundamentais:

- Centróides (ou nós) – reflectem a centralização de actividades urbanas; esta centralização pode estar relacionada com a concentração espacial de actividades socioeconómicas ou com a acessibilidade ao sistema de transportes. Polos industriais, terminais rodoviários e ferroviários, aeroportos e portos são excelentes exemplos de nós aglutinadores de actividades, tanto ao nível urbano como ao nível regional. Os centróides têm uma hierarquia consoante a importância do seu contributo para as funções urbanas, tais como as de produção, serviços, comércio, distribuição, residencial e lazer.

- Ligações (ou arcos) – representam as infraestruturas por onde circulam os fluxos de, para, e entre os centróides. Também é possível estabelecer uma hierarquia de ligações. O nível mais baixo corresponderá às vias de acesso local (no sistema de transportes) e às condutas de pequeno diâmetro (condutas que transportam a água até aos ramais de ligação nos sistemas de abastecimento e colectores nos sistemas de saneamento); e o nível mais elevado às vias estruturantes (no sistema de transportes) e às condutas de grande diâmetro (condutas que fazem a ligação entre os vários equipamentos e instalações nos sistemas de abastecimento e interceptores e emissários nas redes de saneamento).

Neste trabalho assumiram-se formas e estruturas espaciais urbanas consentâneas com o nível hierárquico mais elevado, i. e., consideraram-se apenas as ligações entre centróides de carácter estruturante.

Havendo um aumento populacional e admitindo que este já não consegue ser absorvido pela cidade existente em termos espaciais, é inevitável prever a sua expansão. Para tal é necessário, à semelhança do que aconteceu para a cidade, definir o seu domínio de expansão. Este é gerado na área subjacente à cidade actual mantendo a mesma forma urbana e oferecendo um grupo de possíveis localizações para novos centróides, sendo a expansão feita num subconjunto daquele grupo.

A problemática foi traduzida num modelo matemático de optimização com as seguintes componentes:

- Uma função multi-objectivo de minimização de custos de investimento e de energia devidos à expansão e ao reforço de cada uma das infraestruturas consideradas;

- Um conjunto de restrições que decorrem do garante do bom funcionamento hidráulico e sanitário das redes.

A função é multi-objectivo porque é aplicado um peso ou ponderação aos custos associados a cada tipo de infraestrutura. O valor atribuído pelo decisor a cada um destes pesos condicionará, naturalmente, a solução final.

Devido à não linearidade das expressões matemáticas envolvidas nos processos descritos e ainda à existência de variáveis binárias, o modelo matemático de optimização é não linear, inteiro-misto.

III. Metodologia de Resolução

A complexidade do modelo matemático de optimização considerado obriga à utilização de um método heurístico na sua resolução. Um método que tem mostrado dar bons resultados em problemas com as mesmas características, é a meta-heurística *Simulated Annealing* (SA) [3]. Dois aspectos decorrem da sua utilização. Por um lado, é necessário escolher os valores mais adequados para os parâmetros envolvidos, i. e., proceder à respectiva calibração. Por outro, é indispensável gerar as soluções candidatas, ou seja, definir o conjunto das soluções admissíveis; para tal recorre-se ao conceito de vizinhança. Tanto um aspecto como o outro são analisados tendo em conta o tempo de resolução e o encontrar de uma solução de custo mínimo que se quer potencialmente próxima do óptimo global.

O processo inicia-se gerando uma solução inicial. Escolhe-se aleatoriamente o subconjunto de centróides dentro do domínio de expansão. O número de centróides seleccionados depende do aumento populacional sofrido. A partir daqui é avaliado o valor da função objectivo para esta solução respeitando as restrições. De acordo com os critérios do SA

esta solução será ou não aceite. Se for aceite, é-lhe provocada uma pequena perturbação e feita nova avaliação. O processo termina quando os critérios de paragem do método SA são verificados; estes passam pelo não melhoramento da melhor solução encontrada até ao momento.

IV. Protótipo de um Sistema de Apoio à Decisão Espacial Baseado no Sistema de Informação Geográfica ArcGIS

Este protótipo utiliza intensivamente as capacidades de geoprocessamento e de modelação do SIG ArcGIS Desktop (versão 10). O geoprocessamento consiste na derivação de nova informação geográfica por aplicação de uma operação ou de uma sequência de várias operações sobre informação geográfica já existente. No ArcGIS cada operação elementar é disponibilizada através duma ferramenta (*tool*) e as ferramentas são organizadas em caixas de ferramentas (*toolboxes*) (Fig. 1). O ambiente de geoprocessamento do ArcGIS inclui ainda uma janela de comandos Python e a aplicação ModelBuilder. O ModelBuilder é uma linguagem de programação visual. Com esta aplicação é possível construir, editar e executar modelos. Modelos são fluxogramas ligando sequencialmente ferramentas. Em geral, o *output* de uma ferramenta constitui o *input* da ferramenta seguinte. Recorrendo à linguagem de programação Python (ou outras), o utilizador pode criar as suas ferramentas e incorporá-las em modelos do ModelBuilder. Inclusivamente, modelos muito complexos podem ser desagregados em modelos mais simples, representando subprocessos; estes modelos passam a ser ferramentas do modelo que os contém (aliás, qualquer modelo criado no ModelBuilder é encarado como uma ferramenta).

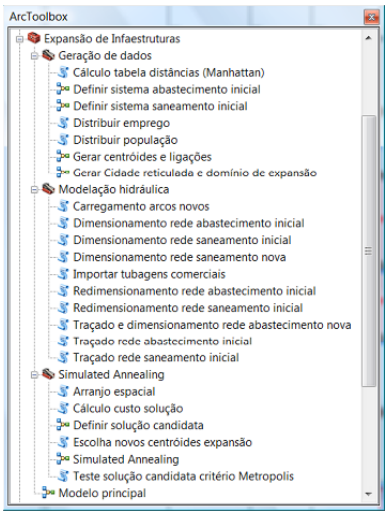


Figura 1. Ferramentas do protótipo organizadas em caixas de ferramentas.

As vantagens da utilização dos modelos concebidos no ModelBuilder são inúmeras: são reutilizáveis e partilháveis; automatizam processos e geram fluxos de trabalho; executam uma sucessão complexa de processos como se fossem uma única ferramenta; são parametrizáveis permitindo acrescentar ferramentas e parâmetros à medida das necessidades; e ainda podem ser executados em lote. Quando um modelo é executado como uma ferramenta (i. e., não recorrendo à janela de edição do ModelBuilder ou à janela de comandos do Python), o ArcGIS gera automaticamente a caixa de diálogo para introdução dos valores dos parâmetros. Este comportamento garante a uniformidade da interface gráfica de todos os modelos construídos e facilita em muito o trabalho do programador.

Vários modelos foram concebidos com base no ModelBuilder. Estes recorrem, tanto quanto possível, a ferramentas do sistema (i. e., instaladas com o ArcGIS); no entanto, há situações que requerem a implementação de algoritmos específicos (e. g., algoritmos de dimensionamento hidráulico, caminhos mais curtos, construção da árvore de Steiner, *Simulated Annealing*, etc.), e nesse caso, programaram-se ferramentas em Python. As ferramentas desenvolvidas distribuem-se por várias categorias ou caixas de ferramentas (Fig. 1).

O modelo principal do protótipo encontra-se na Fig. 2. É composto por dois submodelos: o primeiro ("geração de dados"), destinado a gerar dados credíveis susceptíveis de serem utilizados na definição de instâncias do problema matemático; o segundo ("simulated annealing"), contém o modelo matemático propriamente dito e o algoritmo de resolução do mesmo através do método SA. Quando o protótipo estiver completamente operacional, o primeiro submodelo é desnecessário e deve ser eliminado do modelo principal.

Procurou-se que a construção do segundo submodelo fosse o mais independente possível dos dados gerados no primeiro submodelo. Embora nem sempre tenha sido possível concretizar este objectivo, foram identificados todos os casos em que tal não aconteceu. Para cada caso destes desenvolveu-se uma ferramenta específica, com o intuito de facilitar a sua substituição por outra mais adequada a outros conjuntos de dados gerados. No modelo principal da Fig. 2 foi utilizado como submodelo de geração de dados o correspondente a uma cidade reticulada[2] (ver Secção V). Sempre que se pretende testar o protótipo para uma cidade com outra estrutura, troca-se o primeiro submodelo por outro (e também algumas das ferramentas que compõem o segundo submodelo, como anteriormente referido).

Os dados mais importantes do primeiro submodelo incluem: o valor da população residente na cidade, o número de centróides[3], as percentagens de centróides comerciais e industriais existentes, a percentagem prevista do aumento de população e tabelas com as propriedades das condutas comerciais. Daqui resulta informação geográfica, na forma de *layers* ou temas: *layer* dos centróides da cidade, *layer* dos

[2] A estrutura reticulada é uma presença muito comum nas cidades, desde as da antiguidade romana até às da actualidade. A justificação desta prevalência é relativamente simples: a estrutura reticulada optimiza a acessibilidade e as operações de urbanização.

[3] No caso particular de cidades de estrutura reticulada, o número de centróides é substituído pelo número de eixos verticais e horizontais.

centróides do domínio de expansão, *layer* da rede de drenagem existente, *layer* da rede de abastecimento existente e *layer* com a localização do(s) reservatório(s). Este conjunto de *layers*, juntamente com as tabelas das propriedades das condutas comerciais, os pesos a usar na função objectivo e os parâmetros específicos da meta-heurística SA, constituem os dados do segundo submodelo. Da sua execução resulta um conjunto de *layers* − *layer* dos centróides seleccionados no domínio de expansão, *layer* com a nova rede saneamento e *layer* com a nova rede de abastecimento de água; o valor da função objectivo e o número de iterações ocorridas. A informação de saída representa a melhor solução encontrada, em termos de custos, para o problema da expansão simultânea das redes de saneamento e abastecimento de água da cidade.

A Fig. 3 mostra a caixa de diálogo do modelo principal onde o utilizador introduz os dados, para o caso particular em que a cidade gerada tem uma estrutura reticulada.

V. Exemplo de Aplicação: Geração duma Cidade Virtual e Determinação das Melhores Zonas de Expansão

Construíram-se várias ferramentas e modelos ModelBuilder com o objectivo de gerar centróides, ligações entre centróides, redes de saneamento e abastecimento de água, que pudessem representar credivelmente cidades reais. Este conjunto de entidades passa a ser futuramente designado por cidade virtual. Desta forma é possível testar o protótipo, previamente à sua aplicação a um caso de estudo real, e à sua utilização no contexto de um processo concreto de apoio à decisão. Um dos modelos de geração de dados é mostrado na Fig. 4 e corresponde ao caso particular de duma cidade virtual com estrutura reticulada.

A Fig. 5 mostra as *layers* correspondentes a uma cidade virtual reticulada com cinco eixos horizontais e seis eixos verticais estruturantes; ou seja, uma cidade com 30 centróides. Para esta cidade define-se um domínio de expansão por adição de quatro eixos em cada direcção. Admite-se que a forma urbana do domínio de expansão é idêntica à da cidade. O número de eixos de expansão é determinado em função da percentagem de aumento de população previsto e duma densidade populacional considerada aceitável. Na intersecção dos eixos horizontais e verticais posicionam-se os centróides, cuja cota topográfica é determinada de forma parcialmente aleatória. A cada centróide é atribuída uma tipologia – central, residencial, comercial de grande distribuição e industrial -, de acordo com a actividade predominante na zona urbana representada pelo centróide. O tipo e a distância ao centro urbano de cada centróide condicionam os valores da população residente e do emprego (básico e não básico). Por exemplo, aos centróides do tipo industrial não é atribuída população residente; aos centróides do tipo residencial é atribuída população residente em função da distância ao centro urbano, mas não lhes é atribuído emprego do tipo industrial.

Na Fig. 6 são ainda exibidas as *layers* com as redes de saneamento e de abastecimento de água que servem a cidade virtual. O traçado destas redes obedece a regras estritas, garante da coerência e verosimilhança. A rede de saneamento é compatível com a topografia e com a localização plausível do emissário. No traçado da rede de abastecimento começa-se por localizar o reservatório (no ponto mais alto da cidade), seguindo-se a ligação deste aos centróides que constituem o centro urbano, e só depois a ligação aos restantes centróides. Esta lógica traduz a tradicional evolução das redes de abastecimento, fruto de sucessivas expansões urbanas a partir de um núcleo central. O dimensionamento de ambas as redes cumpre o Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e Drenagem de Águas Residuais, por forma a garantir um funcionamento eficaz, quer em termos hidráulicos quer sanitários.

Associada a cada *layer* existe uma tabela de atributos onde os campos retratam, para as entidades representadas, as características numéricas e alfanuméricas relevantes para o problema. Cada linha desta tabela representa uma entidade (um centróide, uma conduta, um reservatório, etc., dependendo da *layer* em causa). Por exemplo, pertencem à da tabela de atributos da *layer* dos centróides da cidade os seguintes campos: "Tipo", "População", "Emprego Total", "Emprego Não Básico", "Emprego Básico Industrial", "Emprego Básico Comércio de Grande Distribuição" e "Emprego Básico Comércio e Serviços". O número total de linhas dessa tabela é igual ao número de centróides da cidade.

As *layers* assim geradas constituem os dados de entrada do modelo "*Simulated Annealing*" do ModelBuilder. As *layers* de saída deste modelo definem a melhor proposta encontrada, em termos de custos de expansão das redes de abastecimento e saneamento, da cidade gerada (Fig. 4). São elas: a *layer* dos centróides das zonas para onde expandir; e as *layers* das redes de saneamento e de abastecimento de água com as novas condutas e a indicação do reforço das redes existentes.

VI. Conclusão

Neste artigo apresenta-se o protótipo de um SADE com vista à análise estratégica da expansão das redes urbanas de saneamento e de abastecimento de água. O protótipo foi desenvolvido integrando um modelo matemático de optimização não linear, inteira-mista e multi-objectivo, no software de SIG ArcGIS. O modelo consiste basicamente na minimização de custos (de investimento e de energia) de expansão (e reforço) das redes urbanas de saneamento e abastecimento de água, sujeita a um conjunto de restrições, nomeadamente, as que garantem o adequado funcionamento hidráulico e sanitário das redes. A integração foi facilitada pelo ambiente amigável de geoprocessamento e modelação do ArcGIS.

Para ilustrar o funcionamento do protótipo gerou-se uma cidade virtual reticulada com cinco eixos horizontais e seis eixos verticais estruturantes e apresentou-se a solução correspondente ao óptimo (local, potencialmente próximo do óptimo global) por aplicação da meta-heurística *Simulated Annealing*. Trata-se de um protótipo e como tal precisa de ser melhorado. Essas melhorias incluem:

- Calibrar/afinar os parâmetros da meta-heurística *Simulated Annealing* e dos pesos na função objectivo.
- Incorporar a rede de transportes.
- Testar o protótipo para outras formas urbanas, nomeadamente, a radial e a espontânea. Isto implica

desenvolver os correspondentes modelos geradores de cidades.

- Considerar que a expansão da rede de abastecimento (e o traçado da existente no caso da geração de cidades virtuais) se pode fazer através de uma rede emalhada. Isto implica a integração de outro(s) método(s) de dimensionamento hidráulico (e. g., método de Hardy-Cross).

Figura 2. Modelo principal do protótipo.

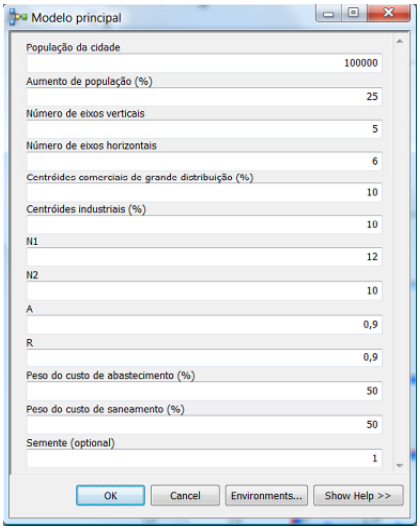


Figura 3. Caixa de diálogo do modelo principal.

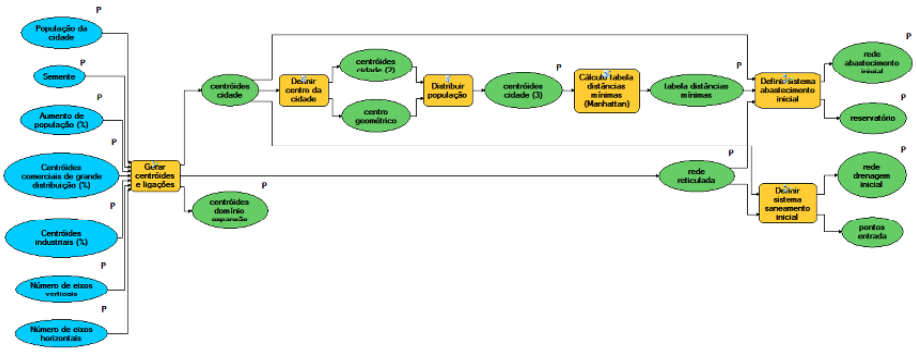


Figura 4. Modelo de geração de uma cidade virtual reticulada e o seu domínio de expansão.

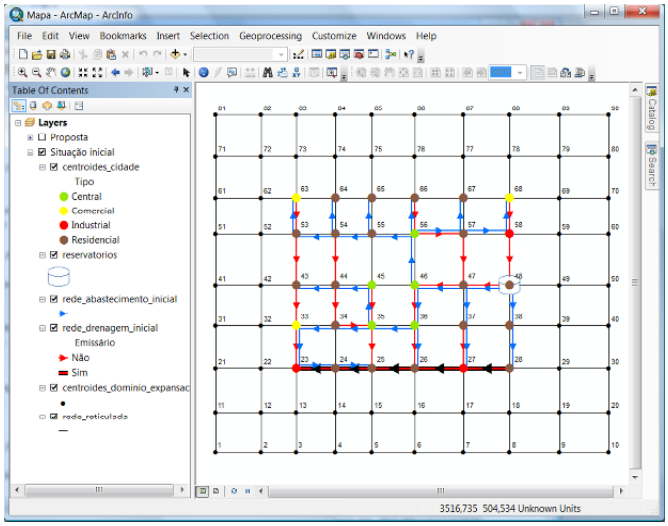


Figura 5. Cidade virtual reticulada com cinco eixos horizontais e seis eixos verticais estruturantes.

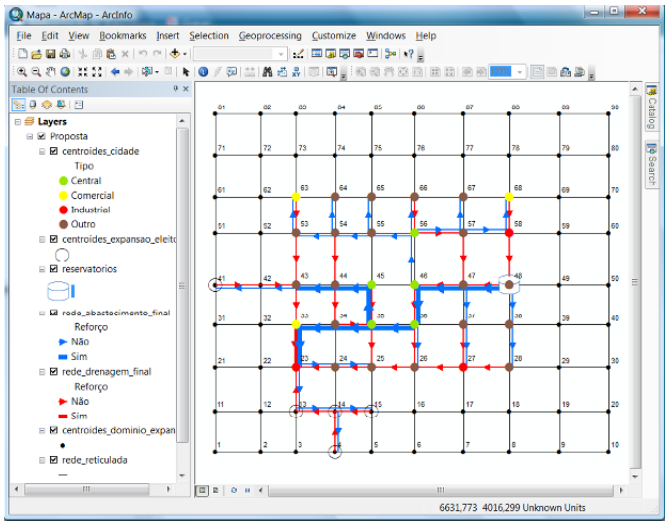


Figura 6. Proposta de expansão de custo mínimo da cidade.

BIBLIOGRAFIA

[1] Worldwatch Institute, Vital Signs 2007-2008, Washington, 2007.

[2] Ana Cristina R. Simão, João M. C. Rodrigues, "Um sistema de apoio à decisão espacial para avaliação multicritério da expansão de redes técnicas urbanas – aplicação ao estudo de um caso em Coimbra", INESC – Coimbra, 2004.

[3] M. C. Cunha and J. Sousa, "Hydraulic infrastructures design using simulated annealing", J. of Infrastructure Systems, ASCE 7(1), 32-39, 2001.

[4] J. Sousa, A. Ribeiro, M. C. Cunha and A. Antunes, "An optimization approach to wastewater systems planning at regional level", Journal of Hydroinformatics, 2002, 4 (2), 115-123.

[5] M. C. Cunha, L. Pinheiro, P. Afonso and J. Sousa, "Decision-aid models for the implementation of the water framework directive", Proceedings of the 4th International Conference on Decision Making in Urban and Civil Engineering (DMUCE), Porto (Portugal), CD Edition, 2004.

[6] ESRI, ArcGIS - A Complete Integrated System. Environmental Systems Research Institute, Inc., Redlands, California. <http://esri.com/arcgis>, 2011.

[7] Python Software Foundation, Python Programming Language. Python Software Foundation, Hampton, New Hampshire. <http://python.org>, 2011.

[8] GISJobs.com, Salary Survey. <http://www.gisjobs.com/survey> (acesso em Outubro de 2008), 2008

AR-based Virtual Musical Instruments using SMC Tracking

David Olivieri, Iván Gómez Conde, Xosé Antón Vila-Sobrino
Department of Computer Science, ESEI
Universidad de Vigo
Ourense, Spain

Abstract— **We describe a real-time computer vision application that creates sound from virtual musical instruments by tracking hand and finger movements with a color-based Sequential Monte Carlo algorithm. We show how the combination of real-time hand tracking, virtual MIDI SoundFont technology, and computer graphics, can be used for producing powerful yet inexpensive augmented reality environments.**

Keywords- Tracking, particle filters, augmented reality, virtual musical instruments

I. INTRODUCTION

Given the computational power of both desktop and hand-held computing devices, Augmented Reality (AR) applications are poised to become ubiquitous and more lifelike than ever. Such applications can combine both audio and visual sensory feedback in order to provide a richer user experience. By taking advantage of computer vision algorithms, any device with a simple video camera can use motion tracking for object localization and/or gesture recognition in order to interact with the user in a fully virtualized augmented environment.

For the musician, AR systems offer the possibility of heightened artistic expression by combining the old and new for making music. By combining computer vision, computer graphics, and real-time audio with Sound-Font technology, a musician could instantaneously instantiate any instrument during the course of a performance with a simple hand gesture, interact with virtual objects, and create an infinite variety of musical sounds. With software based sound fonts and synthesizers, any sound can be produced, thereby allowing for the musician to explore traditional and non-traditional instruments. These AR systems can be portable, just like eBook readers, providing the musician with the power of thousands of instruments with the click of a button in order to control real time performances anyplace and anytime.

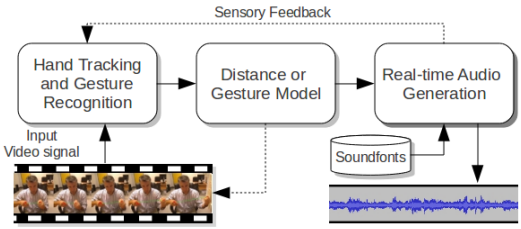


Figure 1. Main components of the AR-based virtual instrument system.

In this paper, we describe our software system that uses Sequential Monte Carlo (SMC) tracking, or particle filters, in order to create an augmented reality environment with synthesized musical sounds from simplified hand action models. In this context, a virtual instrument refers to the real-time music generation obtained by forming musical notes based upon actions from simple visual queues, such as distance between hands, or different hand gestures, without any other visual queues. The actual sound synthesis is provided by a SoundFont technology, which acts as a virtual MIDI device, capable of receiving MIDI commands and transforming it into audio on-the-fly.

Figure 1 shows the basic conceptual components of our system. First either a video clip or a web cam input signal is processed for tracking hands, hand gestures, or fingers. This low-level information is passed to instrument models that will generate notes. Since the action for each instrument is different, the models are constructed for each particular instrument. Next, this information is passed to the real-time audio component that incorporates the SoundFont technology for producing the particular instrument sound given the notes.

Unlike systems based upon expensive IF scanning technologies (such as the popular Kinect system for the Xbox360), our system works with commodity webcams and standard audio cards. Future implementations shall be available for Android based hand-sets and tablets.

II. BACKGROUND AND RELATED WORK

Early AR systems date back as far as 1966 with Sunderland's work [1] on head mounted display (HMD). Since then, AR has taken on many forms, recently reviewed by Carmigniani et al. [2] and has been deployed in many application fields, including entertainment, sports, industry and military. AR is fundamentally different from virtual reality (VR) [3] in that it mixes the real with the virtual, and requires interaction both in real time and in 4-dimensions (3-spatial and audio). In a recent review, Freeman et al. [4] describe how computer vision can be combined with computer graphics for full interaction, which is a critical for AR applications. AR technology has even entered the mainstream gaming market with products such as as Sony's Invizimals, popular on their PSP game console.

Virtualized instruments can be traced back to work Digital Baton [5], which provides control of global musical parameters, such as tempo, as well as the virtual assistant for electric bass guitar, by Cakmakci et al. [6]. Since a major

element of a virtual musical instrument is the music controller interface, recent surveys by Cutler et al [7], and Paradiso [8], provide a detailed taxonomy of different controllers that have been developed, ranging from electromagnetic fields, sensors, and body posture.

Work by Poupyrev et al.[9], developed an application called "Augmented Groove", that uses AR-based controllers in order to allows a user to interactively perform electronic music and collaboratively remix parts of a musical compositions created by the composer. Another recent application, the "Virtual Slide Guitar", by Pakarinen et al.[10], uses complex interactions for controlling guitar sounds. More recently, Mäki-Patola et al.[11] have described their work with virtual instruments.

An important point to keep in mind regard to AR generated virtual musical instruments is that there are no physical boundaries, as with traditional instruments. While many early systems have tried to virtualize traditional instruments, interaction with computer instruments could allow for more complex ways to generate music and give rise to non-traditional note progressions.

III. MOTION TRACKING

A fundamental part of the AR virtual instrument system is the ability to track hands and fingers in real-time video. Tracking objects has a long history in the field of computer vision. In general, foreground objects must be distinguished from complex backgrounds, which is challenging due to complications from illumination, shadows, dynamic backgrounds, changing camera angles, and other complications. Nonetheless, for tracking foreground objects, several well established computer vision techniques are well established and include frame differencing, optical flow, feature based registration, and stochastic methods.

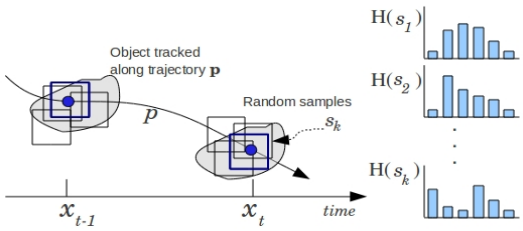


Figure 2. Concept of particle filter tracking of an object: the representative particle samples of individual regions of interest (ROI) of the image frame at time t. The diagram shows the particle filter ROI samples along the trajectory p, and an illustrative representation of the color histograms obtained from each random sample sk. Samples are obtained through an iterative process described in the text which maximizes the lilkelyhood probability given an expected dynamics and the best histogram which matches the reference H.

Background subtraction uses pixel by pixel comparison of the current image to a static reference image in order to detect moving objects. While simple and valid for static backgrounds, the method places stringent constraints on the background image. Temporal differencing uses pixel-wise differencing of a sequence of frames. The method is highly dependent upon different time frames. Optical flow is normally combined with feature selection methods and pyramid algorithms in order to recursively track only "good features" at all scales based upon color gradients and shapes.

The principal problem with the background/foreground segmentation techniques just described is the fact that objects must be constantly in motion. Once objects stop, they inevitably become part of the background scene, and there is no intelligent way to segment them, unless through feature vectors where objects are "registered". This is where the SMC (particle filter) algorithm has its strength. At the cost of exact accuracy in the object position and velocity, color or shape based Monte Carlo sampling can track both moving and stationary objects in a scene over a long period of time, with no other requirement on the background.

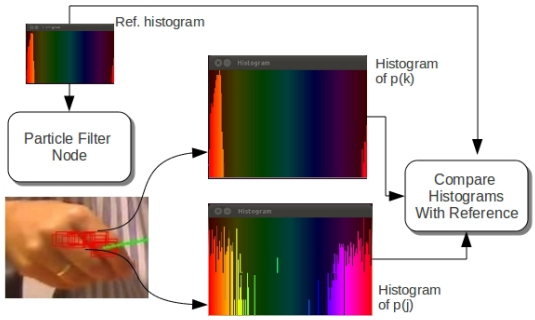


Figure 3. Shows the steps involved in obtaining histograms from each particle region of each node. Each histogram from the particle filter regions are then compared against the reference histogram with a distance metric, as explained in the text.

Thus, for the purpose of hand tracking and gesture recognition, we propose the color based Sequential Monte Carlo algorithm. Monte Carlo methods have a long history for solving complex problems, starting from the seminal paper by Metropolis and Ulam [12]. The Sequential Monte Carlo was first described by Gordon et al.[13] as a Bayesian Kalman filter, and first used in computer vision by Isard and Blake [14] through their so-called condensation algorithm. The particle filter has since become part of the standard repertoire for object tracking problems. Figure 2 illustrates the use of color based particle filters for tracking an object along a trajectory p within an image. In this illustration, the future position of the object is predicted from by including the dynamics from previous states as well as sampling within the neighborhood of the predicted location.

SCM algorithms provide a general framework for a large number of practical development choices that must be made for particular problem domains. Doucet et al.[15] describe the general theoretical foundations of SMC for dynamical systems as Hidden Markov models, where a system can be completely described in terms of: (a) the initial distribution $p(x_0)$, (b) the evolution model $p(x_k \mid x_{0:k-1}, z_{1:k-1}) = p(x_k \mid x_{k-1})$ (using the first-order Markov assumption), and (c) a given likelihood function $p(z_k \mid x_{0:k-1}, z_{1:k-1}) = p(z_k \mid x_x)$, (where the notation $x_{0:t} = x_0, \ldots, x_t$ indicates the states from 0 to t along the trajectory p). The

sequential estimation of the filtering distribution $p(x_k \mid z_{1:k})$ is found formally through the solution of the Chapman - Kolmogorov integral equation, which in practice is solved by Monte Carlo integration. Thus, the SMC method is a sequential version of the Markov Chain Monte Carlo (MCMC) algorithm, where the present time step only depends upon the previous time step.

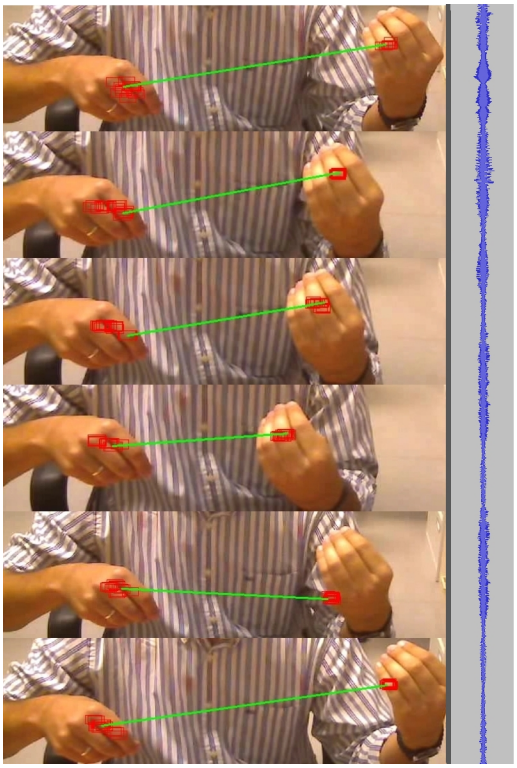


Figure 4. Output frames of video using a particle filter tracking of hands based upon color histograms and using a simple distance metric for correspondence with musical note. (a) Different frames taken from the output video, (b) Audio output based upon a simple distance metric between hands.

Intuitively, the key idea of the SMC method is that we can approximate the "filtering distribution" by a swarm of N weighted particles or elements in the state space. The i-th particle at time point k, represents a sampling x_k^i of the space, while w_k^i $(i=1:N)$ represents its weight, which is a measure how well the model represents the underlying hidden state. The filter distribution is approximated by a Monte Carlo importance sampling process, given by $p(x_k|z_{1:k}) = \Sigma_{i=1:N}\, w_k^i\, \delta(x_k^i)$, where each particle is a possible solution and its weight represents its quality with respect to the underlying state.

Thus, the algorithm represents the posterior distribution function by a set of random samples with associated weights. In the case of SMC applied to images, these samples are regions of interest (ROI), or sub-images. Subsequently, an iterative resampling process is applied in order to mold the distribution at time t into the best possible distribution based upon a maximum likelihood criterion, which in our case is obtained by comparing color histograms of the ROI to reference histograms. This comparison is shown in Figure 3. The resampling step essentially eliminates outlier particles which are far outside the maximum likelihood estimate of the underlying hidden state.

An example of the output of our software tool is shown in Figure 4, which shows the use of particle filters for tracking hands. Also in this figure is the audio output signal (to the right), which is obtained through a particular instrument model that depends upon the instantaneous hand distance.

IV. Software Architecture and Classes

Our software tool *pymusicAR* is written in Python and relies upon the Numpy, Scipy, and the OpenCV [16], which provides a powerful low level computer vision infrastructure. The Python language, and associated modules, provides a rapid code development platform for developing new algorithms. Also, critical sections can be coded in C/C++ and wrapped into python as a module through the integrating the python modules python C-extension API. The architecture of the entire system is shown in Figure 5

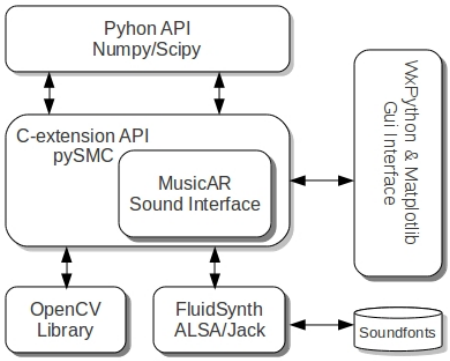


Figure 5. Interdependencies of our core software with the libraries, Numpy/Scipy, pyopencv, and matplotlib. OpenCV for low and high level image processing, as well as and SciPy for mathematical calculations and graphical output.

We have written calculation intensive aspects of the particle filter in a C-extension library, called pySMC, which we can access directly from python. Low level image operations are performed through python-opencv, which is a set of python bindings for the OpenCV library. Despite the complex interplay of C-extensions, the advantages of python development for this project are a large reduction in code, easy access to powerful mathematical and graphical interface libraries, and powerful data structures..

A. *Particle Filter Tracking Implementation*

The principal classes of our application define particle nodes, particles, particle tracks, and a particle model. A particle node

represents the position in time of object k that we wish to track. Particles represent the N_k samples for node k. The particle model contains the specific dynamics and method for evaluating the Likelihoods of the particle samples. An outline of our algorithm is given in Figure 6, which summarizes essential aspects and parameters of the main routine, and interplay of the major classes of our application. The following definitions are required for Listing x: F_t is the image frame at time t in the video sequence, N_F the total number of frames, Q is an instance of the ParticleModel class, ρ_k represents the k-th particle node, while p_k^j represents the j-th particle at node k. We shall describe the principal elements of Figure 6.

Algorithm 1

1: $F_t \leftarrow$ Video; Q = `ParticleModel()` ▷ Initialize Video and Model
2: **while** $t < N_F$ **do** ▷ Main Loop over all video frames
3: **if** $t = 0$ **then**
4: **for** $k \in N_p$ **do** *(loop over $\rho_{node}(k), t = 0$)*
5: $r_k(t_0), \rho_k(t_0)$=`ParticleNode`(k, I_k) *(assign ROI to Node)*
6: $h_k(t_0) = \rho_k$`.hist()` *(Assign ref Hist)*
7: **end for**
8: **else if** $t > 0$ **then**
9: **for** $k \in N_p$ **do** ▷ Loop over $\rho_{node}(k)$)
10: $\rho_k(t)$ =`set_pRegions()`
11: **for** $j \in N_p$ **do**
12: `getROI`$(r_k^j(t))$
13: $p_k^j(t) = Q$`.transition`$(p_k^j \| t-1)$
14: $w_k^j(t) = Q$`.likelihood`(h_k^j)
15: $\hat{w}_k^j(t) = w_k$`.norm_weights()`
16: $\hat{p}_k^j(t) = \rho_k$`.resample()`; $p_k^j = \hat{p}_k^j$
17: **end for**
18: **end for**
19: **end if**
20: **end while**

Figure 6. Pseudo-code of the particle filter algorithm that we have implemented.

The main loop consists of running through the N_F frames of the video sequence. In its simplest form, at $t=0$, that is for the first frame, we establish the $k=1,\ldots,N_\rho$ cells to be tracked by interactively defining particleNode instances, $\rho_k(t_0)$ through the selection of associated image regions $\rho_k(t_0)$ (see line 5). Next, the reference histogram of each node k is obtained (line 6), through a class object HistogramHSV() which calculates histograms information from HSV color-space, and stored in $h_k(t_0)$.

B. Dynamic Model

For subsequent frames ($t>0$), we must now create a swarm of $j=1,\ldots,N\_p$ particles, sampled around the center of the particle node ρ_k(t), which is done on line 11 of Listing x. The particles of node k at time t, denoted $p_k^j\ (t)$ are instances of the Particle class. For each of the j particles, we calculate the transition probabilities (see line 13 of Figure 6) $p(x_t|x_{t-1})$, described in the last section, by using a specific state dynamics prediction model. In the class ParticleModel, we have implemented a second order autoregressive filter model, where the trajectory at x_{t+1} is obtained by including information from previous states together with a stochastic sampling in the following manner: $x_{t+1} = a_1 x_t + a\_2\, x_{t-1} + b\, N(\mu,\backslash\Sigma)$.

C. HSV Space and Histogram Comparison

The next critical step in the particle filter algorithm is to calculate weights of each particle at each time t. Thus, $w_k^j(t)$ is the weight for the j-th particle in node k, at time t, and line 14 of Listing x shows the call to the Likelihood member function of the ParticleModel class. The likelihood condition is found by performing a comparison of the histogram for each $p_k^j(t)$ with the reference histogram $h_k(t_0)$, thereby obtaining the maximum likelihood estimate, $exp[-\lambda D^2(h, h^*)]$, where D depends upon the specific distance metric used, and h and h^* are the two histograms to be compared. Histogram distance comparisons are performed with a Bhattacharya metric.

The final two steps are critical to the SMC particle filter sampling, which is to normalize the particle weights (line 15 of Figure 6), thereby obtaining $w_k^j(t)$, which is subsequently used for resampling the particle distributions for the next timesteps, $p_k^j(t+1)$ -- $p_k^j(t)$ (line 16 of Figure 6). A list object ParticleNode stores the track history of all the points stored as type ParticleTrack.

D. Producing Audio

As described previously, another fundamental part of the application is the generation of real-time based upon an interaction with the user. Figure 7 shows a high level flow diagram of the major steps that our application uses for producing sound.

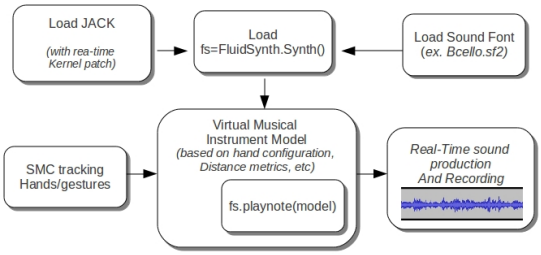


Figure 7. Flow diagram of Sound Production for musicAR.

The first stage for producing sound is to load JACK (http://jackaudio.org/), which is an open source sound server daemon for Linux that provides real-time, low latency connections for both audio and MIDI data between applications that implement its API. JACK can be thought of as a middleware that acts as a patch-board between the low level operating system drivers (controlled by ALSA, for example) and the application layer that requires sound I/O. In our case, we connect musical signals generated from our software (through FluidSynth http://www.fluidsynth.org/), to output sound card ports. So that bytes are passed without interruption, JACK puts stringent requirements on the Kernel scheduling latency. Prior to the Linux 2.6 kernel, real-time optimization could only be obtained through special real-time patches. In this last year, numerous scheduling improvements have been included within the mainline kernel thereby greatly reducing scheduling latency, rendering these special patches unnecessary.

The second step for generating real-time sound, as shown in Figure 7, is the use of the FluidSynth library. This is an open source software synthesizer which converts MIDI note data into an audio signal using SoundFont technology (trademark of

www.digitialsoundfactory.com) without need for a SoundFont-compatible soundcard. In this way, FluidSynth can act as a virtual MIDI device, capable of receiving MIDI data from any program and transforming it into audio on-the-fly. For example, if we want to generate the sound of a cello, then we: (1) load a SoundFont file, which provides many synthesizer parameters for how a cello will sound, (2) generate a note value that we pass to FluidSynth with a MIDI command format, and finally (3) send the generated sound signal to an output sound device through JACK. As mentioned previously, our software generates note values by using specific virtual instrument models that depend upon particular hand motions and actions. For example, in order to generate the sound of a cello, our simple cello model interprets the distance between the tracked hands as the value of the note, thereby using a simple linear relation between distance and note.

V. Experimental Results

While the particle filter method offers many positive benefits, both tracking accuracy and performance are concerns. In general, Monte Carlo methods improve accuracy (up to a limit) by increasing the number of samples, at the cost of performance. Thus, our experiments were important both to characterize the performance and accuracy of the system as a function of the number of samples (particles) used, as well as a function of the free parameters of the model.

A. Performance and Tracking Accuracy

AR systems must operate with real-time performance. Thus, the first study that we undertook was to determine how much "head-room" our system can afford as a function of the number of particles per tracking node. Characterizing the real-time performance is straightforward, since it only requires a measurement of the output frame rate fps (frames per second), measured in real time. In the first measurements, we did not worry too much about the accuracy of the tracking, as long as it was visually reasonable. This is because it is highly dependent upon the autoregressive dynamic model parameters. Two parameters which influence speed performance are the number of particles N, and the size of the particle regions A.

Figure 8a and b shows the performance (measured as frames per second), measured with a timer on main loop after processing each frame, as a function of particle area and number of particles, respectively. As can be seen, the performance drops quite quickly for the increase of N or A, but the results show that in either case, the fps are within acceptable limits for real-time performance.

A more challenging test is to select the optimal dynamic parameters and measuring the accuracy of the tracking. In order to do this, we tracked a simple pendulum generated from OpenGL, which we could use to change the angular frequency, w precisely. Figure 10 shows the results of tests using the pendulum for measuring tracking accuracy (with N=50 particles per node and A=30x30). The right figure shows (A) the reference pendulum, while B ,C,and D, are results of tracking for increasing values of the first term. The left plot of Figure 10 shows the x-position of the pendulum versus time for the case C, which is a value of the second term, which is on the verge of being too fast to track. In case D, the model parameters are not adequate for tracking the pendulum and the tracking fails. In all cases, the fps performance was real-time.

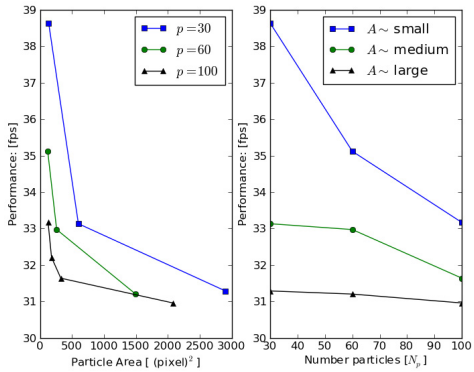


Figure 8. Frame Rate performance of the algorithm in pure Python.

The pendulum tests provide a useful and systematic way for obtaining the dynamic model parameters $a_1, a_2, b\ N(\mu,.:\Sigma)$, from the equation: $x_{t+1} = a_1 x_t + a_2 x_{t-1} + b\ N(\mu,.:\Sigma)$, described previously.

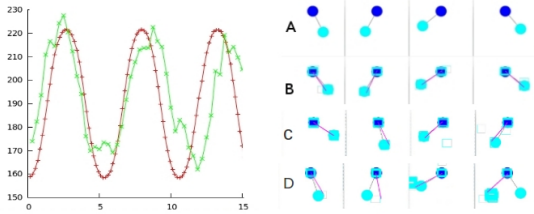


Figure 9. Simple pendulum model used for fixing model parameters. The right figure: (A) pendulum from OpenGL simulation for a ω, (B) low frequency showing perfect tracking, (C) particle filter tracking at limit corresonding to the left diagram, (D) the particle filter is not able to track ω with the model parameters given.

B. Tests with Virtual Instruments.

We have tested our software system and algorithms with different virtual instruments as proof of concept. These initial tests consisted of tracking hands or fingers in different configurations either in the air or with visual props and with appropriate SoundFonts. Figure 10 shows image sequences from six different musical instrument models that have been implemented. For these instrument models of Figure 10, we only require hand tracking, and therefore two particle filter nodes (each node consisting of N particles).

Since each of the examples contains sound output and it is difficult to quantitatively evaluate the success of each model, we have provided evaluation demos of each instrument on our

web page (http://demos.milegroup.net). These tests were performed with a simple webcam, and we tested the system with different backgrounds and lighting conditions. In general, the algorithm performed well for the virtual string based instrument, drums, and trombone, since only the distance or position of the hands is required to generate sound. The violin and guitar are much more limited for the simple model that was implemented and would require more work on hand gestures in order to distinguish different notes or chords. Nonetheless, these simple models do provide a proof of principal, and also suggest that virtualized instruments may not need the same body movements to produce equivalent sounds from the real instrument. For example, a virtual guitar model may consist of the one hand for strumming, while the other hand uses something similar to a sign language gesture in order to distinguish different chords. There is considerable work related to hand gesture recognition [17] [18] [19], and our present and future work is focused upon implementing these algorithms into our instrument models.

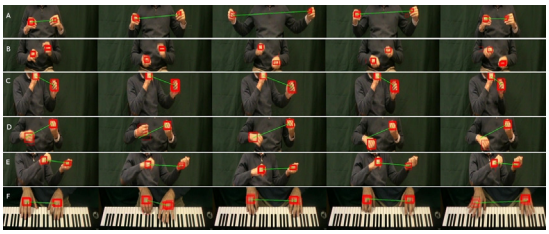


Figure 10. Virtual instruments Tests. The different motions (starting from top) are (A) virtual string based upon distance, (B) drums, (C) trombone, (D) guitar strumming, (E) violin, and (F) determining left-hand right-hand position on piano.

We have also used our software for attempting to construct more sophisticated virtual instrument models, as shown in Figure 11, which tracks individual fingers for piano playing. This represents a challenging problem because the system must distinguish between finger position on the keyboard and the actual piano keys that are pressed. Present work uses constrained particle nodes, where the distance between particles is restricted by a simple spring model. Also, for these studies, a real keyboard was used only to provide a spatial orientation of the hands, however a future version of the software will implement the keyboard virtually with OpenGL.

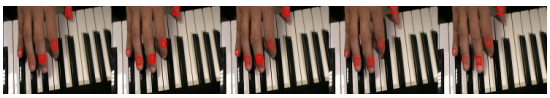


Figure 11. Using multiple particle filters, we can track the position of individual fingers. In this photo, we are using a real piano for orientation only.

VI. Discussion Future Work

Our SMC tracker provides a solid basis for constructing a robust AR system for virtual musical instruments. We have shown that with simple virtual instrument models together with hand tracking, and a synthesizer library, we can provide an interactive environment for real-time musical performance. Since a complete AR system benefits from rich graphical objects that the user can visually interact, future work shall provide the ability to interact with OpenGL 3D objects. We have described models that use tracking based upon HSV color histograms; however we also need to recognize hand configurations as well as their positions. Future work shall investigate the use of shape context

Acknowledgment

The authors acknowledge the support of grant 08SIN002206PR (Xunta de Galicia, Spain).

References

[1] I.E. Sutherland, The head mounted three dimensional display, Proceedings of the AFIPS 68, 1968, p 757-764

[2] J. Carmigniani, B. Furht, M. Anisetti, P. Ceravolo, E. Damiani, and M. Ivkovic, Augmented reality technologies, systems and applications, Multimedia Tools and Applications, 2011, 51(1), pp 341-377.

[3] A. Davies, "Adrift in the virtuality continuum", ACM Comput. Entertain., 2010, 8(1), pp 2:1--2:14

[4] Freeman, W.T., Anderson, D.B., Beardsley, P.A., Dodge, C.N., Roth, M., Weissman, C., Yerazunis, W.S., Kage, H., Kyuma, K., Miyake, Y., Tanaka, K.-I., Computer vision for interactive computer graphics, IEEE Computer Graphics and Applications, 1998, 18(3) , pp 42-52.

[5] T. Marrin, J. Paradiso, , The Digital Baton: A versatile Performance Instrument, Proc. Int. Computer Music Conference; 1997, pp. 313-316

[6] O. Cakmakci, F. Bèrard and J. Coutaz, "An Augmented Reality Based Learning Assistant for Electric Bass Guitar", CLIPS-IMAG BP 53

[7] M. Cutler, G. Robair, Bean, Outer Limits, Electronic Musician Magazine, August 2000, pp. 49-72

[8] J. Paradiso, New Ways to Play, Electronic Music Interfaces, IEEE Spectrum, 1997, 12, pp 18-30,

[9] I. Poupyrev, R. Berry, M. Billinghurst, "Augmented Reality Interface for Electronic Music Performance", ACM Proc. of the SIGCHI on Human factors in computing systems, (2001), 805-808.

[10] J. Pakarinen and T. Puputti and Vesa Välimäki. "Virtual Slide Guitar." Computer Music Journal, 2008, 32.3, pp. 42-54.

[11] Mäki-Patola, T., Kanerva, A., Laitinen, J., Takala, T., "Experiments with Virtual Reality Instruments", Proc. Int. Conf on New Interfaces for Musical Expression (NIME'05), 2005

[12] N. Metropolis and S. Ulam, The Monte Carlo Method, J. Am. Statistical Association, 1949, 44, pp 335-341

[13] N.J. Gordon, D.J. Salmond, and A.F.M. Smith, Novel Approach to nonlinear/non-Gaussian Bayesian state estimation, IEEE Proc. F on Radar and Signal Processing, 1993, 140 (2), pp 107-113,

[14] M. Isard and A. Blake. Condensation – conditional density propagation for visual tracking, Int. J. Computer Vision, 1998, 29, pp. 5-28,

[15] A. Doucet, N. de Freitas, and N. Gordon. Sequential Monte Carlo methods in practice, Springer Verlag, 2001

[16] G. Bradski and A. Kaehler, Learning the OpenCV: Computer Vision with the OpenCV Library, O'Reilly, 2008, ISBN: 078-0-596-51613-0

[17] F. Dadgostar, A. Barczak, A. Sarrafzadeh, 2005, A Color Hand

[18] M. Wanderley, M. Battier, Trends in Gestural Control of Music, 2000

[19] Dan Overholt. (2009) The Musical Interface Technology Design Space. Organised Sound 14:02, 217, 2009

[20] M.M. Wanderley, P. Depalle. (2004) Gestural Control of Sound Synthesis. Proc. of the IEEE 92:4, 632-6

Biometrias Multimodais Cognitivas

Uma nova abordagem no reconhecimento de utilizadores

Lurdes Faria, Vítor J. Sá, Sérgio Tenreiro de Magalhães
Faculdade de Ciências Sociais, Universidade Católica Portuguesa (UCP)
Braga, Portugal
lurdes.faria@netcabo.pt, {vitor.sa, stmagalhaes}@braga.ucp.pt

Resumo - **As biometrias cognitivas representam uma nova abordagem nos sistemas de identificação e/ou autenticação de pessoas, utilizando sinais biológicos que caracterizam a resposta do cérebro a determinados estímulos, conferindo um elevado grau de unicidade ao indivíduo. Neste trabalho, enquadram-se as biometrias cognitivas nas biometrias em geral, tendo em conta a forma como se pode medir o desempenho de um sistema biométrico. Pretende-se realizar uma revisão de literatura numa área particular da segurança da informação, com o objectivo de perspectivar possíveis caminhos de investigação.**

Estudos científicos comprovam que sinais biológicos capturados através de electrocardiogramas (ECG), electroencefalogramas (EEG) e respostas dermoeléctricas (EDR), com recurso a eléctrodos colocados em partes específicas do corpo, garantem a possibilidade de autenticação de indivíduos e a sua identificação, em alguns casos. Isto pode ser bastante útil para os sistemas de segurança mais exigentes, com a utilização destas técnicas individualmente ou através da combinação de várias técnicas biométricas, de modo a que o processo de reconhecimento seja mais eficiente.

Palavras-chave - biometrias; biometrias cognitivas; autenticação; ECG; EEG; EDR; multimodal

I. INTRODUÇÃO

O principal propósito da segurança da informação é garantir a confidencialidade, integridade e disponibilidade de todo o tipo de dados. As estratégias tradicionais de reconhecimento envolvem normalmente cartões de identificação, senhas e números de PIN que podem ser facilmente roubados, manipulados ou falsificados [1]. Além disso, a utilização de palavras-chave seguras, difíceis de adivinhar e, portanto, difíceis de memorizar, levantam uma série de questões sobre a sua confidencialidade e transmissibilidade. O desafio é facilitar a segurança das pessoas e dos dados, através de mecanismos em que estas não tenham que se esforçar para se lembrar de qualquer coisa, dando origem a novas formas de reconhecimento. O princípio consiste sempre em estabelecer uma ligação entre um indivíduo e uma identidade digital, que pode ser dividido em duas categorias principais, a autenticação e a identificação [2], conforme o que se pretenda seja, respectivamente, confirmar ou determinar a identidade do utilizador.

A biometria, como técnica para segurança de dados, apresenta-se como uma alternativa menos susceptível a fraudes, por utilizar características físicas ou comportamentais das pessoas, que pouco ou nada variam ao longo do tempo, são intransferíveis e únicas para cada indivíduo, para além de estarem sempre disponíveis. Tem-se verificado um contínuo aumento de técnicas biométricas como forma de responder às exigências actuais. Cada técnica tem as suas vantagens comparada com as outras, não existindo nenhuma técnica que consiga satisfazer por completo as necessidades actuais de segurança. Daí o aparecimento de novas biometrias, como o caso das biometrias cognitivas.

As biometrias cognitivas estão na vanguarda das biometrias, sendo consideradas uma extensão das biometrias comportamentais, no sentido em que incorpora o estado emocional e/ou mental produzido durante o processo de autenticação. De facto, as biometrias cognitivas conseguem abarcar aspectos da biometria comportamental e fisiológica pois utiliza conhecimentos de outras áreas, como a psicofisiologia e neurociência, a fim de oferecer esquemas de autenticação eficazes e eficientes. É, então, necessário saber de que forma determinados processos fisiológicos associados à cognição podem ser aproveitados adequadamente para se extrair a individualidade de uma pessoa em termos quantificáveis [3].

As biometrias cognitivas representam, assim, uma nova abordagem, onde são utilizados sinais biológicos representativos dos estados mentais e emocionais para a autenticação dos utilizadores, recorrendo a instrumentos como electrocardiogramas (ECG), electroencefalogramas (EEG) e respostas dermoeléctricas (EDR – Electrodermal Response), sinais que são gerados pelo coração, cérebro e sistema nervoso, respectivamente [4].

II. DESENVOLVIMENTO

A. Biometrias

Biometria (do grego Bios = vida, metron = medida) é o uso de características biológicas em mecanismos de identificação. Entre essas características podemos considerar a íris, a retina, a impressão digital, a voz, o formato do rosto, a geometria da mão, o DNA e odores do corpo [5].

Ao longo do tempo, as técnicas biométricas têm vindo a ser consideradas as melhores soluções para o desenvolvimento de sistemas de segurança, uma vez que cada pessoa possui características diferentes e únicas. Para além disso, apesar de existir a possibilidade de enganar os dispositivos de identificação biométrica, é muito difícil copiar uma característica física e, dependendo do que é usado na identificação, a cópia é praticamente impossível.

As características biométricas podem ser divididas em [6]:

- Fisiológicas - estão relacionadas com a forma do corpo, como, por exemplo, a impressão digital, o reconhecimento facial, a geometria da mão e palma da mão ou o reconhecimento da íris;
- Comportamentais - estão relacionadas com o comportamento de uma pessoa (verificação de assinatura, dinâmica de digitação, voz, entre outras).

O processo de identificação biométrica, qualquer que seja a característica a usar, parte do princípio comparativo, podendo-se identificar três fases: a captura de uma amostra biométrica de dados; extracção de características, através das suas propriedades, para se criar uma assinatura biométrica; e por fim a comparação [7]. Essa comparação pode ser feita de duas formas:

- Autenticação (de "um-para-um") - a característica do indivíduo é comparada com a informação que foi previamente armazenada na base de dados;
- Identificação (de "um-para-muitos") - a característica do indivíduo é comparada com todas as informações existentes na base de dados.

Ou seja, identificação e autenticação destinam-se a aplicações distintas. No modo de autenticação, as pessoas supostamente devem cooperar com o sistema (o indivíduo quer ser aceite). As principais aplicações englobam os sistemas de controlo de acesso (como aeroportos, acesso a um computador ou a dispositivos móveis), autenticação de transacções (efectuadas com cartão de crédito bancário ou na efectuação de compras por via remota), correio de voz ou teletrabalho. Por outro lado, no modo de identificação, as pessoas geralmente não são abrangidas pelo sistema e, muitas vezes, não querem ser identificadas [8].

O desempenho de um sistema biométrico é medido através de duas taxas [9]:

- FAR (*False Acceptation Rate* ou Taxa de Falsas Aceitações) – mede a probabilidade do sistema aceitar uma pessoa não autorizada, portanto quanto menor a probabilidade mais confiável é o sistema.
- FRR (*False Rejection Rate* ou Taxa de Falsas Rejeições) – mede a probabilidade de o sistema não reconhecer uma pessoa, logo quanto menor for esta taxa mais o sistema terá a certeza da identificação de um indivíduo.

O CER (*Crossover Error Rate* – Taxa de Intersecção de Erros) representa o ponto de equilíbrio (figura 1). Quanto mais baixo for o CER mais preciso é um sistema biométrico.

Uma característica biométrica deve atender a alguns critérios, como a sua universalidade. Para além disso, uma característica biométrica forte deve ser distinta de uma população, de modo a formar uma assinatura individual exclusiva. Existem dúvidas se o poder discriminativo de algumas características biométricas analisadas é suficientemente forte e apropriado para uso biométrico (por exemplo, o odor). A taxa de permanência é outro critério. Este requisito dita que as características empregues não devem alterar consideravelmente ao longo de um período de tempo considerável [1].

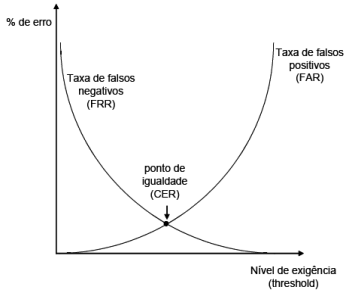


Figura 1 – CER

Na implementação prática das técnicas biométricas, é necessário ter em conta os seguintes parâmetros: desempenho - significa que um sistema precisa de actuar com rapidez e precisão; aceitabilidade - significa que as pessoas devem aceitar o sistema facilmente; evasão - refere-se à facilidade em enganar o sistema por meio de técnicas fraudulentas [10].

Os métodos utilizados pelas biometrias podem ser divididos em duas categorias principais: os invasivos e os não invasivos, de acordo com o nível de incómodo que cada sistema desencadeia perante o utilizador.

B. Biometrias Cognitivas

As biometrias cognitivas podem ser definidas como métodos e tecnologias para o reconhecimento dos seres humanos com base na medição de sinais gerados directa ou indirectamente pelos seus processos de pensamento [4].

Ou seja, as biometrias cognitivas baseiam-se nas respostas específicas do cérebro aos estímulos que lhe são apresentados. Alguns métodos biométricos, originalmente são considerados como comportamentais, podem envolver processos mentais significativos que os tornam legíveis para as biometrias cognitivas. Por exemplo, *keystroke dynamics* é um método que analisa a dinâmica do pressionar das teclas e pode ser utilizado nas biometrias cognitivas quando são avaliadas as respostas do utilizador aos estímulos mentais criados no processo de interacção com o teclado. Assim, podem ser implementadas novas abordagens de autenticação com base em tarefas que provocam estados mentais significativos e específicos, como por exemplo, o modo como alguém joga um jogo ou a matemática mental utilizada em determinada situação [3].

Nas biometrias cognitivas, a própria pessoa desconhece como pensa, como reage, e, portanto, é uma característica única, não se pode partilhar, e as reacções face a acontecimentos passados são diferentes de pessoa para pessoa, pois não viveram as mesmas situações. No entanto, algumas questões são aqui levantadas: Como é que isto pode ser medido? Como tornar exequível este tipo de segurança? Como é que reagem as pessoas à implementação deste tipo de segurança? Que equilíbrio deve ser criado entre a utilização da privacidade das pessoas e o facto de sentirem que o acesso à informação é efectivamente seguro [11].

Um dos factores que leva ao desenvolvimento das biometrias cognitivas deve-se ao facto de que a característica biológica utilizada não pode ser obtida casualmente por alguém externo ao sistema, o que torna difícil o acesso a tais sinais e, portanto, melhora a resistência dos sistemas biométricos a ataques fraudulentos. Além disso, existe a capacidade de afirmar uma identidade através de padrões de pensamento simples, tipo "assinatura de pensamento", melhorando assim a possibilidade de utilização de tais sistemas. Esse recurso pode ser particularmente útil para pessoas com deficiência, para os quais outros meios de interacção com sensores biométricos podem não ser possíveis [4].

Estudos recentes em neurociências e psiquiatria relatam que a geração de ritmos ou de números aleatórios é uma tarefa cognitiva que acarreta bastante informação para discriminar entre populações clínicas diferentes. Quando se pede a alguém para gerar (verbalmente ou através do teclado) números aleatórios, há uma carga cognitiva implicada, devido à interacção próxima entre a memória a curto prazo e mecanismos interiorizados da tomada de decisão. Nesses estudos, demonstrou-se que cada indivíduo tem os seus próprios ritmos no batimento espontâneo do dedo, o que requer uma interacção sensorial e motora, para além de redes corticais específicas [12].

O que faz com que uma determinada biometria seja classificada como cognitiva é o facto de recorrer a instrumentos que permitem identificar a reacção da pessoa perante um determinado estímulo, recolhendo sinais biológicos através de, neste caso, ECGs, EEGs e EDRs. Estes sinais biológicos podem ser adquiridos em diversas circunstâncias, existindo uma interacção homem-máquina. Cada um destes sinais apresenta um leque de informações que podem ser extraídas facilmente, com o objectivo de obter uma autenticação.

C. ECG

Um electrocardiograma regista a actividade eléctrica gerada pelo batimento cardíaco, sendo normalmente utilizado na investigação e tratamento de doenças cardíacas. Através da colocação de eléctrodos em determinadas regiões em torno do coração consegue-se detectar e gravar os sinais gerados pelo batimento do coração que formam um padrão regular (figura 2). Este sinal foi utilizado por Forsen, em 1977, na tentativa de determinar a individualidade do ECG, tendo concluído que cada indivíduo apresentava um sinal exclusivo, propondo que isso serviria como uma técnica biométrica bastante útil. Também Agrafioti, em 2008 [1], na sua tese de mestrado, estudou a aplicabilidade do sinal do ECG como uma técnica biométrica, tendo observado que a actividade eléctrica do coração incorpora características muito distintas, podendo ser utilizada, por exemplo, para o reconhecimento de seres humanos.

Um estudo, realizado por Israel e colegas [13], analisou a estabilidade do ECG enquanto método biométrico e mostrou que os recursos extraídos são independentes da localização do sensor, do estado de ansiedade e exclusiva para cada indivíduo. As tarefas destinavam-se a estimular diferentes estados de ansiedade, medindo as pulsações em dois pontos diferentes (pescoço e peito). Nestes testes, os investigadores conseguiram classificar 82% e 72% das pulsações em cada um dos diferentes pontos, respectivamente, tendo-se alcançado uma taxa de 100% na identificação das pessoas envolvidas [4].

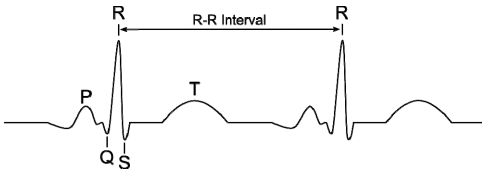


Figura 2 - Um padrão típico de ECG para um batimento cardíaco. (http://eleceng.dit.ie/tburke/biomed/assignment1.html)

A análise de um ECG engloba uma primeira fase de pré-processamento onde são removidos ou suprimidos os ruídos do sinal, passando-se à fase em que são extraídas informações de diagnóstico, como a amplitude do sinal de ECG, os ângulos dos pontos PQR, QRS e RST, o intervalo entre os pontos R-R e as diferenças de tempo entre os vários picos, vales e a duração dos picos de um único sinal de ECG. Foi observado que o bater do coração de uma pessoa sofre alterações desde a infância até ao seu estado adulto. Contudo, as características de amplitude sofrem uma mudança mínima com a idade (a amplitude da onda P – ver figura 2 - permanece constante durante toda a vida), daí que estas medições de amplitude máxima possam ser seleccionadas para um sistema de autenticação biométrica baseado no ECG [10].

Segundo um estudo efectuado com 25 voluntários dos dois sexos, mostrou-se que, considerando as ondas médias do ECG correspondentes a 10 batimentos cardíacos, foi possível conseguir taxas de reconhecimento na ordem dos 99%, tendo em conta 90s de sinal adquirido [14].

Na utilização de biometrias para autenticação de utilizadores, um sistema multimodal que inclui o ECG permite aumentar a precisão e solidez. No mínimo, o ECG permite a detecção de vida. No entanto, é importante mencionar que a técnica poderá ter algumas dificuldades de implementação, pois exige a colocação de eléctrodos no corpo da pessoa, fazendo com que os procedimentos de registo e teste sejam demorados [12].

D. EEG

A actividade do cérebro medida em ondas eléctricas é exclusiva para cada indivíduo e o EEG pode ser utilizado para identificação biométrica, de acordo com estudos já realizados. Os autores asseguram que o uso do EEG como uma solução biométrica tem várias vantagens: é confidencial (pois corresponde a uma tarefa mental), é muito difícil de imitar e é quase impossível de ser copiado ou roubado. No entanto, ficou também evidenciado que há algumas tarefas mentais que são mais adequadas para a autenticação de pessoas do que outras [8].

Quando uma pessoa executa uma tarefa específica, tal como a percepção visual, tarefas de memória de curto prazo ou tarefas verbais, há regiões específicas do cérebro que se tornam activas. Um EEG pode ser usado para identificar essas regiões que estão associadas ao desempenho das tarefas que envolvem

a cognição. Tipicamente, o EEG apresenta uma série de faixas de frequência que foram correlacionadas com os estados cognitivos. Estas faixas têm designações específicas: delta, theta, alfa, beta e gamma, que reflectem mudanças na frequência (figura 3). Por exemplo, a onda do delta é associada ao ponto baixo - a oscilações da frequência (0.1-3Hz), e as ondas gamma ocorrem com frequências acima de 30 hertz. Numa análise espectral, examinam-se as diversas faixas de frequência, o que pode ser usado para a autenticação de uma pessoa. De notar que, embora o registo de EEG varie mesmo quando medido no mesmo indivíduo e sob circunstâncias idênticas, há um determinado nível de individualidade que lhe está subjacente [4].

De facto, uma pessoa gera sinais que podem ser capturados utilizando a tecnologia do EEG quando pensa em algo, como, por exemplo, numa *password*. Quando uma tarefa é repetida um determinado número de vezes, consegue-se retirar todo o sinal de fundo ("ruído"), ficando somente a parte do sinal que é responsável ou induzido pelo desempenho da tarefa. O sinal que fica associado ao estímulo apresentado domina-se por "*event related potencial*" (ERP) [4].

Em estudos realizados, esta tecnologia foi utilizada para identificar indivíduos, tendo-se obtido taxas de sucesso entre os 80% e 100%, o que sugere que a utilização do EEG e dos ERPs para autenticação de utilizadores consegue fornecer níveis muito elevados de exactidão [15].

Contudo, para que esta técnica seja utilizada como suporte a um método de autenticação em tempo real, é necessário ter em atenção alguns aspectos: o procedimento requer a participação absoluta do sujeito, e é dependente dele e da sua condição mental actual, para além de que a correcta colocação dos eléctrodos na posição certa, tal como o processo de recolha do sinal (EEG), levam um tempo significativo [12].

E. EDR

As respostas dermoeléctricas (EDR) medem a condutância eléctrica da pele, que varia de acordo com o seu nível de humidade. As glândulas sudoríferas são controladas pelo sistema nervoso, daí que seja usada como uma indicação psicológica ou fisiológica de excitação. Um EDR é altamente sensível às emoções em algumas pessoas, tal como sentimentos de medo, raiva, reacção de sobressalto, entre outros, que podem produzir respostas variadas ao nível de condutância da pele. Estas reacções são actualmente utilizadas como parte do polígrafo ou detector de mentiras [16].

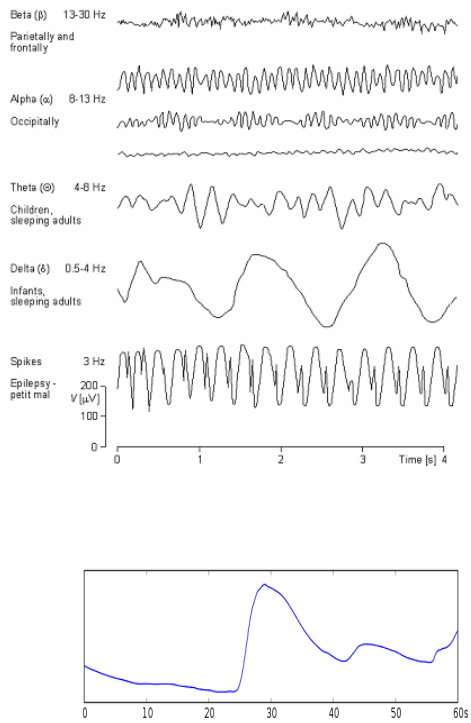


Figura 4 - Exemplo de um sinal EDR para uma amostra de 60s. (http://en.wikipedia.org/wiki/Galvanic_skin_response)

Estes sinais podem ser medidos utilizando-se a mesma tecnologia dos ECG e EEG. A figura 4 apresenta um sinal típico de um EDR, que mede a condutividade eléctrica entre dois pontos.

Assim, uma vez que um EDR permite obter informações acerca dos estados emocionais de um indivíduo, estes dados podem ser utilizados para a autenticação de utilizadores, apesar de, neste momento, haver pouca informação publicada que comprove a utilização de EDR como técnica biométrica. Contudo, pelo facto de determinar se um indivíduo está nervoso durante a autenticação, por exemplo, justifica a utilização desta medida, em combinação com outras técnicas biométricas, como forma de garantir acessos seguros. Para além disso, os eléctrodos para captura de um EDR podem ser posicionados mais ou mais menos em qualquer parte do corpo, uma vez que o sinal não é afectado pela actividade muscular. Da mesma forma, um EDR permite ser ainda mais individualizado, na medida em que, teoricamente, existe um factor genético associado às características individuais do ECG/EEG [4].

F. Integração Multimodal

O problema de combinar dois ou mais testes de identidade aparenta ser paradoxal. Se, por um lado, parece evidente que

obter mais informação é melhor do que obter menos informação, por outro lado, deduz-se que ao combinar um teste forte com outro mais fraco a eficácia do sistema estará entre os dois testes, ou seja, pior que o mais forte e melhor que o mais fraco [17]. Segundo este ponto de vista conclui-se que não se deve combinar uma biometria forte com uma fraca. Em outras situações prova-se a inadequação de estratégias unimodais, tendo em conta o seu custo de implementação, que pode ser alto para um elevado grau de precisão, comparativamente com uma solução multimodal, que poderá ter uma menor precisão se considerarmos as biometrias isoladamente, mas com uma qualidade superior quando combinadas, bem como com um menor custo de implementação [18].

Um sistema multimodal pode operar em modo série, modo paralelo ou modo hierárquico. No modo série o número de identidades possíveis vai reduzindo de modalidade em modalidade, podendo a decisão ser tomada antes de todas as capturas, no modo paralelo a informação das várias modalidades é utilizada em simultâneo, e no modo hierárquico os diferentes reconhecimentos são classificados numa estrutura em árvore [19].

No âmbito das biometrias comportamentais, é possível distinguir duas classes de sistemas multimodais - uma em que a integração do sinal ocorre ao nível das suas características (*early fusion*) e outra em que a integração ocorre a um nível semântico (*late fusion*). A primeira é baseada em Cadeias de Markov com Estados Latentes (Multiple Hidden Markov Models) ou Redes Neuronais Temporais, sendo adequada para modalidades intimamente ligadas e sincronizadas, enquanto que a segunda é baseada em entradas amodais, sendo mais apropriada quando os modos diferem substancialmente quanto à escala temporal das suas características [20].

III. Conclusões

Existem três formas de autenticar um utilizador: pelo que sabe, pelo que tem, ou pelo que é. Tendo em conta a actual conjuntura mundial, no que respeita às necessidades de segurança e controlo de pessoas, é imprescindível recorrer a meios que confiram um grau de confiança cada vez mais elevado. A biometria comporta essa credibilidade e segurança, pelo facto de basear-se em características biológicas pessoais, à partida intransmissíveis e resistentes a fraudes.

As biometrias cognitivas formam uma extensão às biometrias comportamentais, na medida em que incorporam estados mentais durante o processo de autenticação. Para tal, são utilizados métodos que permitem gravar os estados emocionais e cognitivos de um indivíduo e, pelo facto de recorrer a sinais biológicos, como ECG, EEG e EDR, para avaliar os processos de pensamento associados a determinados estímulos, tornam-se numa medida mais fiável e única. Estes sinais podem ser utilizados individualmente ou como parte de um sistema multimodal, onde estão combinadas diferentes biometrias.

No entanto, as biometrias cognitivas acarretam interesses sociais, legais e éticos. É necessário ter em conta a relevância dos dados biométricos, como devem ser protegidos legalmente e de que forma podem ser obtidos, considerando uma participação mais ou menos passiva por parte do indivíduo a reconhecer. Um sistema biométrico deve garantir a confidencialidade dos dados, sendo a encriptação uma hipótese a ter em conta, em especial em caso de roubo dos dados. De qualquer forma, as bases de dados biométricos devem armazenar a informação no seu estado mais cru e com o mínimo de dados necessários.

Apesar de existirem já diversos estudos e trabalhos publicados que comprovam que as biometrias cognitivas podem ser utilizadas como forma de reconhecimento, torna-se necessário a existência de sistemas biométricos que garantam um bom desempenho em aplicações de segurança, face a situações reais, que devem ser testados em bases de dados de grande dimensão. Num futuro próximo, estas técnicas biométricas incorporadas em sistemas multimodais, poderão representar uma solução para os casos específicos de segurança da informação, onde a margem de erro na autenticação de indivíduos é nula.

Este artigo de revisão de literatura numa área tão sensível como é a segurança da informação, perspectiva um novo caminho de investigação. Com o estado actual da tecnologia, as biometrias cognitivas ainda não atingiram um grau de maturidade para uma ampla difusão mas, quando combinadas entre elas ou com outras formas de reconhecimento, poderão ser uma realidade de uso comum a curto prazo. Imaginemos as potencialidades de um iPad, com o reconhecimento de gestos que já possui, complementado com sensores da condutividade eléctrica da pele.

Referências

[1] F. Agrafioti, Robust subject recognition using the Electrocardiogram, MSc Thesis, 2008.

[2] N. V. Boulgouris, Biometrics: Theory, Methods, and Applications. Wiley-IEEE, 2010.

[3] K. Revett, International Journal of Cognitive Biometrics (IJCB). Publishers, Inderscience. Retrieved December 2010, from http://www.inderscience.com/browse/index.php?journalCODE=ijcb.

[4] K. Revett, F. Deravi and K. Sirlantzis, "Biosignals for User Authentication - Towards Cognitive Biometrics?", IEEE International Conference on Emerging Security Technologies, 71-76, 2011.

[5] A. Emerson, Introdução à Biometria, 2005, Retrieved December 2010, from http://www.infowester.com/biometria.php.

[6] D. Bhattacharyya, R. Ranjan, F. Alisherov A. and M. Choi, "Biometric authentication: A Review", International Journal of u- and e- Service, Science and Technology, vol. 2, n. 3, 2009.

[7] R. Carreira, Concepção de um Sistema Alternativo de Reconhecimento de Íris Cooperativo, 2009, Retrieved from http://www.di.ubi.pt/ ~hugomcp/ doc/TeseMscRicardoCarreira.pdf.

[8] S. Marcel and J. Millán, "Person Authentication Using Brainwaves (EEG) and Maximum a Posteriori Model Adaptation", IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 29, n. 4, pp. 743-752, Special issue on Biometrics, 2007.

[9] P. S. Magalhães and H. D. Santos, "Biometria e autenticação", Actas da 4ª Conferência da Associação Portuguesa de Sistemas de Informação". Porto, 2003.

[10] S. K. Singla and A. Sharma, "ECG as Biometric in the Automated World", International Journal of Computer Science & Communication, vol. 1, pp. 281-283, 2010.

[11] What is a cognitive biometric. (2007). Retrieved December 27, 2010, from http://patrickaudley.com/podcasts/pod/cogpod001.

[12] G. Goudelis, A. Tefas and I. Pitas, “Emerging biometric modalities: a survey”, Journal on Multimodal User Interfaces, vol. 2, pp. 217-235, 2009.

[13] S. Israel, J. Irvine, A. Cheng, M. Wiederhold and B. Wiederhold, ”ECG to identify individuals”, Pattern Recognition, vol. 38, pp. 133-142, 2005.

[14] H.H.P. Silva, H.F.S. Gamboa, A. L. N. Fred, “Applicability of Lead V2 ECG Measurements in Biometrics”, In Proceedings of Med-e-Tel, 2007.

[15] K. Revett e S. T. de Magalhães, “Cognitive Biometrics: Challenges for the Future”, Global Security, Safety, and Sustainability - Communications in Computer and Information Science, vol. 92, pp. 79-86, Springer, 2010.

[16] J. E. Reid e F. E. Inbau, Truth and deception: The polygraph (lie-detector) technique, 2nd ed., vol. 17. Williams & Wilkins Co., 1977.

[17] J. Daugman, “Combining multiple biometrics,” Retrieved January 20, 2011, from http://www.cl.cam.ac.uk/users/jgd1000/combine.

[18] P. Bhattacharya, P. R. Srivastava, A. Rajakoti and V. V. Kumar, “An integrated authentication framework based on multi-tier biometrics”, International Journal of Biometrics, vol. 3, pp. 13-39, 20l1.

[19] Ross, A., & Jain, A. K., “Multimodal biometrics: An overview”. In 12th European Signal Processing Conference (EUSIPCO), Vienna, Austria, pp. 1221–1224, 2004.

[20] V. J. Sá, C. Malerczyk and M. Schnaider, "Vision-Based Interaction within a Multimodal Framework", in Selected Readings in Computer Graphics 2001, J. L. Encarnacao, Ed., Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag, pp. 271–350, 2002.

Academic Adjustment: a pilot to assess the potential of a virtual mentoring scheme

Joanne Smailes
Northumbria University
United Kingdom
joanne.smailes@northumbria.ac.uk

Elsa Fontainha
ISEG - Technical University of Lisbon
Portugal
elmano@iseg.utl.pt

Abstract - **Support systems are vital for university entrants and one established means of support is peer mentoring which has the potential to improve student engagement and retention. Mentoring models are generally based on face-to-face contact. However, given the increasing number of higher education institutions using social media, might online models be beneficial in a support context? This paper by means of examining extant literature complemented by a case study considered three virtual models: social networking sites (SNS), virtual learning environments (VLE) and virtual worlds. Findings indicated that the social networking model had the most potential. A pilot study by business programmes at Northumbria University is now being undertaken. Technical issues have been encountered and overcome. However, further analysis is required to fully establish the long term viability and potential extensions to the model.**

Keywords - social software, collaborative learning, academic integration.

I. INTRODUCTION

Students enter university with expectations and aspirations which in first few crucial weeks of study can influence their subsequent academic integration and achievement [1]. Christie, Tett, Cree, Hounsell and McClune [2] recognise that "*becoming a university student is an intrinsically emotional process*" [2, p. 567] and suggest that university cultures need to adapt and become partially accountable for the adjust process.

Students' success is affected positively by the sense of identification with their peers [3]. Eggens, van der Werf and Bosker [4] note that personal networks affect student attainment and Clifton, Perry, Stubbs and Roberts [5] observes how peers give an individual the sense of coping and hence perceived control over academic progress. The assessment of how well a student is adjusting to university includes the consideration of academic, social, personal-emotional factors and the commitment/institutional attachment.

Due to the explosion of mobile technology use within the general population, today's students are often referred to as either the Net Generation or Digital Natives [6, 7]. Prensky [6] and Baston [8] note that our educational systems are not yet fully recognising the changes which have arisen from this generation. Therefore, we should be seeking ways to embrace technology for the purposes of academic adjustment. This paper begins by summarising a scoping study undertaken by Northumbria University, Newcastle upon Tyne, UK which considered the advantages and disadvantages of three potential virtual models designed to assist in the academic adjustment process. The paper then goes on to report on the current progress of a pilot support model and finally poses the future possibilities of the model in terms of international developments.

II. ACADEMIC ADJUSTMENT THROUGH MENTORING

To assist in the adjustment process, peer mentoring is one method which is commonly employed by higher education institutions. As a topic, peer mentoring is a well established area of research which is reviewed on a regular basis [9-12]. As defined by Terrion and Leonard [12, p. 150): *"peer mentoring is a helping relationship in which two individuals of similar age and/or experience come together, either informally or through formal mentoring schemes, in the pursuit of fulfilling some combination of functions that are career-related (e.g. information sharing, career strategizing) and psychosocial (e.g. confirmation, emotional support, personal feedback, friendship)".* Within Higher Education, this usually involves more experienced students supporting new students during their academic and personal development. As highlighted in previous paper from one of the named authors above [13], peer mentoring has been found to be effective in (i) improving the first year experience of students [14-17]; (ii) increasing student retention [18-20]; (iii) improving achievement, with some suggesting peer mentoring users gain higher mean grades than non-users [21-23].

A recent UK report found that over 80 UK institutions operate some form of mentoring scheme the vast majority operate a traditional face to face model [24]. The content analysis undertaken indicates a virtual based scheme is a rarity, although a handful of institutions use email as a supplement to contact. There is some increasing interest in the potential of virtual support mechanisms. For example, Madge, Meek, Wellens and Hooley [25] explores social networking and

observed how pre-registration engagement with the social networking site *Facebook* influences students' post-registration social networks. Students reported joining *Facebook* as a means of making new friends at university, as well as keeping in touch with friends and family at home. Once at university *Facebook* formed part of the 'social glue' that helped students settle into university life.

The University of Wales, Newport have created their own form of social networking, known as "Newspace" [24] and Glasgow Caledonia University's initiative on Emergent Technologies for Learning [26], is currently exploring how the *Second Life* virtual world can help students become more effective learners. In their i-CAMPUSS (Internet College Articulation and Mentoring Project for Prospective University Students) student mentors use *Second Life* to interact with first year (and even prospective) students to explain things about schools and services that new students need to know.

III. ALTERNATIVES TO HOST VIRTUAL MENTORING

In order to select the most suitable alternative for hosting virtual peer mentoring, a desk based literature review was conducted and supplemented by a traditional survey distributed both on-line and in paper formats. The main aim of the survey was to explore the various ways in which students might support each other remotely rather than face to face. As part of this process the questionnaire investigated historic use of electronic media e.g. email, internet and their confidence in using these media. To ensure the sample was representative of Northumbria's student population demographic information was also collected.

A total of 451 responses were received. The majority of the respondents were in the 19-24 age group, 20% were non-UK students and 50% were the first generation students (40% first of sibling group). The respondents were deemed representative of the University's student population. As part of the questionnaire students were asked "*For how many years have you been an Internet user?"* and "*For how many years have you had an e-mail account?* Most of the students declared to have long experiences (five or more years) of Internet use (79%) and email accounts (68%).

Three alternatives for virtual mentoring were considered: Social Network Sites (SNS), Virtual Learning Environments (VLE) and Virtual Worlds. VLEs and SNS are the most regular computer based activities students undertake [27], with virtual worlds known to be increasingly used within HE [28]. Student usage on each of these was measured as part of the questionnaire where they were asked to rate their use as being either: *daily i.e. often; weekly i.e. regularly; monthly i.e. occasionally; Rarely or never against* a list of several environments including the Blackboard VLE, the most common Virtual World, Second Life and several SNS. A brief discussion of the adequacy of each alternative follows.

A. Social Networking Sites

The participatory Web 2.0 technologies allow individuals to present themselves, articulate their social networks, and establish and maintain connections with others. These technologies include SNS (e.g. *Facebook*) and content sharing sites (e.g. *You Tube* and *Flickr*) [29]. A SNS is a web-based service that allows individuals to construct a public or semi-public profile within a formatted system, articulate a list of other users with whom they share a connection, and view and traverse their list of connections and those made by others within the system [30].

The use of social networking within education, is still known to be controversial [31]. Huijser [32] believes there is perceived threat of using social networking in learning as it is likely to be due to the lack of control on the part of the educationalist. Others, for example Kolek and Saunders [33] and Cain [34] warn of the implications arising from personal disclosure on the part of the students. Where Goodall [35] notes that digital natives may be comfortable with using technology but may need advice on appropriate use. Lipka [36] noted that students expressed the view that the site was their domain and as such needed free expression without worrying what "professors" might think. Lipka [36] additionally warns that students may also expect special privileges in the name of being a Facebook 'friend' citing requests such as asking to swap classes or assignment extensions as examples. In order to offset potential personal dangers and the reflection of some student entries on an institution, Kolek and Saunders [33, p. 18] recommend that institutions at the very least *"should develop clear policies and procedures for the use of Facebook and other social networking sites in (the name of) official institutional business"* as well as use the induction process to warn students of the dangers of personal disclosure.

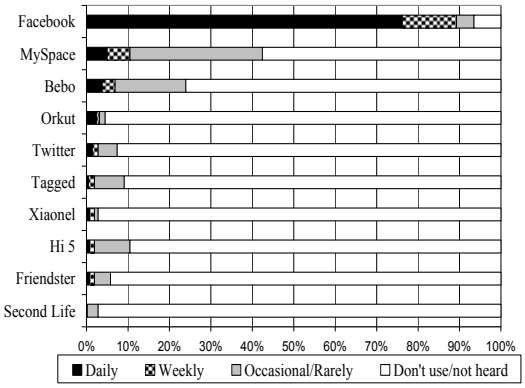


Figure 1 - Social Networking Knowledge and Use

Students were asked about their use of a total of sixteen Web 2.0 domains[1]. *Facebook* was clearly the student preference with three quarters of the respondents declaring the use of it on a daily basis (Figure 1). *MySpace*, the second most popular SNS being used daily by only 5% of the respondents. Although, some authors state that there are some cultural differences in SNS use, this was not found to be the case for Northumbria's student body [29, 30].

B. Virtual Learning Environment

VLEs usually provide an integrated set of tools for learning and teaching [37]. VLE provides students opportunities to engage in social interactions with their peers alongside course related conversations [38]. There are numerous VLEs. *WebCT* or *Blackboard*, used by more than 5,000 institutions are the market leaders [39].

Northumbria's VLE (Blackboard) has been in operation since the late 1990s. According to the Northumbria survey, the VLE is used by almost all students (95%) and daily by a large percentage (66%). However, alongside Conole and De Laat's [40] observations, the survey results indicated that students were unenthusiastic about VLEs citing them as an unimaginative repository for materials which was often poorly structured. Because the VLE access is only allowed after students' enrolment, the VLE (Blackboard) would not be a suitable framework for a pre-enrolment mentoring.

C. Virtual Worlds

Virtual worlds also referred to as 3-D multi user virtual environments have existed in some form since the early 1980s [41]. One popular example, *Second Life* created by Linden Labs in 2003, is an environment used by an increasing number of UK universities [28]. Users who create avatar characters can purchase land and other items to create their own interactive graphic environments. The virtual words for teaching and learning can be used in unique disciplinary contexts and in very broad ways [42]. Gartner Inc. [43] made the prediction that by 2011, 78% of internet users will have a "Second Life". The evaluation of *Second Life's* importance in education is also expressed by Cheal [44, p.204] who pronounced that "*Second Life is not simply the latest online fad, but part of a continuum of instructional technology tools that corresponds to twentieth and twenty-first century developments in educational theory.*"

The current situation at Northumbria indicates knowledge and use of *Second Life* is minimal because only 2.7% of the respondents indicated they used *Second Life* and this was rarely (Figure 1). Others Authors have also highlighted a number of barriers to the use of *Second Life* including considerable training needs in order to operate within it both for staff and students and technological constrains [41, 45]. Edirisingha, Salmon and Nie [46] also note academic design of *Second Life* is crucial in ensuring student engagement. These factors would indicate that *Second Life* (and other Virtual Worlds) would not be appropriate at the present.

A brief SWOT analysis helps to position each of the three previously presented alternatives. Strengths and Weaknesses mainly consider internal environmental factors and Opportunities and Threats mainly external environmental factors (Figure 2).

Strengths	**Weaknesses**
FB: frequent use; experience; access before enrolment; cost free. *VLE*: frequent use; use scope; experience. *VW*: visual content.	*FB*: lack of control by educationalists; personal disclosure; expected privileges from 'friends'; also leisure environment. *VLE*: access only after enrolment; cost; students opinion (repository) *VW*: rare use; training needs; technological constrains.
Opportunities	**Threats**
FB: growing SNS *VLE*: combining formal and informal knowledge; including mentoring mode in pre-existent formats. *VW*: use of avatar and visual tools; adopted other universities ; academic format	*FB*: partial control by SNS owners-managers; lack of security and privacy. *VLE*: contracts with supplier (limits) *VW:* not independent changes; out of academic focus

Figure 2 - SWOT Analysis of Three Alternatives (FB=SNS-Facebook; VLE=Virtual Learning Environment-Blackboard; VW=Second Life)

The evidence presented indicates that a model involving SNS, in particular *Facebook*, had the greatest potential for supporting the adjustment of students to university. This was due both to its immense popularity amongst the student body alongside the ability for mentoring to commence before formal student induction (respondents indicated that *Facebook* use began before University, where 73% had registered with personal email addresses).

In addition, as mentors are students themselves, it is unlikely to be negatively perceived as being under institutional ownership. However, in line with any mentoring programme, mentor training is essential [9, 12] and this training needed to include guidelines on insuring *Facebook* is used in a secure and professional manner.

[1] Facebook; MySpace; Bebo; Orkut; Twitter; Friendster; Hi 5; Xiaonel; Faceparty; Xanga; Tagged; Xing; Skyrock; Cyworld; Friends Reunited and Second Life

IV. VIRTUAL PEER MENTORING PILOT PROJECT-PHASES AND EVALUATION

In April 2010, agreement was reached with two programmes - BA (Hons) Marketing Management and BA (Hons) Business Studies - in Newcastle Business School, Northumbria University to trial a pre and post induction mentoring scheme. Action research was deemed an appropriate methodology for pilot evaluation due to its establishment as a means to more effective teaching and learning which by as suggested by Bhattacharya, Cowan, and Weedon [47] lies in the middle of a feedback based continuum which could lead to general conclusions of universal educational value.

A. Mentor Selection, Training and Model Set-up

The first phase of action research process related to the recruitment and training of the mentors, taking place between April and May 2010. Following a selection process, a mentor was recruited from the second year of each of the programmes in taking part in the pilot. As co-researchers the mentors become involved in designing the site to engage students whilst ensuring a professional manner was adopted. A number of *Facebook* options were considered: the mentors own personal profiles; a non-personal account; or a *Facebook Group*. All *Facebook* accounts feature a "wall" in which general messages can be posted. These messages can also include photos, web links and videos. Groups also include a discussion board and an events notice board. These extra features and the advanced security features a Facebook Group appeared to offer indicated that a Facebook group should be adopted.

B. Material Development and Upload

The period between May 2010 and August 2010 was spent creating materials for the site. Christie, Tett, Cree, Hounsell and McClune [2] note that the power of providing information such as an orientation to the campus in assisting adjustment should not be underestimated. Primary data collected in a preparatory stage of this research also indicated that Northumbria's students emphasise the importance and usefulness of this amongst other factors to them [48]. Common requests from this study included a timetabling guide and campus maps (including internal room guides)

The creation of these resources quickly highlighted technical issues in respect to *Facebook*'s limitations. For example, to explain the timetable a Microsoft PowerPoint presentation was created, *Facebook* can only host a restricted number of file types. At first the mentors placed a link to a cloud computing[2] (i.e. web based storage site for materials) site which could be used for displaying the *PowerPoint* file. However, there were security concerns in relation to the site concerned. Therefore, although not ideal, each individual slide was converted into a *JPG* file which could be placed on the group as a photograph.

At a later development stage an alternative presentation package was discovered namely *Prezi* (available at www.prezi.com); launched in April 2009 this cloud computing application enables users to create zoom-in zoom-out based presentations. *Prezi* was initially developed by an architect for illustrating room plans and hence an ideal medium for creating an interactive campus map. Additional materials posted by the mentors included photos of the second year cohort each passing on a piece of advice and information about the local area. In late August 2010, as part of the University acceptance processes, students were sent details of the *Facebook Group* as part of the joining instructions.

C. Evaluation and Observation

Following the distribution of joining instructions, the researcher began to undertake regular observation of activity in the groups. Within days of these letters being distributed, the majority of new students (69%) had joined their respective programme groups. In the following few days, mentors also received questions from students, the replies to which were posted publically either onto the wall or a discussion page. Examples of queries related to issues such as the number of timetabled hours and module reading lists. As the induction period began, the mentors continued to provide information such as links to Students' Union events and answer any queries posted. Within a month of the induction period queries from the mentees reduced substantially. Mentors continue to post information (e.g. referencing guides) on to the site.

To assess whether this supporting material has been useful, in line with action research methodology a second evaluation phase is now underway. There are two aspects to this evaluation: the first uses survey and focus group methods to assess student opinion on both the usefulness of the resources provided; the second will use *"non-participant ethnographic research"* [31, p. 160] principles to undertake an analysis of the *Facebook* wall activity for a random selection of the cohort.

Preliminary findings suggest that as suspected most of the contact with the site occurred pre-induction and in the first few weeks of term. The mentees expressed a preference for a non-personal profile rather than a group to be used. The rationale based on the fact that the mentees needed to sign into the group for information rather and they would prefer the option as "friends" of a profile all information would be posted directly in to their own "wall". Interestingly, mentees felt that one particular advantage of the pre-induction mentoring process was the opportunity to get to know their programme colleagues before arriving at the university. This has also been picked up by the observation process which indicates that many of the mentees are now registered as each others "*Facebook* friends". Further analysis will aim to discover whether a simple pre-

[2] Cloud computing describes, software, data access, and storage services that do not require end-user physical location i.e. virtual servers available on the internet

induction intervention will be sufficient in assisting in the process of academic adjustment.

The results of this evaluation will also serve as the basis to explore the viability of utilising social networking further to support and extend the learning process. This will include developing through the Treaty of Windsor Anglo-Portuguese Joint Research Programme: Communities of Learning: extending the boundaries of the learning experience through collaboration across different universities (C2LEARN) project, collaborative activity among students in the UK and students on Business and Economics programmes in Technical University of Lisbon [49].

V. CONCLUSION

A scoping study conducted a Northumbria indicates that social networking, and in particular *Facebook*, had the greatest potential for supporting the academic adjustment of students. This was due both to its immense popularity amongst the student body alongside the ability for contact with students to commence before formal student induction. A pilot model has been introduced at Northumbria University and is undergoing analysis based on action research methodologies. Early indications have illustrated that students quickly engaged with the materials but this appears to be over a short-time scale. Further evaluation will examine the potential reasons for this with the aim of understanding whether some basic interventions prior to induction have indeed led to a smoother academic adjustment process. In parallel, other avenues of development will be explored including extending the use of social networking and examining opportunities for collaborative activities between Economics students in the UK and Portugal.

ACKNOWLEDGMENTS: We thank the Editors and referees' for their critiques and suggestions. This article is partially informed by the collaborative work supported by the Research Project "C2LEARN – Communities of Learning: Extending the boundaries of the learning experience through collaboration across different universities" funded by Treaty of Windsor Anglo-Portuguese Joint Research Programme, British Council and Portuguese Council of Rectors (Project #B-19/09) being Joanne Smailes and Elsa Fontainha respectively the Northumbria University and ISEG-Technical University coordinators.

REFERENCES

[1] A. M. Heirdsfield, S. Walker, and K. M. Walsh, "Enhancing the first year experience - longitudinal perspectives on a peer mentoring scheme" in Proceedings of Australian Association for Research in Education. Research impacts: Proving or improving, 2008, Fremantle: Australia.

[2] H. Christie, L. Tett, V. E. Cree and V. McClune, "A real rollercoaster of confidence and emotions': learning to be a university student." Studies in Higher Education, 2008, vol. 33, no. 5, pp. 567-581.

[3] C. Haythornthwaite, "Learning relations and networks in web-based communities." International Journal of Web Based Communities, 2008, vol. 4, no. 2, pp. 140-158.

[4] L. Eggens, M. P. C. van der Werf, and R. Bosker, "The influence of personal networks and social support on study attainment of students in university education." Higher Education, 2007, vol 55, no. 5, pp. 553-573.

[5] R. A. Clifton, R. P. Perry, C. A. Stubbs and L. W. Roberts, "Faculty environments, psychosocial dispositions and the academic achievement of college students." Research in Higher Education, 2004, vol. 45, no. 8, pp. 801-828.

[6] M. Prensky, "Digital natives, digital immigrants." On the Horizon, 2001, vol. 9, no. 5, pp. 1-6.

[7] D. Oblinger and J. Oblinger, "Educating the net generation." Educause. 2005, Educase: Boulder, CO.

[8] T. Baston, "A new social context for information." Campus Technology. 2008; Available from: http://campustechnology.com/articles/2008/01/a-new-social-context-for-information.aspx?sc_lang=en. unpublished.

[9] M. Jacobi, "Mentoring and undergraduate academic success: a literature review." Review of Educational Research, 1991, vol. 61, no. 4, pp. 505-532.

[10] L. C. Ehrich, B. Hansford, and L. Tennent, "Formal mentoring programs in education and other professions: a review of the literature." Educational Administration Quarterly, 2004, vol. 40, no. 4, pp. 518-540.

[11] G. Crisp and I. Cruz, "Mentoring college students: a critical review of the literature between 1990 and 2007." Research in Higher Education, 2009, vol. 50, no. 6, pp. 525-545.

[12] J. L. Terrion and D. Leonard, "A taxonomy of the characteristics of student peer mentors in higher education: findings from a literature review." Mentoring & Tutoring: Partnership in Learning, 2007, vol. 15, no. 2, pp. 149-164.

[13] J. Smailes, P. Gannon-Leary, C. Laing and L. Conniss. Virtual Mentor: an innovation in student support. Paper presented at Making Connections Conference, November 6, 2008, London, UK.

[14] J. Watson, "Peer Assistance Support Scheme (PASS) for first year core subjects." in Fourth Pacific Rim- First Year in Higher Education Conference: Creating Futuresfor the New Millennium, 2000. Brisbane: Queensland University of Technology.

[15] V. N. Tariq, "Introduction and evaluation of peer-assisted learning in first-year undergraduate bioscience." Bioscience Education E-journal, 2005 vol. 6-3, pp. 1-19.

[16] K. A. Hensen, "Impact of supplemental instruction: results from a large, public, midwestern university." Journal of College Student Development, 2003, vol. 44, no. 2, pp. 250-259.

[17] L. Mee-Lee and T. Bush, "Student mentoring in higher education: Hong Kong Baptist University." Mentoring and Tutoring, 2003, vol. 11, no. 3, pp. 263-271.

[18] D. Boud, R. Cohen, and J. Sampson, "Peer learning in higher education: learning from and with each other.", 2003, London: Kogan Page.

[19] G. Packham and C. Miller, "Peer assisted student support: a new approach to learning." Journal of Further and Higher Education, 2000, vol. 24, no. 1, pp. 55-65.

[20] R. Muldoon, "Recognising and rewarding the contribution and personal development of peer supporters at university." Journal of Further and Higher Education, 2008, vol. 32, no. 3, pp. 207-219.

[21] D. Congos, D. Langsham, and N. Schoeps, "Inside supplemental instruction sessions: one model of what happens that improves grades and retention." Research and Teaching in Developmental Education, 1998, vol. 15, no. 1, pp. 47-61.

[22] P. Ashwin, "Peer facilitation and how it contributes to the development of a more social view of learning." Research in Post-Compulsory Education, 2003, vol. 8, no. 1, pp. 5-17.

[23] P. Ashwin, "Implementing peer learning across organisations: the development of a model." Mentoring and Tutoring, 2002, vol. 10, no. 3, pp. 221-231.

[24] R. Clark, J. Andrews, and M. Ingelby, "Peer mentoring in the UK higher education sector - directory of provision." 2010, Aston University Centre for Learning Innovation and Professional Practice: Birmingham.

[25] C. Madge, J. Meek, J. Wellens and T. Hooley, "Facebook, social integration and informal learning at university: 'It is more for socialising and talking to friends about work than for actually doing work'." . Learning, Media and Technology, 2009, vol. 34, no. 2, pp. 141-155.

[26] Glasgow Caledonia University i-CAMPPUS (Internet College Articulation and Mentoring Project for Prospective University Students), 2009; Available from: http://caledonianblogs.net/soh-secondlife/ unpublished.

[27] Joint Information Systems Committee (JISC). "Great expectations of ICT, how higher education institutions are measuring up." 2008; Available from: http://www.jisc.ac.uk/publications/publications/greatexpectations.aspx

[28] J. A. Kirriemuir, "A spring 2008 "snapshot" of UK higher and further education developments in Second Life", 2008: Available from: http://www.eduserv.org.uk/~/media/foundation/sl/uksnapshot052008/final%20pdf.ashx unpublished.

[29] J. McCarthy, "Blended learning environments:Using social networking sites to enhance the first year experience." Australasian Journal of Education Technology, 2010, vol. 26, no.6, pp.729-740.

[30] D. Boyd and N. B. Ellison, "Social network sites: definition, history, and scholarship." Journal of Computer-Mediated Communication, 2008, vol. 13, no. 1, pp. 210–230.

[31] N. Selwyn, "Faceworking: exploring students' education-related use of Facebook." Learning, Media and Technology, 2009, vol. 34, no.2, pp. 157-174.

[32] H. Huijser, "Exploring the educational potential of social networking sites: the fine Line between exploiting opportunities and unwelcome imposition." Studies in Learning, Evaluation Innovation and Development, 2008, vol. 5, no. 3, pp. 45-54.

[33] E. A. Kolek and D. Saunders, "Online disclosure: an empirical examination of undergraduate Facebook profiles." NASPA Journal, 2008, vol. 45, no. 1, pp. 1-25.

[34] J. Cain, "Online social networking issues within academia and pharmacy education." American Journal of Pharmaceutical Education, 2008, vol. 72, no. 1, pp. 1-7.

[35] B. Goodall, "Tech ignorance keeps teens from changing the world. The wired campus." The Chronicle of Higher Education, 2008; Available from: http://chronicle.com/blogs/wiredcampus/tech-ignorance-keeps-teens-from-changing-the-world/3621.

[36] S. Lipka, "For professors, 'friending' can be fraught." Chronicle of Higher Education, 2007, vol. 54, no. 15, p. 1.

[37] T. Svane and J. Smedley, "Encouraging reflection using a bespoke virtual learning environment." in Conference of the Australian Association for Research in Education., P.L. Jeffrey, Editor. 2004: Australia.

[38] E. J. Burge, "Learning in computer conferenced contexts: the learners' perspective." Journal of Distance Education, 1994, vol. 9, no. 1, pp. 19-43.

[39] I. MacLaren, "New trends in web-based learning: objects, repositories and learner engagement." European Journal of Engineering Education, 2004, vol. 29, no. 1, pp. 65-71.

[40] G. Conole and M. De Laat. "Learner experiences of e-learning.", 2006; Available from: http://www.jisc.ac.uk/whatwedo/programmes/elearning_pedagogy/elp_learnerxp.aspx unpublished.

[41] S. Warburton, "Second Life in higher education: assessing the potential for and the barriers to deploying virtual worlds in learning and teaching." British Journal of Educational Technology, 2009, vol. 40, no. 3, pp. 414–426.

[42] S. De Freitas and G. Veletsianos, "Crossing bounderies: Learning and teaching in virtual worlds." British Journal of Educational Technology, 2010, vol. 41, no. 1, pp. 3-9.

[43] Gartner Inc. "Gartner says 80 percent of active internet users will have a 'Second Life' in the virtual world by the end of 2011." 2007; Available from: http://www.gartner.com/it/page.jsp?id=503861 unpublished.

[44] C. Cheal, "Second life: hype or hyperlearning?" On the Horizon, 2007, vol. 14, no. 4, pp. 204-210.

[45] L. R. Wetsch, "The "new" virtual consumer: exploring the experiences of new users." Journal of Virtual Worlds Research, 2008, vol. 1, no.2, pp. 1-12.

[46] P. Edirisingha, G. Salmon, and M. Nie. "3-D multi-user virtual environments for socialisation in distance learning" in Association for Learning Technology Conference 2008. Bristol, UK: JISC.

[47] B. Bhattacharya, J. Cowan and E. Weedon, "Action research: a means to more effective teaching and learning." Innovations in Education and Training International, 2000, vol. 37, no.4, pp. 314-322.

[48] P. Gannon-Leary and J. Smailes, "Peer mentoring, what students want to know." 2009, Northumbria University: Newcastle upon Tyne.

[49] P. Gannon-Leary and E. Fontainha, Communities of learning: extending the boundaries of the learning experience through cross-institutional collaboration" Chapter 15 in Spector, J. M., Ifenthaler, D., Isaías,P., Kinshuk, and Sampson, D.G. (eds) Learning and Instruction in the Digital Age, 2010, Springer.

SCEN - NMSIS

Sistemas de Correlação de Eventos e Notificações do NMSIS

Hélder Mendes, Carlos Silva
GILT ISEP/IPP
Porto, Portugal
hvms@isep.ipp.pt; carlos.asilva@optimus.pt

Jorge Mamede
ISEP/IPP - INESC Porto
Porto, Portugal
jbm@isep.ipp.pt;

Abstract— **O processo de administração e manutenção de redes laboratoriais envolve diversas tarefas que pelas suas características podem comprometer o normal funcionamento da rede. O NMSIS - Network Management System with Imaging Support é uma ferramenta de gestão que integra ferramentas que permitem fazer instalação remota de imagens de software sem comprometer a performance da rede. Este artigo descreve um novo módulo do NMSIS, o SCEN, que, integrando o *Simple Event Correlator (SEC)* e recorrendo à correlação de alarmes, permite detectar e isolar as falhas de uma rede. Com esta funcionalidade o NMSIS mostrou ser eficaz na depuração de alarmes em cenários onde ocorrem falhas em ligações, sistemas e/ou serviços.**

Keywords-component; NMSIS;SCEN;correlação de alarmes;

I. INTRODUÇÃO

DE há uns anos a esta parte as redes de dados aumentaram drasticamente de tamanho e complexidade. Isto despoletou as necessidades de gestão e monitorização dos elementos da rede, de modo a manter os níveis de operacionalidade o mais alto possível. Os sistemas de gestão e monitorização começaram então a desempenhar um papel de extrema importância, não só porque permitem maximizar recursos, mas também por facilitam o controlo e a monitorização de inúmeras variáveis de forma centralizada.

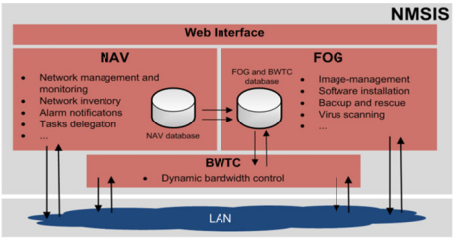
Segundo o modelo de gestão da *International Organization of Standardization* (ISO), denominado FCAPS (*Fault, Configuration, Account, Performance, Security*) [1], a gestão de redes detém cinco pontos principais: gestão de falhas, configurações, contas, performance e segurança. O NMSIS [2] é um sistema de gestão que foi desenvolvido segundo o modelo FCAPS, mas que não integrava até ao desenvolvimento do trabalho reportado apresentado neste artigo, um mecanismo de gestão de falhas. Apesar do NMSIS dispor de um módulo de gestão de eventos e alarmes (recolha e armazenamento), esses são tratados de forma isolada, não são correlacionados, o que dificulta a descoberta da raiz de problemas detectado na rede.

Numa rede de dados com dezenas de elementos activos, servidores e serviços, uma falha num elemento crítico (por exemplo, router ou um *switch*) pode desencadear inúmeros alarmes, que até podem ser resultantes de uma só falha. Nestes cenários o volume de informação de monitorização gerada dificulta a identificação da causa dessas falhas e, geralmente, reflecte-se num aumento significativo do tempo de reacção ao problema. É neste contexto que se propõe a integração no NMSIS de um módulo de correlação de eventos e alarmes que permita filtrar de forma racional os alarmes gerados.

Este artigo está organizado em 6 secções. A Secção I apresenta o artigo. A Secção II apresenta o sistema NMSIS. A Secção III introduz o tema da correlação de alarmes. A Secção IV descreve a integração do módulo de correlação de alarmes no NMSIS. Na Secção V descrevem-se alguns dos testes re realizados bem como os resultados obtidos. Finalmente, a Secção VI conclui o artigo.

II. NMSIS

O *Network Management System with Imaging Support - NMSIS* - é uma ferramenta gestão que resulta da integração das de duas ferramentas de gestão complementares o *Network Administration Visualized* (NAV) e o Free Open Source Ghost (FOG). A figura 1 apresenta a arquitectura base do NMSIS. Este sistema segue as linhas de orientação do modelo funcional de gestão FCAPS, e de entre as diversas valências de gestão que integra podem destacar-se, por exemplo, uma interface Web de gestão com delegação de tarefas para diferentes gestores; a localização de equipamento na rede; o inventário da rede; gráficos de performance para os equipamentos de rede; ferramentas de apoio à manutenção; a monitorização de equipamento (por exemplo, *switches*, routers, servidores, etc.); a monitorização de serviços (por exemplo, o serviço de páginas de internet, o serviço de email, etc.); envio de alertas por correio electrónico quando ocorrem eventos.



Uma das características do NMSIS que o distingue de outras ferramentas semelhantes é a possibilidade de gestão de imagens de software com *QoS* [2][3]. O NMSIS integra um mecanismo que permite gerir o processo de instalação de imagens em sistemas da rede, sem que isso interfira de forma significativa com a carga dessa rede. Este mecanismo é implementado pelo módulo *Bandwidth / Traffic Control* - BWTC que será apresentado de uma forma sucinta na secção que seguinte.

A. BWTC – Bandwidth/traffic control

O *BandWidth / Traffic Control* (BWTC) é um *deamon* de controlo desenvolvido para monitorizar o estado da rede e com essa informação ajustar o tráfego transmitido pelo servidor de imagens. Assim, o BWTC modula o fluxo de tráfego enviado deste servidor para cada ponto da rede, optimizando a carga de tráfego em cada um destes pontos.

O principal procedimento do BWTC compreende três fases: 1) obter as estatísticas de tráfego para cada interface dos activos de rede, 2) identificar a lista de IPs associados a cada porta dos activos de rede e que estão registados na base de dados para tarefas de gestão de imagens, e 3) controlar o fluxo de tráfego do servidor para os clientes, de acordo com a carga de tráfego nas intersecções de rede.

III. CORRELAÇÃO DE EVENTOS

A correlação de eventos é uma funcionalidade chave de um sistema de gestão de redes que permite filtrar eventos redundantes e artificiais de modo a determinar as causas de falhas numa rede.

O evento é uma ocorrência instantânea, num determinado momento no tempo. Tipicamente o evento está associado a um objecto no qual ele ocorre. O objecto é uma entidade com determinado estado. Para modelizar o estado de um objecto, o objecto deve ser tratado como uma colecção de atributos cujos valores podem mudar com o tempo e com esses atributos ligados ao estado do objecto a cada instante temporal.

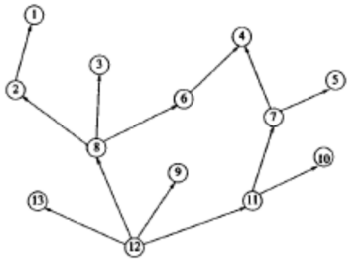
Uma classe de eventos são alarmes que são directamente gerados no objecto, isto é, um dos atributos é o próprio evento. Outra classe são os eventos que são gerados quando há uma alteração no estado do objecto, isto é, um evento pode ser considerado para ocorrer quando um dos componentes está abaixo de determinado limiar.

A falha é um evento que está associado a um estado anormal da rede, isto é, comportamento que se desvia do normal esperado.

Eventos podem ser nativos ou compostos. São nativos se forem gerados internamente ou corresponderem a uma alteração do estado do objecto, porque são directamente observáveis. São compostos e não são directamente observáveis se não podem ser detectados por hardware ou software, porque o objecto onde os eventos ocorrem não é monitorizado ou o evento não é reportado.

Os eventos são elementos nucleares de um sistema de correlação de eventos. Estes sistemas combinam modelos de correlação de eventos causais e temporais, com a topologia da rede. [5]

Correlação causal: A relação mais simples entre eventos é a relação causa-efeito ou de causalidade. A correlação causal e filtragem são os meios para identificar a raiz de um problema. Representemos um evento x como causa do evento x', por $x \rightarrow x'$ []. Desta forma pode ser desenhado um grafo ou árvore de correlação causa-efeito, como a representada na figura 2.



[4]

Correlação temporal: É possível estabelecer correlações mais ricas entre eventos com base no instante temporal da sua ocorrência [9]. Para isso é necessário definir relações temporais entre os eventos.

Os eventos anteriormente descritos são obtidos através da interpretação dos eventos como se de proposições se tratassem, em que valores booleanos de verdadeiro ou falso (1 ou 0) indicam a sua ocorrência

A. SEC

O *Simple Event Correlator* (SEC) [6][8] ficou disponível no ano de 2001 e foi desenvolvido por Risto Vaarandi. É uma plataforma independente para correlação de eventos [7,8]. Esta plataforma é independente do sistema operativo em que opera e tem por base um sistema de regras (*rule-based reasoning*). A primeira versão do SEC foi aplicada para gestão de falhas de rede [7], mas depois o SEC evoluiu para uma ferramenta de correlação de eventos que é usada em vários domínios de aplicação, tais como detecção de intrusão (IDS), monitorização de *logfiles*, detecção de fraude, etc.

O SEC recebe os seus eventos externos em *streams* de dados que lhe são enviadas através de *pipes,* e ao executar

comandos de shell especificamente configurados pelo utilizador, produz resultados na saída standard.

O SEC utiliza expressões regulares para reconhecer e manipular qualquer tipo de eventos que aparecem à sua entrada. Esta forma facilita a configuração do SEC, já que muitas das ferramentas do sistema operativo Unix, como o *grep*, o *sed*, o *find* e o *awk*, confiam nas expressões regulares para fazer as suas tarefas.

Além de permitir a condição de correspondência (*matching*) do evento, o SEC permite iniciar uma reacção a esse acontecimento, ou seja, as regras definem uma lista específica de acções que podem ser desencadeadas após a correspondência.

IV. INTEGRAÇÃO SCEN-NMSIS

O Sistema de Correlação de Eventos e Notificações (SCEN) do NMSIS é constituído por quatro módulos:

- O conjunto de scripts em Perl que constituem o SEC;
- Daemon em PHP que interage a NMSISdb;
- Daemon Net-SNMP (snmptrapd);
- Daemon em Perl que recebe as *traps* do Net-SNMP.

Com estes módulos o SCEN consegue analisar eventos previamente registados na base de dados do NMSIS (NMSISdb), tanto por recolhas via *polling* como pela detecção *traps* obtidos directamente da rede via SNMP.

O SCEN tem vários *daemons* a correr em *background* e que permitem fazer a comunicação entre as bases de dados do NMSIS e o SCEN. Este tipo de comunicação realiza-se por intermédio de *querys* às tabelas que têm informação sobre o estado dos elementos e dos serviços da rede. Nessas interacções o SCEN retira e trabalha todos dados necessários guardados no NMSIS com a informação de estado e de serviço dos elementos activos da rede que o NMSIS monitoriza via polling.

Por outro lado o SCEN está preparado para receber e disponibilizar ao seu motor de inferência, eventos provenientes directamente da rede através da configuração prévia dos elementos de rede (cf. swiches e routers) para serem capazes de gerar *traps*. As *traps* são recolhidas pelo *daemon snmptrapd* (Net-SNMP) e são guardadas num ficheiro de log ou num ficheiro. Depois de enviadas para esse ficheiro existe um outro daemon em Perl a correr em background, com a função de colocar toda a informação das traps legível e capaz de ser verificada pelo módulo de correlação. Este sistema constituído pela ferramenta de correlação e os daemons de comunicação com o exterior são o corpo do SCEN. A arquitectura do módulo SCEN do NMSIS é ilustrada na Figura 3.

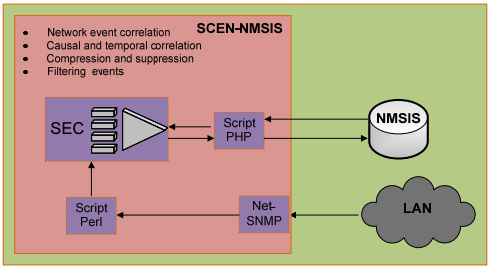


Figura 3 - Arquitectura do módulo SCEN

O SCEN tem dois tipos de eventos de entrada:

- Eventos de poolling, via daemon PHP, e da query ao NMSISdb.
- Eventos de notificação (*traps*), via *daemon* Net-SNMP e daemon em Perl;

Para receber as notificações dos elementos de rede, procedeu-se à programação e configuração de três módulos, descritos nas secções seguintes.

A. Daemon PHP

Este script programado em *Hypertext Preprocessor* (PHP), funciona como um *daemon* que faz quatro tipos de querys (*Query* Serviço, *Query* SRV, *Query* SW, *Query* GW) à base de dados NMSISdb. Cada uma dessas querys selecciona e cruza vários tipos de tabelas com informação do serviço, dos elementos (box) e tabelas conjugadas de routers e switches. O objectivo principal deste script, é a possibilidade de associar e aplicar à saída, através dos eventos, informação essencial e relevante na identificação das falhas de rede.
O ficheiro de saída será um "*file stream* "do tipo *First In First Out* (FIFO), que será utilizado como ficheiro de *buffer* ou túnel de entrada no sistema de correlação.

B. Daemon Net-SNMP

O pacote de código fonte aberto *Net-SNMP* é uma implementação e um conjunto de aplicações, licenciados como Software Livre, que operam com o protocolo *Simple Network Management Protocol (*SNMP). De entre as aplicações do Net-SNMP utilizou-se o *snmptrapd* que recebe e armazena a informação (em *log*) de notificação (SNMP TRAP) e mensagens de informação (INFORM). Esta ferramenta foi integrada no nosso sistema para fazer a tradução das *traps* pelo módulo *snmptrapd* revelou-se de grande utilidade, pois contribuiu para a colecta de *traps* vindo dos equipamentos de rede de uma forma mais simples e célere. Por defeito está sempre à escuta em todos os interfaces com IPv4 no porto UDP 162.

C. Daemon em Perl que recebe as traps do Net-SNMP

Este *daemon* faz o processamento de todas as linhas de informação que pertencem a uma *trap* recebida do s*nmptrapd* (Net-SNMP) e coloca toda a informação numa única linha para ser trabalhada pelo motor de inferência da ferramenta de correlação. Já que esse motor faz reconhecimento do padrão definido, linha-a-linha durante o tempo de execução. A sua

entrada e a sua saída são ficheiros ou *file streams* do tipo FIFO. A sua entrada são os eventos de *logging* da saída do *snmptrapd* e a sua saída, será a entrada do sistema de correlação. Como se pode ver na figura 19, este sistema tem a possibilidade de recolher eventos de notificações (*traps*) de rede e eventos de pooling tirados da base de dados NMSISdb.

A introdução do novo *Sistema de Correlação de Eventos e Notificações* (SCEN), induziu alterações arquitectónicas naé descrito no modelo da Figura 4.

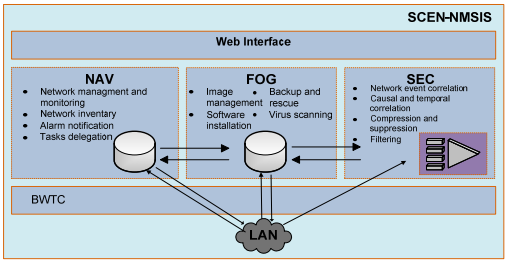


Figura 4 - Arquitectura do NMSIS com SCEN

V. SIMULAÇÃO DE TESTES E RESULTADOS

Para análise da integração da nova ferramenta Sistema Correlação Eventos e Notificações (SCEN) no sistema NMSIS, foi criado uma rede em ambiente de teste para que seja possível simular todos os eventos de entrada no sistema, sem ambiguidades e limpos de mensagens de sistemas externos. A arquitectura da rede de teste é ilustrada na Figura 5, tornando assim é possível, simular quebras de ligação e serviço no vários troços da rede e analisar a resposta do sistema às várias situações criadas.

A rede é constituída por três Servidores, dois *Switches* e um Router. Este tipo de cenário tem uma configuração que representa os principais elementos de uma rede real. Apresenta uma estrutura em árvore com duas redes distintas, ou seja, dois domínios de *broadcast* em layer 3 (camada de rede), cada ligação do router (Gateway) aos *Switches* é considerada um segmento de rede distinto. A rede é constituída, pelos seguintes elementos:

- Router: Cisco C2621;
- Switch da Rede 1- [10.0.32.100]: Cisco Catalyst 2900 de 24 Portos;
- Switch da Rede 2- [10.1.33.100]: Nortel Bay Stack de 24 Portos;
- Servido Debian- [10.0.32.72]: NMSIS;
- Servidor Ubuntu- [10.0.32.71]: NMSIS + SCEN;
- Servidor Ubuntu- [10.1.33.1]: Serviço HTTP.

Neste contexto, existem ao todo cinco segmentos de rede onde poderão ser infligidos quebras físicas para simulação de eventos.

Os testes definidos permitiam avaliar se o SCEN consegue perceber a relevância de uma sequência de eventos que acabou por levar à falha de um serviço e agir em conformidade. Para isso, deve descobrir a raiz da causa dos problemas observados.

Foi configurado um serviço HTTP a correr na máquina "10.1.33.1". Este serviço será monitorizado e será condicionado através da execução de cortes físicos em vários segmentos de rede. O algoritmo composto por regras tem a função de notificar o operador de sistema com o mínimo de informação, o mais verdadeiro e credível quanto possível.

A. *Teste 1*

Se for desactivado o serviço na máquina 10.1.33.1. O sistema analisa à sua entrada os quatro tipos de eventos via *query*. Correlaciona todos os eventos e responde para ferramenta NMSIS e por notificação de *email* a informar que o serviço falhou.

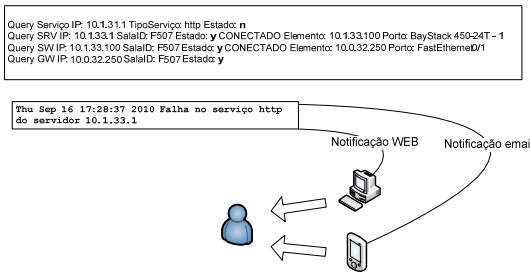


Figura 6 - Teste 1 – Detecção da quebra de serviço

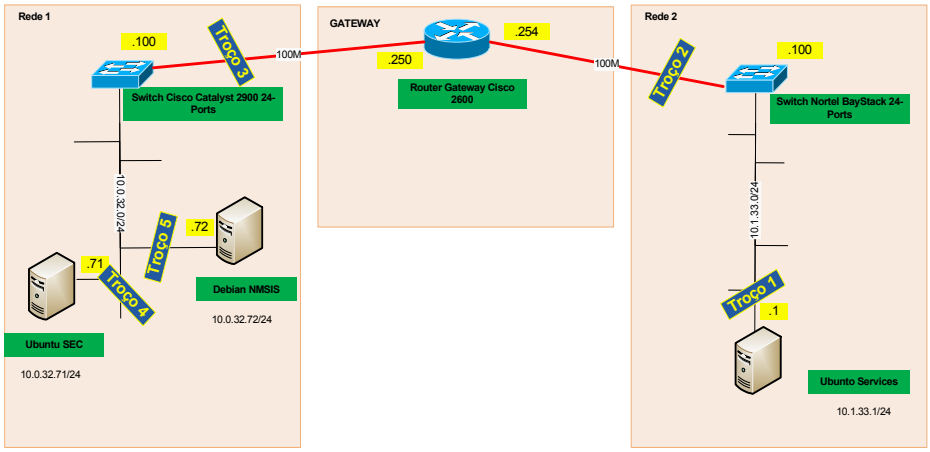


Figura 5 - Arquitectura da rede de teste

B. *Teste 2*

Se for cortado o segmento de rede (troço 1) entre a máquina 10.1.33.1 e porto 1 do switch 10.1.33.1. O sistema analisa os quatro tipos de eventos via query e responde que o serviço falhou devido a corte na ligação entre a máquina que tem o serviço e o respectivo porto do switch onde está ligado.

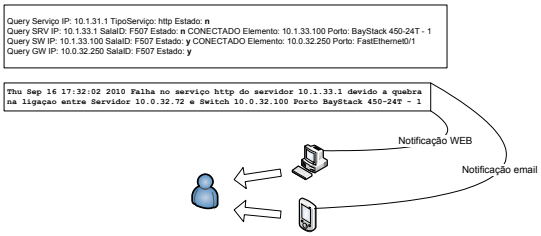


Figura 9 - Teste 2 – Detecção da falha no troço 1

C. *Teste 3*

Se for cortado o segmento de rede (troço 2) entre o switch 10.1.33.100 e porto F0/1 da gateway 10.0.32.250. O sistema analisa os quatro tipos de eventos via query e responde a informar que o serviço falhou devido a corte na ligação entre o switch e o respectivo porto da gateway onde está ligado.

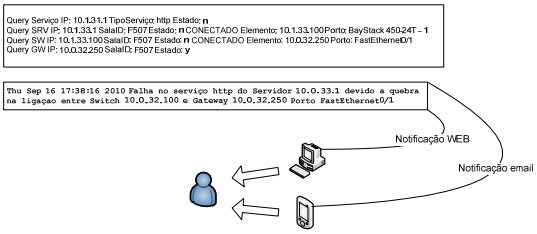


Figura 7 - Teste 3- Detecção da quebra do troço 2

D. *Teste 4*

Se for cortado o segmento de rede (troço 3) entre o switch 10.0.32.100 e porto F0/0 da gateway 10.0.32.250. O sistema analisa os quatro tipos de eventos via query e responde via ferramenta NMSIS e por notificação de email a informar que o serviço falhou devido a falta de acessibilidade à gateway.

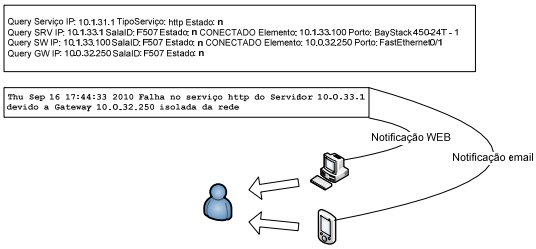


Figura 8 - Teste 3- Detecção da quebra do troço 3

VI. CONCLUSÕES

O objectivo do trabalho realizado foi a definição e criação de uma infra-estrutura de monitorização com capacidade para correlacionar (filtrar, comprimir, suprimir, generalizar, especializar, etc), de forma autónoma e inteligente os eventos recebidos a partir de sistemas informáticos.

Existem inúmeros modelos e projectos neste âmbito de análise, nenhum só por si conseguiu resolver totalmente todas as questões relacionadas com a gestão de redes e sistemas. Muito disto, deve-se ao facto de os sistemas e as redes estarem em constante transformação, a evoluírem a fundirem-se continuamente, o que torna a sua caracterização e definição, praticamente impraticáveis tecnicamente.

A infra-estrutura de correlação de eventos proposta, visa assim preencher de uma lacuna que existe em muitas redes e que é um tema muito actual e discutido. O exercício proposto neste trabalho foi de alguma forma criar um módulo com valor acrescentados a um sistema *legacy*, aceitando esse facto e não o limitar nem desviar em nada essa plataforma *legacy* das suas principais funções.

Para validar o modelo foi implementado um laboratório de teste virtual onde foram replicados os elementos constituintes do modelo proposto e foram feitas uma bateria de simulações para validação de resultados. Como conclusão, a infra-estrutura que foi definida e testada reflecte o funcionamento pretendido.

REFERÊNCIAS

[1] ISO/IEC 10040, 1998, "Information technology - Open Systems Interconnection - Systems management overview"

[2] Mendes, H.V. – *Gestão de uma rede departamental - Um caso de estudo.* Msc. Thesis, 2008, Instituto Superior de Engenharia do Porto-IPP, Porto, Portugal.

[3] Mendes, H.V., Mamede, J.B. – Preverving QoS during remote images-management, ConfTele 2009, IEEE, 2009.

[4] Mendes, H. V. , Mamede, J. B.– Gestão e monitorização de uma rede de local: modelação do débito do servidor de imagens de software em função do estado da rede, JLBE 2009, ISEP.

[5] A Conceptual Framework for Network Management Event Correlation and Filtering Systems Masum Hasan Binay Sugla Ramesh Viswanathan Bell Laboratories, Lucent Technologies 101 Crawfords Corner Road.

[6] SEC - simple event correlator, http://simple-evcorr.sourceforge.net

[7] Risto Vaarandi; Platform Independent Event Correlation Tool for Network Management. Proceedings of the 2002 IEEE/IFIP Network Operations and Management Symposium

[8] Risto Vaarandi; SEC - a Lightweight Event Correlation Tool. Proceedings of the 2002 IEEE Workshop on IP Operations and Management, pp. 111-115, 2002

[9] G. Jakobson and M. Weissman, ―Real-time telecommunication network management: Extending event correlation with temporal constraints‖, Proceedings of the 4th International Symposium on Integrated Network Management, pp. 290-301, May 1995.

Artigos dos Workshops

First Iberian Workshop on Serious Games and Meaningful Play

Combining Educational MMO Games With Real Sporting Events

The Game - Barcelona World Race

Alun Evans, Javi Agenjo, Juan Abadia, Miriam Balaguer, Marco Romeo, Daniel Pacheco, Ernesto Arroyo, Josep Blat
Grup de Tecnologies Interactives (GTI)
Universitat Pompeu Fabra (UPF)
Tanger 122, Barcelona 08018
{alun.evans, josep.blat}@upf.edu

Abstract—**The concept of the Massive Multiplayer Online (MMO) game is well established, with several multimillion euro productions (such as World of Warcraft and Eve Online) demonstrating the appeal of the genre. Yet few, if any, of these games bring any aspect of real-time, real-world data into the game. Sporting events, such as the Barcelona World Race sailing regatta, increasingly provide such live real time data, which can be integrated within a game environment to create a MMO competition between 'virtual' competitors and 'real' competitors. This paper presents the planning, design, implementation and overview of an educational MMO game to accompany the Barcelona World Race 2010/2011, and discusses the differences in design and implementation for games of this type.**

Keywords - MMO games; events; races

I. Barcelona World Race 2010/2011 – The Game

The Barcelona World Race is one of the world's highest profile sailing races. During the regatta, a series of double-handed (two-crew) sailing vessels sail non-stop around the world, competing to see who can arrive back in Barcelona in the shortest period of time. Although some outside assistance is permitted, this is subject to a series of regulations and penalties – the overriding goal of the regatta is to enable teams to sail independently around the world, without stopping for supplies or repairs.

Almost all large sailing regattas have embraced multimedia as a method with which to promote and publicise the race. In recent years, running a parallel 'virtual' regatta – essentially an online multiplayer videogame, allowing players to 'sail' a virtual boat and compete against other real players – has become an essential part of the promotional effort of every regatta. These MMO (Massive Multiplayer Online) have now become so successful that they have become an expected addition to all regattas.

For the Barcelona World Race 2010/2011, the race organisers, la Fundació per a la Navegació Oceanica de Barcelona (FNOB), one criticism of the existing games in market was the lack of a true relationship between the game and the real event, especially with regards to the possibility of running the game in parallel the event, during the same time frame. FNOB's desire was to commision a game that attempted to mimic the real event as closely as possible, and provide some form of tracking of the real-boats' progress. To this extent, they commissioned the development of a game that would:

1. Research new methodologies of gameplay that allow an MMO sailing game to run successfully in conjunction with a live event (particularly, the Barcelona World Race 2010/2011).
2. Develop educational components that would draw in new players to world of sailing, and attempt to educate players on several of the key issues currently facing the maritime environment.
3. Provide a solution for the game to allow rich 3D graphics within a typical web-browser, a functionality that was lacking from existing MMO sailing games.

In this paper, we describe the research and development tasks taken in creation of this game. After briefly presenting the related work, the paper discusses how standard game design models had to be modified in order to create a successful MMO that runs in parallel with a live event. This, in conjunction with the development of social aspects within the game, is the principal contribution.

The paper then briefly discusses the educational aspects of the created game, before focusing on technical challenges. The two main development challenges were, one; the creation of stable, multiplatform 3D graphics engine that was capable of running in web browsers, and two; the implementation of highly robust game server capable of dealing with tens of thousands of users.

We then discuss the final interface design, before drawing a series of conclusions related to the differences between 'traditional' MMO design and 'event-based' MMO design and development.

II. Related Work

A. Virtual Sailing Games

In the field of MMO sailing games, there are two main commercial products, Virtual Regatta [1] and Live Skipper [2]. While the two differ in terms of visual style, in terms of bullet-point functionality, both are near identical. They feature:

- The ability to sail a 'virtual boat', including a series of tools for setting course, choosing sails, setting autopilot etc.
- No requirement to be permanently connected; the games are essentially strategic, and encourage players to connect periodically, over a series of weeks, to make adjustments to their boats (as opposed to being connected and actively playing 24 hours a day)
- A 2D, browser based map interface that shows the positions of various boats within the field
- The ability to view the current wind in any part of the world, including the forecast for the forthcoming days (wind state is either real or simulated, depending on requirements of the regatta)
- Methods for adding and tracking 'friends' within the game, allowing competition between groups of players

While both games setup regattas that run concurrently with real events, neither makes any effort to add an educational component, and neither features any 3D graphics. Both games typically have several regattas running concurrently, and analysis of the ranking statistics on their respective websites shows that participation numbers in the regattas can vary widely, from a few hundred in minor regattas to 20-30,000 in major races. Both feature highly professional interfaces and webpages, and vibrant community forums.

B. *Academic*

In the last decade, academic research into videogames has increased both in terms of content and quality, particularly in the field of MMO games [3] [4]. SteinKeuhler and Williams [5] were some of the first to create the link between the MMO games and the 'third place' first envisioned by Oldenburg [6] in 1999. The concept of a 'third place' is that it should be a 'home away from home', where external rank, wealth or social standing should have no effect. SteinKeuhler and Williams conclude that MMO games create a new form of 'third place' featuring social interactions which, while not usually providing deep emotional support, typically are capable of exposing individuals to a diversity of world views.

In terms of MMO design, Ducheneaut, Yee, Nickell and Moore [7] deconstruct the design of World of Warcraft (WoW), one of the most successful MMO games of all time. Their conclusions are that, in game design terms, WoW is an evolution rather than revolution, building as it does on established game design tenets from predecessors (most notably Everquest). They also question whether the MMO will ever change radically, given WoW's history and success based on a pre-established formula.

In term of technical development of MMO games, Chen, Huang and Lei [8] present an excellent analysis of network traffic for online games, showing that the traffic graphs have distinctive features of strong periodicity, temporal locality, irregularity, and self-similarity.

Several textbooks have been written about game design. For an overview of design at a reasonably abstract level, without too much focus on individual code implementations, the reader is guided to [9].

III. Modified Game Design for Simultaneous Events

To create an effective game that runs in parallel with a sporting event such as a sailing regatta, there are several issues of basic game design that must be taken into account, if the game is to work at all as 'a game'.

A. *Realism vs Difficulty*

At its most basic level, a game which intends to mimic a real event must be considered as some form of simulation. This inherently leads to a problem, as Sauvé et al. note [10]: "Simulation does not necessarily involve conflict or competition, and the users are not trying to win, as they are always doing in a game". Yet a race (such a sailing regatta) is indeed a competition, and the game design must make steps to increase the appeal of the competition (the 'game') to users, while still maintaining a level of simulation in order to tie it to the event that it accompanies.

This trade-off has particular consequence when deciding the target audience for the game. Figure 1 shows a circular chart where the area of the circle represents the number of players. It is assumed that a more 'hardcore' simulation-style game will appear less to casual players, whereas a more accurate simulation will please the smaller (but vocal) community of people who are dedicated 'online sailors'. The challenge for the Barcelona World Race game was to build a game that would appeal to players of existing sailing games, but also draw in a set of users who previously had no experience or knowledge of sailing.

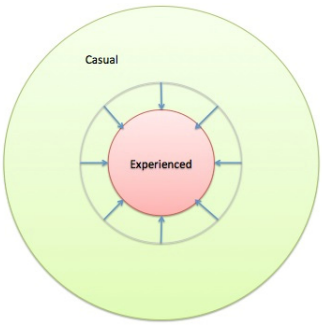


Figure 1: Area graph showing differences between numbers of casual and experienced gamers

It was decided at an early stage that the game should be more of a 'game', than a simulation. The reasoning behind this decision was that, although one of the objectives of the project was to teach users more about sailing world, if the software was too complicated it would not appeal to novice users, and not gain a large following. In particular, we decided that we should create the game '*polars*' (spreadsheets specifying how fast the real boats are capable of sailing under given wind and sail conditions) based on real ship data; yet we should not attempt to simulate accurate the effect of mainsail 'reefing' and keel angles, which are complex sailing issues that require in depth sailing knowledge to master.

This work was only possible thanks to the sponsorhip of the organisers of the 2010/11 Barcelona World Race, Fundació per la Navegació Oceanica de Barcelona, http://www.fnob.org .

Other online sailing games ignore the reefing issue completely due to its complexity. Yet, given that reefing is an important action to be taken on any sail boat in high winds, it was a factor that we wanted to include in the game. As a result, we created a minigame out of the reefing issue, with very simple rules, in order to teach novice sailors the basics of this complex issue. The advantage of this approach is that it teaches 'casual' players the importance of the issue, in a fun and engaging way, while also appealing to the more experienced players, as it is the first online sailing game to tackle the issue at all.

B. Difficulty Curve

The traditional difficulty curve of a typical videogame is represented in Figure 2 (adapted from [9]). This curve is a well-established tenet of game design and has been proved to be highly effective at motivating the player to continue playing, in order to finally 'beat' the game. However, the difficulty curve of any game based on a real event will be heavily affected by the nature of the event. In the case of the Barcelona World Race, the difficulty curve has a very steep initial curve, followed by a wild (and almost random) difficulty depending on the prevailing wind conditions and competition levels, then a rather anticlimactic return to Barcelona after 3 months of play.

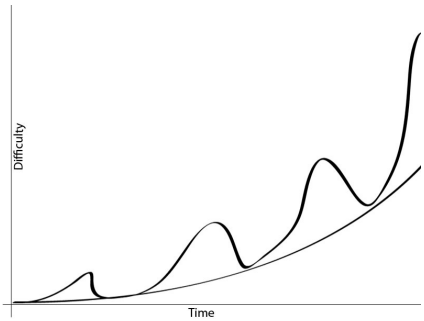


Figure 2: Standard game difficulty/time graph

As a result, games following real events must take into account this difficulty level distribution and attempt to add other aspects to the gameplay that attempt to distract the user from any unwelcome jumps in difficulty. For the Barcelona World Race game, we decided early on that we should maximize the social aspect of the game (see Section IV below) in order to foment as much competition between players as possible, as this natural competition overcomes many shortcomings in natural game difficulty. The game also featured a series of 'Feats' (similar to Xbox *Achievements* or Playstation *Trophies*) – awards given to players for completing certain tasks within the game that were not related to the main race (such as passing by a certain geographical landmark, or managing to sail above a certain speed).

Furthermore, we wanted to add some sort of shorter challenge within the game, in order to break up the 3-4 months over which the race would run. The real Barcelona World Race is split into several stages (called 'Trophies'). Although the boats never actually stop sailing, the first boat to complete the stage (by passing a line of coordinates) is awarded the 'Trophy'. We modified this idea for the game, splitting the entire round-the-world race into a series of stages, and ranking the players based on the time taken to complete that stage. Note that this provided a neat solution to the issue of how to motivate those virtual sailors who registered for the game after the actual race had started (and thus their boat started in last position in the rankings). The separate trophies were ranked according to *time taken to complete the stage*, and thus was completely independent from the ranking of the global race.

Finally, we were able to control the difficulty of the 'reefing' minigame (mentioned above) to a certain extent during the course of the regatta, thus modifying the difficulty curve if we felt that the difficulty was rising to unplayable levels.

C. Incorporation of event data

For a game that runs in parallel with a real event, the more real data from the event that is incorporated with the game, the greater the sense of immersion provided to the player. In the case of the Barcelona World Race game, there were three sources of data from the 'real' race that could be used, telemetry data from the real boats competing in the race (e.g. rough GPS position); real weather conditions and forecasts from the official Barcelona World Race meteorology service; and live contact (videos, calls, and emails) from the real skippers provided during the race.

Of these three, the inclusion of the rough location of the real boats (updated every 30 minutes) was an obvious method to increase the immersion of the player. With the estimated location of the real boats included in the game map, players were able to see exactly how well they were performing against the real boats, adding to the sense of competition – although, of course, players were not really 'competing' in any real sense of the word, as the game was not trying to be anything approaching an accurate simulation (see section III.A above).

Using real wind data was an important addition that added to the immersion and attraction of the game. It did, however, raise an interesting question about what consists 'real' data. The official weather data was collected by the meteorology service at t=0; these terabytes of raw observation data were processed in order to generate the report on the 'current' weather, and also the forecast for the forthcoming days. This processed data was made available to the game four and a half hours later (t=4.5hrs). However, this meant that the 'current' weather in the game was actually the weather measured at t=0; and thus there was an unavoidable delay of 4.5 hours between the weather in the game and the conditions faced by the real boats. Although various possible alternatives were discussed (including the possibility of using forecast data as 'real' data in the game), it was eventually decided to accept this unavoidable delay, given that all virtual ships were facing the same conditions, and that the game was not intending to provide an accurate simulation anyway.

The game made special effort to include as much contact from the crew on the real boats as possible. The game interface was designed to easily show the latest email contact from each

boat, and a system of 'Points of Interest' (POIs) was developed, using Keyhole Markup Language (KML), to add to the game map. The use of KML allowed media rich POIs (including images, audio, and video) to be inserted into the game interface at any point during the course of the event, and this allowed players to see regular multimedia clips of the real boats and the real conditions at various places around the globe.

IV. Social Interaction

There has been much research done into the social elements of MMO games [3] [4] [5], and it is clear that the social aspect is the driving force behind the success of many successful MMO games. When designing a game to parallel a real event, several opportunities arise in order to drive interaction and competition between users. Existing methods, such as lists of 'Friends' (contacts with other players that are saved between active gaming sessions) are standard in all MMOs, including existing online sailing games such as Virtual Regatta and Live Skipper. Friends lists are a key aspect in an MMO as they allow users to directly compete against friends and peers. In the Barcelona World Race game, we wanted to go beyond the 'passive' friends list, and enable in-game communication in order to foment competition and interest. As a result, a Twitter-like messaging service was developed, allowing users to post short (140 character) status messages within the game interface, which would automatically appear in the 'logbook' section of all the 'Friends' of that user. The messaging client was extended with a familiar addressing service – prefixing the character '@' before a player username sent the message to that player, regardless of whether they are a Friend or not.

In a further effort to boost social interaction and increase the immersion of the players, the game website presents a series of infographics that use statistics from the game to present interesting information. For example, the homepage updates daily with the 'Weekly Game Leaders' – providing statistics from the last 7 days on subjects such as who gained most places in the global ranking, who posted the most number of times in the messaging service, who had achieved the most number of Feats etc. This is supported by a multimedia rich website and message board/forum, which all registered players can access and post to.Finally, during the build up to the start of the regatta, social media played a vital role in creating interest and buzz for the game. An official Facebook page for the race was set up and a pre-registration Facebook application was developed, allowing potential players to choose their boat name, sail colours and basic boat configuration. As section IX below concludes, this approach was highly successful. Twitter was also integrated very tightly into the game interface. The RSS feed from the official Twitter account of the virtual race committee was used to inject race information and updates directly into the 'Logbook' of each player within the game interface, which allowed near instant communication between the race committee and all the players. For a game mimicking a real event, this instant communication is a vital method to update players with any changes to the course or even rules.

V. Educational Compontents

One of the objectives of the game was to introduce the world of sailing to wider audience, and also highlight several of the current issues facing the maritime environment. The POIs system (introduced above in section III) was to prove an ideal vessel for the introduction of educational aspects of the game. The educational department at FNOB provided a series of short texts, either describing geographical or maritime features, or highlighting current issues relating to pollution and the environment. The KML-based nature of the POIs allowed each comment to be associated with a GPS location, so the comments can be marked in the correct place within the world map. In addition, a comprehensive general tutorial was produced for the game, which emphasized elements of real sailing. Teaching in experienced users the basics of sailing was one of the core objectives of the project – the combination of the tutorial and the interface design (see section VIII) below addresses that.

VI. Browser Based 3D Graphics

One of the initial technical challenges for the development of the game was the stipulation that it should feature 3D graphics and should run fully within a standard web browser. After analysis of the state of the art in this field, the decision on how to achieve this objective was simplified into a choice between one of three options:

1. Flash 3D – given that the vast majority of browser based games are implemented in Adobe Flash, this was a clear option
2. WebGL [11] – would provide the possibility of running native OpenGL code in the browser
3. 3rd party plugin – such as Unity3D [12], Google O3D [13], Microsoft Silverlight [14], or a custom plugin

In making the decision on which tool or API to use, there were two chief concerns; one, the existence of a proper 3D pipeline capable of multipass rendering; and two, ease-of-distribution of any results. After some initial tests, it was clear that Flash 3D would not be sufficiently powerful to display the required quality graphics, and WebGL is not supported by all browsers (in particular Microsoft Internet Explorer).

Figure 3. Screenshot of the in-browser 3D engine

Thus, we decided to use a 3rd party plugin, in particular Google's O3D. Although Google has now stopped active development of the plugin (in a drive to support WebGL) it is still available to download as a plugin for all major browsers, and is now very stable. The plugin API allows developers to

create complex 3D scenes in javascript, while referencing shaders that allow direct access to the GPU. It also supports multipass rendering, which was of vital importance to us. Multipass rendering facilitates many post-processing graphical effects, such as reflections and weather effects, which are crucial for the creation of 3D scenes based largely on the open ocean.

A screenshot of the result is shown in Figure 3.

VII. Creating a Robust Server Architecture

From a purely technical point of view, the creation of a robust server architecture is the most important aspect of a successful MMO game. The server architecture must be capable of managing thousands of simultaneous game client connections, while also executing the back end calculations required for the game logic (in this case, to control the movement of the boats within the virtual race, to calculate race rankings, and to support the ancillary features of the game such as the in-game messaging service).

For the Barcelona World Race game, we created a server that was completely independent from the client, so that completely independent client implementations (such as iPhone applications) would be able to connect independently from the main browser-based client. To restrict non-authorized applications from connecting, we implemented a unique token based authorization system for each client session.

A. Server Backend

The server backend for the Barcelona World Race game consists of a series of databases containing player information. Multiple databases are used in order to reduce the risk of overloading. The main database stores the current position, sailstate, and heading of each boat, along with a global weather map. An update process sweeps this database, calculating the new location coordinates (in latitude/longitude) according to an equation of movement and a time t. The equation takes into account all the factors in the game that could affect the speed of the boat, while t depends on the time since the last update for each boat. The update process typically takes a second or two for up to a hundred thousand boats; but the time taken is increased as more queries are made from the database (client connections, for example).

A second database in the back-end stores user information such as passwords and preferences. A further third database is used to store historical information for each player (such as the route their boat has taken). This historical information can take up quite a lot of storage space within the database, which is why it is kept separate.

B. Server Frontend

The server front-end for the Barcelona World Race game consisted of a series of Apache web-servers and load-balancers. The exact configuration was managed by a commercial company, Nexica [15], and detailed description of it is beyond the scope of this paper.

VIII. Interface Design

Although the 3D graphics provide the main visual attraction of the game, they offer limited ability to genuinely plan a multiday ocean voyage. Thus, it was also necessary to develop a comprehensive and intuitive 2D, map-based interface, to allow players to sail their virtual boats effectively.

The main interface for the game was created via a series of paper prototypes, non-functional mockups, functional mockups and complete prototypes. Figure 4 shows a series of screenshots demonstrating the evolution of the interface interface. Figure 5 shows a screenshot of the final interface.

Figure 4.Top-Bottom, Left-Right; a very early mockup; the very first playable version of the game; an alpha version used for the Vuelta a España regatta game; one of the mock-up options for the final interface

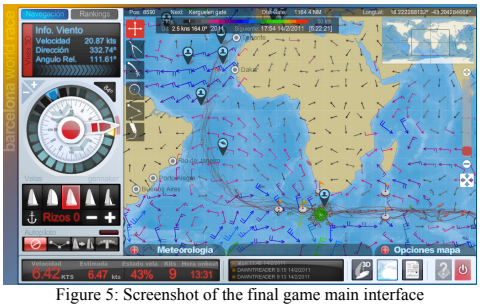


Figure 5: Screenshot of the final game main interface

The final game 2D interface is the product of over a year of development and testing, and presents all the information required by the player (wind, bearing, sails, autopilots, POIs, real ships, friends rankings) in a straightforward and logical way. Although explanation of all the interface features is beyond the scope of this paper, the development of a key component, the *compass*, is indicative of the whole process.

The compass is one of the most important aspects of the interface design. Of all the controls, it is the one that occupies the most screen space, and the one that all users will use regularly. As the screenshots in Figure 4 show, the compass started as a mockup image. It then developed into a basic functional prototype, and gradually several components for visual feedback were added: moving chevron indicating

prevailing wind direction, then graduated colour bars to provide quick visual indication of estimated speed, before finally coloured markers around the rim, showing the directions of the next control-gate within the race.

Although initially planned to be a mixture of HTML, Javascript and Flash, the final interface was implemented entirely in Flash and Actionscript, which is overlayed with an O3D element when the 3D graphics are activated by the user.

IX. Results and Conclusions

A. Race statistics

The Barcelona World Race game started at exactly the same time as the real regatta, at 12.00GMT on the 31st of December 2010. The game was open for registration and public beta-testing for two weeks before the event – this proved to be invaluable in ironing out several bugs before the start of the race proper. On February 18th 2011, the lead boat in the virtual race crossed the half-way distance mark (12,964 nautical miles). Table 1 provides some game statistics recorded at this point.

TABLE I.

Barcelona World Race Game Usage – 18th February	
Total registered users	36,961
Total active users[a]	21,224
Average connections/hour	3,786
Total in-game messages sent	489,427

a. Measured via number of users who successfully completed first stage, Barcelona-Gibraltar

The table shows that, of the total number of registered users, at the time of measurement, 57% of regular users had played the game with a reasonable frequency. While this figure may seem low, given that the game is free to play, and registration was made as easy as possible (either independently, or via Facebook Connect) we considered this to be an excellent result. We were further encouraged by statistics from the 'Live Skipper World Race', launched in direct competition to the Barcelona World Race Game, which had a total number of registered users of 1,910. Although the Live Skipper game lacked the drawing power of being 'the official game', we were under no illusions that had the Barcelona World Race Game failed, the Live Skipper competing race would have had a much greater following.

B. MMO Game Design for Real Events

Our experience in developing the Barcelona World Race game has lead to abstract a series of conclusions that should be borne in mind when developing MMO games for real events.

1. *Games for real events require a different design approach*: The balance of simulation vs. playability, and the uneven difficulty curve, require a flexible and non-standard approach to basic design
2. *Browser based 3D is a reality*: Despite ongoing PR wars between different proprietary plugins, it is clear that browser based 3D graphics are now an established part of the internet. The Barcelona World Race Game was a not a triple-A, multimillion euro project; and the fact that such a relatively small project were capable of developing high quality browser-based 3D graphics is indicative of the level of the currently available technology.
3. *Social Interaction is a vital aspect*: While this conclusion is hardly novel, the results of the game (especially the near half-million in-game messages, and following on Facebook) add to the growing body of evidence that shows that in-game social interaction is vital in order to create a popular game.

In terms of future work, the entire data of the game (history logs, timings, sail changes, messages) is stored in the main game database. This store constitutes an excellent source of information that can be data-mined for trends are patterns of play. This should not provide interesting research data, but also give a strong basis for development of the game for the next Barcelona World Race, in 2013/14.

Acknowledgment

We would like to acknowledge the support of the organisers of the Barcelona World Race, FNOB http://www.fnob.org

References

[1] http://www.virtualregatta.com

[2] http://www.liveskipper.com

[3] H. Cole, M. Griffiths. "Social Interactions in Massively Multiplayer Online Role-Playing Gamers". CyberPsychology & Behavior, vol. 10(4): pp 575-583, 2007.

[4] N. Ducheneaut and R. Moore. "The social side of gaming: a study of interaction patterns in a massively multiplayer online game". Proc. ACM CSCW '04, pp360-369, 2004.

[5] C. Steinkuehler, D. and Williams "Where Everybody Knows Your (Screen) Name: Online Games as "Third Places"". Journal of Computer-Mediated Communication, vol. 11, pp 885–909, 2006.

[6] R. Oldenburg. "The Great Good Place: Cafés, Coffee Shops, Community Centers, Beauty Parlors, General Stores, Bars, Hangouts, and How They Get You Through The Day". New York: Marlowe & Company, 1999.

[7] N.Ducheneaut, N. Yee, E. Nickell and R. Moore. "Building an MMO With Mass Appeal". Games and Culture vol. 1 no. 4 pp281-31, 2006.

[8] K. Chen, P. Huang and C. Lei. "Game traffic analysis: An MMORPG perspective" Computer Networks, Vol. 50, Issue 16, pp3002-3023, 2006.

[9] D. Sanchez-Crespo "Core Techniques and Algorithms in Game Programming". Publ. New Riders, 2003.

[10] L. Sauvé, L. Renaud, D Kaufman and J. Marquis. "Distinguishing between games and simulations: A systematic review". Educational Technology and Society, pp247-256, 2007.

[11] C. Leung and A. Salga. "Enabling WebGL". Proc. ACM WWW '10, pp 1369-137, 2010.

[12] http://www.unity3d.com

[13] http://code.google.com/apis/o3d/

[14] http://silverlight.net

[15] http://www.nexica.com

Serious Game em Contexto Empresarial para acolhimento a novos colaboradores

Pedro Almeida, Luís Pedro
CETAC.MEDIA
DeCA – Universidade de Aveiro
Aveiro, Portugal
almeida@ua.pt, lpedro@ua.pt

Marília Moita, Ricardo Magalhães, Arnaldo Santos, Lúcia Moreira
IAD – PT Inovação
Aveiro, Portugal
marilia-e-moita, ricardo-f-magalhaes, arnaldo, lucia-f-moreira@ptinovacao.pt

Resumo— **A formação profissional é uma actividade fundamental de qualquer instituição. Esta reveste-se de uma relevância particular na integração de novos colaboradores, desconhecedores das práticas, valores e comportamentos específicos de uma dada organização. A inclusão de ferramentas e estratégias de formação e acolhimento diferenciadas, como um Serious Game, tem o potencial de tornar o processo mais atractivo, motivador e, eventualmente, mais eficaz. O presente artigo apresenta um Serious Game desenvolvido para o acolhimento de novos colaboradores da PT Inovação, referindo as suas características e descrevendo o processo de avaliação no terreno a que foi sujeito. Finalmente, apresentam-se e discutem-se os resultados obtidos.**

Palavras-chave: serious game, acolhimento, formação, avaliação.

I. Introdução

Juntar os conceitos "Serious" (Sérios) e "Games" (Jogos) pode parecer altamente paradoxal, uma vez que os jogos são normalmente considerados como entidades/artefactos de diversão/lazer, encaixando-se na categoria das brincadeiras, algo que entra em clara oposição a uma actividade séria. No entanto, segundo Bergeron, B. P. [1] um Serious Game (SG) é uma aplicação interactiva que compreende, necessariamente, um objectivo desafiante; devendo ainda ser divertido e motivador, incorporar o conceito de pontuação e transmitir uma capacidade, conhecimento ou atitude que possa ser aplicada no mundo real.

Enquadrado no contexto de integração dos Serious Games no mundo real, este artigo reporta o desenvolvimento e avaliação de um SG desenvolvido para apoiar as actividades de formação e integração de novos colaboradores na empresa PT Inovação.

II. Serious Games

A. Estado da Arte

A principal diferença entre os Serious Games e os videojogos tradicionais reside no objectivo principal de cada um destes *géneros*: os primeiros pretendem transmitir e testar conhecimentos/capacidades/atitudes, enquanto os segundos apenas pretendem ser ferramentas de entretenimento. Os SG podem representar um progresso nos processos de aprendizagem na medida em que combinam formas de avaliação e formação tradicional com métodos modernos que os videojogos utilizam, hoje em dia, de forma regular [2].

No que respeita ao âmbito de utilização dos Serious Games, estes são utilizados nas mais diversas áreas, tais como as áreas de formação profissional, educação académica, educação social, educação cultural, entre outros. Poderão também existir outros propósitos inerentes ao SG como o marketing, campanhas publicitárias, entre outros, mas mantendo sempre o seu objectivo principal da formação e educação no topo das prioridades [3].

No que respeita à formação profissional ou educação corporativa, podem destacar-se alguns exemplos de aplicação:

- *Nykredit Training Game*, é um SG onde os novos colaboradores são postos ao corrente das práticas empresariais da Nykredit (uma das empresas líder no mercado financeiro da Dinamarca);

- *Novo Nordisk Digital Board Game*, este SG da Nordisk (Dinamarca) caracteriza-se por ser um jogo de tabuleiro digital, que combina características dos clássicos jogos de tabuleiro (Monopólio e Trivial Pursuit) e através do qual os colaboradores podem aprender práticas e procedimentos para lidar com casos de cuidados de saúde. Este SG em particular permite ainda validar os conhecimentos adquiridos.

- *The Financial Game*, centrando-se em aspectos financeiros e de gestão, baseia-se na imersão do jogador num cenário fictício de uma empresa de manufactura tendo este de definir estratégias e medidas para ultrapassar as metas de desempenho a atingir nos anos seguintes.

- *The Enterprise Game*, um jogo empresarial de *role-play* desenvolvido especificamente para ser jogado online e desenvolvido para proporcionar uma educação empresarial e reforçar a visão de negócios;

B. Serious Games em contexto de Formação

Os videojogos, neste contexto específico, os SGs, assumem um elevado potencial de criação de contextos de aprendizagem e formação de sucesso, uma vez que confrontam o jogador/formando com desafios interessantes que requerem, tipicamente, o recurso a estratégias específicas e o desenvolvimento de competências (técnicas, sociais, entre outras) para a sua resolução. Em contraposição com as técnicas

tradicionais de formação, os SGs potenciam uma interacção mais centrada nos próprios processos de aprendizagem, o que beneficia tanto o formando, na apreensão de conhecimento e boas práticas, como o formador, que ganha uma visão mais objectiva e qualitativa sobre o percurso do formando. O formando aprende com o sistema e o sistema adapta-se ao formando, criando assim técnicas de formação que vão para além da transmissão unidireccional do conhecimento. Por outro lado, o jogador assume o controlo do jogo podendo, se falhar, ou se o resultado final não for o mais desejado, repetir tudo novamente com uma outra abordagem [4].

A aposta neste instrumento de aprendizagem conduz ao conceito que Corti [4] define como "conhecimento autêntico", i.e., o conhecimento adquirido é pessoalmente relevante e útil na medida em que o formando o pode aplicar directamente nas tarefas que encontra no dia-a-dia da sua vida real.

III. Estudo de Caso: Serious Game em Contexto de Acolhimento dos Novos Colaboradores PT Inovação

De forma a compreender como um SG pode ser útil como ferramenta de formação no processo de acolhimento dos novos colaboradores da PT Inovação (PTIn), é importante realçar que a PTIn se classifica como uma grande empresa de desenvolvimento de soluções e inovações tecnológicas na área das telecomunicações, registando, ainda, uma importante actividade de formação profissional na mesma área, suportando as actividades da empresa mãe, a Portugal Telecom e os seus parceiros. Face a essa dimensão e às necessidades de crescimento, a PTIn recruta frequentemente novos colaboradores. Nesse sentido, é necessária uma solução integrada, rápida e eficaz, que introduza os novos colaboradores aos sistemas, princípios e procedimentos da empresa.

Actualmente, o processo de acolhimento dos novos colaboradores é gerido pelo Departamento dos Recursos Humanos, responsável pela difusão da informação necessária para que os novos colaboradores compreendam a missão, objectivos, visão e modo de funcionar e pensar da empresa, paralelamente com a introdução dos mesmos ao seu ambiente de trabalho e junto da equipa na qual vão ser integrados.

Face às variadas facetas do processo de acolhimento, a integração, neste processo, de um SG como ferramenta de formação de acolhimento não poderá permitir substituir de forma integral esse procedimento. Contudo, assume como objectivo principal fornecer aos novos empregados os benefícios de uma aprendizagem adaptada aos seus ritmos através de uma ferramenta com um *look and feel* de entretenimento. Desta forma, o SG pretende reforçar a curva de aprendizagem natural dos novos colaboradores dentro da empresa. Na prática, o jogo será apenas fornecido após as sessões de acolhimento iniciais de recepção aos novos colaboradores na empresa, executadas pelo método tradicional, i.e., em presença.

A. Objectivos e modo de funcionamento

Como mencionado anteriormente, o propósito do SG é o de formar e de servir como parte integrante do processo de acolhimento dos novos trabalhadores PTIn. Importa que os novos colaboradores aprendam as formas de estar na empresa percebendo essa aprendizagem como um benefício próprio e não empresarial. O SG pretende, deste modo, servir os propósitos de ser uma ferramenta de aprendizagem e de avaliação, conduzindo os colaboradores num processo de verificação das suas capacidades e baseando-se em simulações de situações reais que podem acontecer no âmbito do seu percurso diário na empresa.

Como em qualquer outra empresa, existem regras e práticas específicas que qualquer colaborador precisa de conhecer e dominar para agir em conformidade com o espírito da empresa, desde o simples estacionamento da sua viatura, ao entendimento do sistema de controlo de assiduidade, passando por outras actividades mais complexas e que são comuns a todos os colaboradores da empresa. Assim, o SG pretende apresentar-se como uma ferramenta que proporciona uma aprendizagem interactiva, baseada na resolução de desafios sustentada no conhecimento da missão, visão, valores da empresa, bem como do conhecimento dos diversos departamentos, serviços e unidades. Procurou-se na construção do jogo tomar em consideração, quer os objectivos específicos de formação inerentes ao jogo, quer elementos fundamentais da dinâmica de jogo, nomeadamente os propostos por Sweester e Wyeth [5] como o desafio e adequação aos níveis de conhecimento dos colaboradores da PTIn, o desenvolvimento das capacidades dos jogadores, a definição clara de objectivos, e, apesar do ambiente gráfico 2D, alguma imersão nos espaços e no jogo como um todo.

Ao jogarem o SG, os novos colaboradores terão, potencialmente, a oportunidade de consolidar esses conhecimentos, através da exploração do mapa da empresa (Fig. 1), bem como da aquisição de informação no decurso do jogo (que pode ser guardada num bloco de notas) para que possam superar, com sucesso, os vários desafios que vão sendo apresentados, tais como: estacionar o veículo, contactar o suporte técnico face a uma avaria do computador pessoal, demonstrar o conhecimento sobre produtos e estratégias de marketing da empresa, identificar membros da equipa e as suas funções na empresa, entre outras actividades.

Figura 1. Menu principal – mapa de edifícios da PT In.

O SG explora, ainda, a relação do jogo virtual com o meio físico propondo desafios que impliquem a realização de tarefas fora do jogo, como é o caso da marcação de reuniões. Procura-se, desta forma, promover a interação física entre o novo colaborador e os seus pares na equipa onde se encontra inserido, promovendo igualmente o potencial de transferência de conhecimento no âmbito de algumas práticas sociais.

Do ponto de vista funcional, o jogo contempla tarefas distintas, quer do ponto de vista da formação e acolhimento dos novos colaboradores, quer do ponto de vista do próprio desafio e dos resultados que se esperam com a sua resolução, mas também do ponto de vista da sua execução técnica. O jogador mantém um contacto com as tarefas propostas sob uma perspectiva de primeira pessoa (Fig. 2), mantendo assim uma comunicação directa com o ambiente representado.

Figura 2. Área pessoal do jogador no SG de Acolhimento PTIn

B. *Modelo do Sistema*

Por forma a representar os parâmetros técnicos do SG, inclui-se um modelo esquemático do sistema representado na Fig. 3.

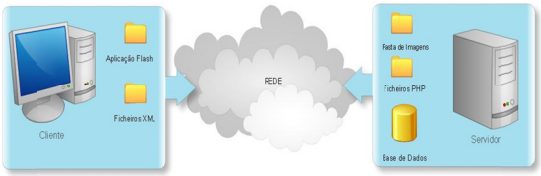


Figura 3. Modelo de Sistema

A aplicação foi desenvolvida em Adobe Flash, suportada na linguagem Actionscript 3.0. Para o registo de toda a interacção na aplicação, a ferramenta é suportado por uma base de dados MySQL. Do ponto de vista estratégico e de integração a médio-longo prazo, esta encontrar-se-á integrada na plataforma Formare LMS. Este Ambiente de Gestão de Aprendizagem é a plataforma de suporte da PTIn às suas acções de formação profissional realizadas a distância aos seus próprios colaboradores, aos colaboradores de outras empresas do grupo e a um número elevado de parceiros e clientes. Com esta integração do SG no Formare pretende-se que a performance (traduzida num *score* de jogo) seja guardada e apresentada numa tabela de pontuação global dos vários colaboradores, funcionando como elemento motivador e de competição para a conquista da melhor pontuação. Paralelamente, o jogo armazena a restante actividade de cada jogador, incluindo o tempo total de jogo, a pontuação do utilizador, as suas acções e escolhas durante o jogo. Este registo permite uma análise detalhada da performance de cada jogador, nomeadamente para efeitos de verificação da usabilidade do sistema e identificação de possíveis progressos e melhorias a introduzir.

IV. Avaliação

Após a conclusão da primeira versão da aplicação esta foi disponiblizada a um grupo de colaboradores da PTIn tendo sido alvo de uma avaliação cujo processo se descreve de seguida. Perspectivou-se avaliar o SG para o objectivo específico de acolhimento de novos colaboradores mas também para outras possíveis aplicações a cenários de formação profissional interna.

A. *Metodologia de avaliação*

O teste foi realizado com o objectivo de garantir a usabilidade do produto e de obter feedback dos utilizadores relativamente à sua utilização, no sentido de se proceder a eventuais melhorias, sendo composto pelas seguintes fases:

1. Antes da execução do teste, o colaborador/participante teve de preencher um pequeno questionário pré-sessão em que se pretendia obter informações que permitissem a caracterização do seu perfil relativamente à sua formação académica e tempo de permanência na PTIn.

2. Cada participante recebeu um guião introdutório de orientação do teste, explicando o propósito e objectivos do teste. De sublinhar que se explicou aos participantes que a aplicação era o centro da avaliação e não o participante e que as tarefas deveriam ser executadas de forma bastante confortável. Pretendeu-se, ainda, informar o participante que ele seria observado e que a sua interacção com o sistema seria capturada para análise posterior.

3. Posteriormente, foi entregue um guião de tarefas ao colaborador/participante**.** O avaliador, que esteve sempre presente, solicitou que o participante verbalizasse as suas dúvidas/sentimentos durante a execução das tarefas, de modo a permitir uma melhor compreensão de determinadas ocorrências e a razão dos problemas encontrados (*think-aloud protocol*). Durante as sessões, utilizou-se o programa *Morae* para cronometrar e registar o tempo despendido na realização das tarefas, bem como para filmar as reacções e a voz dos participantes.

4. Depois de executadas todas as tarefas, os participantes preencheram um questionário pós-sessão de avaliação do sistema cuja finalidade foi a de obter informações sobre a satisfação do participante.

B. *Tipo de teste e técnicas de recolha de dados*

Entende-se Usabilidade como uma característica qualitativa que determina a facilidade de utilização da interface de um determinado sistema [6]. Assim, segundo Schneiderman e

Nielsen (apud [6]), um teste de usabilidade deve ter em conta os seguintes princípios: i) Aprendizagem; ii) Memorização de tarefas; iii) Eficiência na execução de tarefas; iv) Eficácia de realização de tarefas; v)Prevenção visando a redução de erros; vi) Satisfação subjectiva do utilizador.

Considerando estes princípios, e entendendo que a usabilidade se relaciona com a eficácia e a eficiência da interface perante o utilizador e pela reacção do mesmo face à interface, é importante especificar qual o tipo de teste de usabilidade que foi efectuado. Os vários tipos de testes de usabilidade que podem ser efectuados estão relacionados, essencialmente, com o estádio do ciclo de vida de desenvolvimento em que o projecto se encontra. Uma vez que o projecto era um protótipo funcional do Serious Game, o teste visava avaliar de forma fiel o projecto em questão.

Neste sentido, foi efectuado um teste de validação tendo por objectivo testar o produto em relação a padrões de usabilidade, padrões de performance e padrões de enquadramento do projecto. Este tipo de testes tem ainda como objectivo validar a interacção entre os componentes do produto, como por exemplo, a forma como a documentação, a ajuda, o *software* e o *hardware* estão integrados uns com os outros. O teste de validação enfatiza maior rigor experimental e de consistência se for dada importância a julgamentos quantitativos sobre o produto.

C. Perfil dos Participantes

A definição dos participantes no estudo estava feita à partida, uma vez que o produto se destinava a ser utilizado pelos novos colaboradores da PTIn. Assim, foram testados utilizadores que estavam no respectivo ambiente empresarial.

O número de participantes para um teste de usabilidade, segundo Nielsen et al. [7] deve rondar os quinze participantes. No entanto, e ainda segundo estes autores, os primeiros cinco participantes serão capazes de detectar a maioria dos erros/problemas de usabilidade do sistema.

Neste sentido, foram utilizados dois grupos de 7 participantes, considerando o tempo que estão na empresa (inferior ou superior a três meses). Deste modo, foram efectuados testes a 14 participantes, divididos em dois grupos de sete participantes cada. Estes participantes eram estagiários da PT Inovação, sendo que um dos grupos era composto por elementos com um tempo de permanência na empresa inferior a três meses e o outro grupo por colaboradores com um tempo de permanência superior a três meses. Os participantes tinham idades compreendidas entre os 22 e os 25 anos, sendo maioritariamente do sexo masculino (apenas 2 participantes eram do sexo feminino). Relativamente às habilitações académicas, todos os participantes eram possuidores de Licenciatura e encontravam-se a frequentar/terminar Mestrado.

V. ANÁLISE DE DADOS

Recolhidos os dados foi necessário proceder à análise comparativa dos mesmos, considerando os dados provenientes da sessão e dos questionários elaborados pós-sessão, de acordo com os parâmetros de avaliação identificados anteriormente.

A. Execução de Tarefas

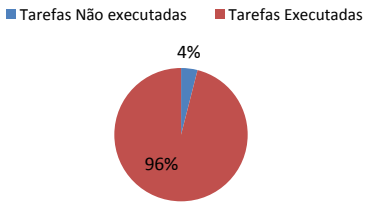


Figura 4. Percentagem de tarefas executadas com sucesso.

No geral todas as tarefas foram realizadas com sucesso, tendo a ajuda sido utilizada por alguns participantes.

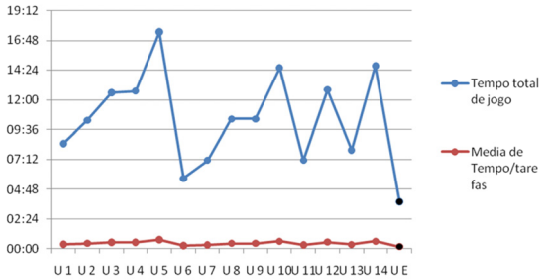


Figura 5. Tempo Médio de Execução de Tarefas

A média total do tempo de jogo rondou os 10'56'', sendo que o tempo de jogo do Utilizador Experiente (EU) foi de 3'46'', quase 1/3 da média dos tempos de jogo dos outros utilizadores. No entanto, não era objectivo da utilização do SG realizar as tarefas no menor tempo possível, mas sim explorá-lo de forma livre.

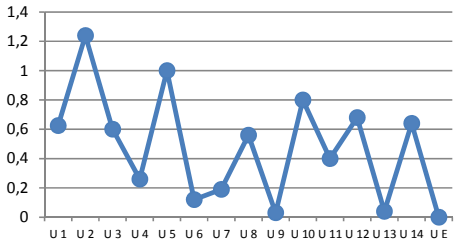


Figura 6. Média de Erros por Tarefa

Os utilizadores cometeram, em média, 1 erro em cada duas tarefas executadas (0,5 erros/tarefa), sendo que o Utilizador Experiente não cometeu erro nenhum**.** Neste aspecto será importante ter em consideração o facto de se estar perante um protótipo. Contudo, o tipo de erros parece não ter afetado o desempenho ou a percepção geral de jogo pelos utilizadores.

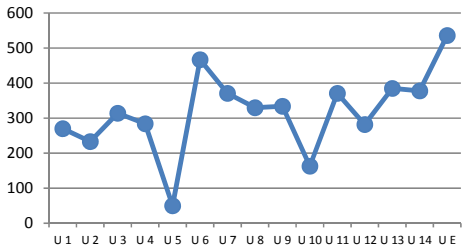


Figura 7. Pontuação Obtida

O Utilizador Experiente obteve a pontuação mais elevada perfazendo um total de 536 pontos, sendo que a média de pontuação dos restantes utilizadores rondou os 302 pontos.

B. Dados qualitativos e dados subjectivos sobre a utilização do protótipo

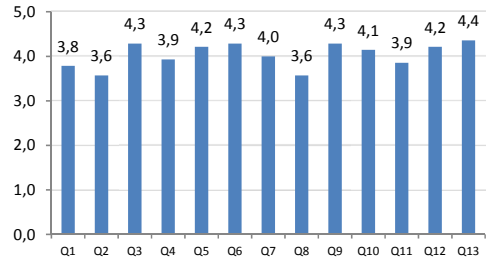


Figura 8. Média dos Dados Qualitativos/Subjectivos por Questão.

Q1: Facilidade de Utilização (1 = Difícil, 5 = Fácil)

Q2: Organização da Informação (1= Mal Organizada, 5= Bem Organizada)

Q3: Nomenclatura utilizada no jogo (1= Confusa, 5= Clara)

Q4: Mensagens do sistema (1= Confusas , 5= Claras)

Q5: Assimilação da Informação (1=Difícil , 5= Fácil)

Q6: Aspecto gráfico do Jogo (1= Confuso , 5= Claro)

Q7: No geral, a realização do teste foi: (1= Monótona, 5= Interessante)

Q8: O nº de desafios apresentados foi: (1= Muito insuficiente, 5= Muito suficiente)

Q9: Interesse em utilizar um SG em futuras acções de formação (1= Nenhum, 5= Total Interesse)

Q10: Utilidade dos desafios realizados para o compreender de situações reais dentro da PT Inovação: (1= Nenhuma utilidade, 5= Muita utilidade)

Q11: As tarefas realizadas no teste foram: (1= Confusas, 5= Claras)

Q12: Interesse em explorar novas situações no jogo: (1= Nenhum, 5= Total Interesse)

Q13: Expectativa para a versão final do jogo: (1= Nenhuma, 5= Imensas)

No geral os utilizadores demonstraram-se bastante satisfeitos com a utilização do protótipo. Os principais motivos de insatisfação prenderam-se com dificuldades na compreensão da organização da informação, com alguma confusão na interpretação de algumas mensagens do sistema, com o número insuficiente de desafios apresentados e com alguma confusão na realização de tarefas. Os pontos fortes centraram-se na nomenclatura clara utilizada no jogo, no aspecto gráfico, no interesse em utilizar um SG em futuras acções de formação e no interesse em explorar novas situações no jogo. De destacar que a classificação mais elevada se obteve nas expectativas para a versão final do jogo.

C. Expectativas/dificuldades sentidas

As expectativas/dificuldades apontadas pelos utilizadores decorrem da análise qualitativa às respostas dadas nos questionários pós-sessão, bem como da análise do feedback fornecido ao longo do processo de *think-aloud*. Foi efectuada uma análise comparativa das respostas dos utilizadores, sendo que foram registados casos em que a resposta não foi concordante com os demais.

1) Situações em que foi fácil utilizar o Sistema

A maioria dos utilizadores achou que foi relativamente fácil utilizar o sistema, enfatizando o menu de navegação, o acesso a áreas de execução de tarefas e a similaridade gráfica com o mapa geral da PT Inovação.

2) Situações em que foram encontradas dificuldades

A maioria dos utilizadores considerou que faltavam mensagens do sistema relativas aos passos para a realização das tarefas. Foram também reportadas dificuldades na compreensão de alguns ícones, mais especificamente dos "dados" que contêm informação sobre o progresso do jogo e ainda no ícone de retrocesso. Todos os utilizadores consideraram complexa a tarefa de clicar nas superfícies com interacção, facto que se deveu a um conflito entre o sistema de captação de imagem executado em background (para efeitos de registo da interacção durante os testes) e que interferiu com alguns cliques que não foram efectuados com sucesso.

3) Cumprimento dos Objectivos

A maioria dos participantes considerou que, apesar de se tratar de uma versão muito reduzida de um SG e de considerarem insuficientes os desafios realizados para poderem dar um parecer mais aprofundado, a jogabilidade era interessante e que o protótipo cumpria os objectivos de adaptar os novos colaboradores ao ambiente empresarial.

Paralelamente, houve participantes que consideraram que a navegação devia ser mais intuitiva e que gostariam de resolver outro tipo de exercícios mais relacionados com agendamento de compromissos e calendarização de tarefas a executar posteriormente. Foi ainda sugerido que o teste teria sido mais interessante se se pudesse navegar entre departamentos e não só entre edifícios. De salientar que todos os participantes consideraram as tarefas executadas úteis na compreensão de determinado procedimento dentro da empresa, especificamente as regras de estacionamento, o procedimento de comunicação de uma avaria do computador pessoal, e até a informação relativamente ao horário e funcionamento da cantina da empresa.

4) Recomendação do SG a outros colaboradores

Verificou-se que todos os participantes recomendariam o SG a outros colaboradores, maioritariamente porque consideraram a sua utilização fundamental no conhecimento das instalações, regras e missão, bem como a localização de departamentos, serviços e edifícios. Indicaram, ainda, o apoio dado na compreensão dos procedimentos de situações reais do dia-a-dia, enfatizando o facto de chegarem pela primeira vez a um ambiente desconhecido e que se tornaria facilmente mais familiar, de forma lúdica e aliciante, com recurso à ferramenta.

VI. Interpretação dos Dados

Analisados os dados, importa efectuar uma interpretação dos mesmos considerando os parâmetros de avaliação enunciados anteriormente e os objectivos dos testes.

Neste sentido, apesar de os tempos de execução das tarefas, bem como o tempo total de jogo e o número médio de erros por tarefa estarem longe dos tempos e erros cometidos pelo Utilizador Experiente, considera-se que a performance dos utilizadores foi satisfatória. Sublinha-se, através da análise das respostas aos questionários pós-sessão, que existiram algumas dificuldades provocadas por inconsistências gráficas e metáforas que não se encontraram bem explícitas, o que agravou os tempos de execução de tarefas bem como o número de erros cometidos.

No que diz respeito aos termos utilizados no jogo, estes foram facilmente compreendidos pelos utilizadores, mesmo os que tinham um tempo de permanência na empresa inferior a três meses. Da mesma forma, a informação fornecida ao longo do jogo foi retida pelos participantes no estudo, sublinhando-se o facto de os utilizadores recorrerem de forma muito reduzida ao Bloco de Notas, que permitia guardar a informação que era fornecida ao longo do jogo.

Relativamente aos problemas detectados, os utilizadores nem sempre compreenderam como desempenhar da melhor forma uma tarefa, facto que demonstra a percepção de falta de coerência em algumas metáforas gráficas e inconsistência nos parâmetros de navegação. Esta situação levou a que, por vezes, existissem expectativas de realizar uma tarefa de uma forma que não seria possível.

Complementarmente, as mensagens de ajuda do sistema foram eficazes mas não foram em número suficiente. Os utilizadores, no seu feedback durante o decorrer da sessão, necessitavam de mais pistas para realizar os desafios, nomeadamente os utilizadores menos familiarizados com a empresa e o seu modo de funcionamento.

Os participantes no estudo acharam ainda pertinente a adopção de um Serious Game, não só para tarefas relacionadas com o acolhimento, mas para actividades de formação, pois consideraram-no como uma excelente estratégia de veiculação de informação.

VII. Conclusões

Conclui-se que os objectivos de aferir a capacidade do jogo enquanto elemento de formação que possibilite uma aprendizagem rápida, eficaz e eficiente da integração do novo elemento na empresa e da forma de se actuar dentro da mesma foram cumpridos.

Foram também cumpridos os objectivos de obter desafios apresentados de forma natural e não sequencial, no sentido de fornecer ao utilizador uma experiência mais próxima da sua experiência diária no seio da empresa. O SG permitiu fornecer ao utilizador a sensação de simulação de desafios reais no seu quotidiano dentro da empresa.

Com a realização dos testes de usabilidade compreendeu-se que, de um modo geral, os participantes revelaram-se bastante satisfeitos, compreenderam a informação, acharam o protótipo bastante apelativo e demonstraram expectativas elevadas para a realização de um modelo finalizado do protótipo do Serious Game, pelo que se consideram cumpridos todos os objectivos, apesar das falhas assinaladas. Esta expectativa elevada reforça a importância de ser desenvolvida uma versão completa do SG para integrar formalmente nos programas de acolhimento da PT Inovação.

Esta experiência, apesar de restrita a um caso específico, revelou que os Serious Games podem ser alternativas muito atractivas e motivadoras para contextos de formação.

Os resultados reforçam a importância de desenvolver este tipo de estratégias e aplicações e de avaliar, de forma mais profunda, os seus impactos reais na formação empresarial.

Referências Bibliográficas

[1] Bergeron, B. P. 'Developing serious games,' Massachusetts: Charles River Media, 2006.

[2] Chen, S. and Michael, D. 'Serious games: Games that educate, train, and inform,' Boston, MA.: Thomson Course Technology, 2006.

[3] Susi T., Johannesson, M. and Backlund, P. 'Serious Games – An Overview,' School of Humanities and Informatics - University of Skövde, Sweden, 2005.

[4] Corti, K. Games-based Learning; a serious business application.www.pixelearning.com/docs/seriousgamesbusinessapplications.pdf, 2006. Verificado em 04-03-2011.

[5] Sweetser, P. and Wyeth, P. 'GameFlow: a model for evaluating player enjoyment in games'. ACM Computers in Entertainment. 3, 3, Julho 2005.

[6] Hix, D., Hartson, H. Rex. 'Developing User Interfaces, Ensuring Usability Through Product & Process,' New York: John Wiley & Sons, Inc., 1993.

[7] Nielsen, J., Landauer, T. K.: A mathematical model of the finding of usability problems, Proceedings of ACM INTERCHI'93 Conference, Amsterdam, The Netherlands, 24-29 April 1993, pp. 206-213.

El videojuego como un recurso cognitivo

Caso de estudio: El juego *Joan de Peratallada*

Jose Luis Eguia Gomez
Grup d'Informàtica a l'Enginyeria
Universitat Politècnica de Catalunya
Barcelona, Spain
eguia@ege.upc.edu

Ruth S. Contreras Espinosa
Facultat d'Empresa i Comunicació
Universitat de Vic
Barcelona, Spain
ruthsofhia@gmail.com

Lluis Solano Albajes
Grup d'Informàtica a l'Enginyeria
Universitat Politècnica de Catalunya
Barcelona, Spain
solano@lsi.upc.edu

Abstract— **Recently the videogames, have become recognized as rich learning contents for students, because the students can improve they cognitive development. In this paper we explore the cognitive opportunities for the videogames as learning environments, using a case study: Joan de Peratallada. The aim is promote dialogue and possible collaborations between a cognitive videogame and schools.**

Keywords - Digital games; Cognitivism; Constructivism; Video games; Education ; Joan de Peratallada

I. INTRODUCCIÓN

El uso de videojuegos en el aprendizaje es un importante foco de estudio en nuestros días. Un ejemplo de ello es el estudio de V.S. Martin sobre videojuegos de simulación, y que tiene como fin enseñar historia mediante la formación a distancia. Los resultados muestran que el juego complementa los textos y conferencias, a la vez que ayuda a estudiantes que tienen el Inglés como segundo idioma, a crear empatía por las sociedades del pasado, fomentando la investigación personal y creando un sentido de comunidad en el aula de clase (1).

Los videojuegos posibilitan nuevos medios de interacción con el entorno, facilitan la introducción de tecnologías de la información y la comunicación (2) y como vivencia narrativa permite la construcción de la realidad a través de la narración, recurso cognitivo básico por el cual los seres humanos conocen el mundo (3). En el videojuego el individuo vive una historia propia donde la interacción permite participar activamente en el desarrollo y resolución de la historia (2), lo que aumenta su potencial como recurso cognitivo enfocado al aprendizaje. En la enseñanza dirigida cognitivamente, el estudiante aprende en circunstancias donde un guía le va presentando tareas cognoscitivas, y participa de forma activa en actividades relevantes desde el punto de vista cultural al lado de compañeros más hábiles que les proporcionan la ayuda y el estímulo necesarios (4).

Este artículo explora las oportunidades que genera un videojuego en línea y describe la creación de contenidos con un enfoque cognitivista para el videojuego *Joan de Peratallada* cuyo desarrollo han dirigido los autores de este artículo durante el año 2010. Se menciona además como ha sido planteada la jugabilidad, los objetivos y la experiencia del juego con el fin de potenciar los procesos de significación en el estudiante. Exponemos los primeros resultados de una investigación cualitativa que pretende promover el diálogo y la posible colaboración entre los videojuegos y las aulas de aprendizaje, ya que su uso, es coherente con una teoría de la educación basada en el desarrollo de habilidades, conocimientos y actitudes y finalizamos con las conclusiones.

II. VIDEOJUEGOS COMO UN RECURSO COGNITIVO

La teoría constructivista fundamentada por Lev Vygotsky (4), Jean Piaget (5) y David P. Ausubel (6), enfrenta al aprendizaje significativo con el aprendizaje por repetición, y considera que no aprendemos sólo registrando en nuestro cerebro, si no que aprendemos construyendo nuestra propia estructura cognitiva.

Ausubel considera además, al hablar de aprendizaje significativo, que en el aprendizaje de un concepto es necesario:

- Tener inicialmente una cantidad básica de información que actúa como material de fondo para la nueva información, algún aspecto existente específicamente relevante de la estructura cognoscitiva del alumno como una imagen, un símbolo ya significativo, un concepto o una proposición.
- Una disposición por parte del alumno para relacionar de manera no literal el nuevo conocimiento con su estructura cognitiva.
- La función del docente, que se concreta en crear un entorno de instrucción en el que los alumnos entiendan lo que están aprendiendo.

Este trabajo ha sido parcialmente financiado por la *Generalitat de Catalunya* a través del *Departament d'Innovació, Universitats i Empresa Comissionat per a Universitats i Recerca.*

Teniendo en cuenta los puntos anteriores, los videojuegos pueden ser considerados, como herramientas de aprendizaje y socialización (7) y su presencia en el aula como una situación social, donde encontraremos un lugar que es el aula; unos actores que representan el videojuego; un profesor, estudiantes y unas actividades enmarcadas en la dinámica del videojuego (8).

De esta forma, los alumnos pueden estudiar conceptos en un ambiente narrativo y a través de la conexión del contenido con el contexto, el conocimiento se hará más accesible cuando se confronte con nuevos problemas (9). Paris (16) menciona además, que en la enseñanza dirigida cognitivamente, el niño aprende en circunstancias donde un guía le van presentando tareas cognoscitivas donde participa de forma activa en actividades relevantes desde el punto de vista cultural al lado de compañeros más hábiles que les proporciona la ayuda y el estímulo necesarios. (4)

Resaltaremos además, cuatro razones fundamentales para el uso de videojuegos en estrategias constructivistas, donde la didáctica se centra en la acción mental mediada por instrumentos:

- Adquirir conocimientos y mejorar habilidades son aspectos básicos del desarrollo de la partida en el videojuego. En todo videojuego para poder avanzar es imprescindible el aprendizaje (10). Los juegos se apoyan en el aprendizaje constante y pueden disponer de alternativas con el fin de adaptarse a las capacidades de aprendizaje de los distintos jugadores.
- Cuando un videojuego consigue colocar al usuario en el centro de la experiencia, alcanzando el nivel de estado óptimo caracterizado por la Inmersión, concentración y aislamiento (11), toda su energía e interés esta focalizada en el juego. Egenfeldt-Nielsen (10) sostiene además que el jugador en este punto, está implicado en la experiencia de aprender.
- El videojuego como vivencia narrativa, permite la construcción de la realidad a través de la narración, recurso cognitivo básico por el cual los seres humanos conocen el mundo (3).
- El juego ofrece la posibilidad de experimentar con nuevas identidades (2) ya que podemos tener tantas identidades como videojuegos, y en él, el individuo vive una historia propia en cuyo desarrollo y resolución participa activamente, lo que le permite experimentar con el contenido y el contexto.

Llegados a este punto es necesario mencionar que los múltiples ejemplos de uso de videojuegos en la enseñanza constructivista chocan con el hecho de que en general pocas instituciones se acercan al uso a gran escala de dichas prácticas, incluso aunque no haya restricciones financieras o humanas que las imposibiliten. Lo que se observa sobre aprendizaje en las escuelas es un omnipresente positivismo. Este modelo de instrucción y evaluación "correcto/incorrecto verdadero/falso", justifica y recompensa el modo de aprendizaje repetitivo y, a menudo, penaliza el aprendizaje significativo.

III. Caso de estudio: El juego *Joan de Peratallada*

Los juegos son entornos que implican la libertad de actuación, la necesidad de fijar objetivos y propósitos y encaminarse a conseguirlos, contribuyendo a responsabilizarse en el desarrollo personal (12). Como un ejemplo de ello, y centrado en un contexto de aprendizaje, se describe el caso de *Joan de Peratallada*, es un videojuego en línea destinado a niños de 10 a 12 años, que está disponible en la dirección www.personatgesenjoc.cat/peratallada y que forma parte de la colección *Personatges en joc*. La colección fue creada para dar a conocer personajes relevantes del mundo de la ciencia y la técnica de la história de Catalunya. Joan de Peratalllada junto con Ramon Llull i Arnau de Vilanova, se considera uno de los grandes exponentes de la alquimia medieval precursora de la química moderna.

A. Contenido del juego

La información disponible sobre la vida de Joan de Peratallada, es ambigua y se desconocen múltiples datos de su historia. Por tanto, se optó por reunir diferentes hechos históricos que permitieron en una primera fase, reunir datos a través de mapas conceptuales. Se optó por el uso de los mapas como herramientas para ilustrar las estructuras cognitivas que tienen los individuos y mediante las cuales perciben y procesan experiencias (13).

Los mapas conceptuales sirvieron para establecer un debate con pedagogos, historiadores y diseñadores en relación al contenido a tratar en el videojuego y los posibles caminos que se podían trazar al navegar por dicho contenido.

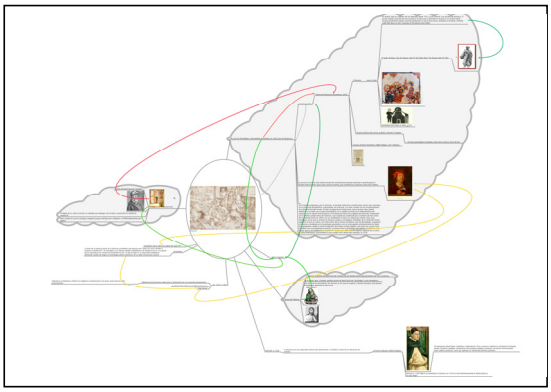


Figure 1. Ejemplo de mapa conceptual donde el elemento central es la alquimia (Realizado con FreeMind).

Los mapas conceptuales (Figura 1) fueron claves para fijar los objetivos y propósitos del videojuego y una vez establecidos se distribuyeron en una secuencia lineal manteniendo un ritmo armónico de reto y tipologías de juegos (Figura 2).

El juego comienza con una secuencia de video que sirve para situar al jugador en el espacio físico y temporal donde se

desarrolla la historia. Una vez situado el personaje en su contexto histórico, el jugador debe conducirlo por 19 niveles de los cuales catorce corresponden a juegos de tipo plataforma, tres simuladores y dos aventuras gráficas.

Se ha dado preferencia al uso de juegos tipo plataformas Con el fin de favorecer el discurso simbólico que se ve favorecido en los juegos de tipo plataforma gracias a los múltiples referentes que tienen estudiantes y profesores sobre el sistema de juego, es decir los procedimientos para avanzar a través del juego de la forma más eficiente (14), también contribuyen al desarrollo psicomotor, de la orientación espacial y a la dirección y focalización de la atención, así como a la rapidez de respuesta.

En cuanto a los contenidos educativos presentes en *Joan de Peratallada*, el docente puede desplegar a partir del videojuego diferentes estrategias orientadas a propiciar en el estudiante el conocimiento declarativo orientado al saber qué, el conocimiento metodológico encaminado al saber cómo (15), y el conocimiento condicional encauzado al saber cuando y para qué utilizar una determinada estrategia (16).

Figure 2. Secuencia lineal para establecer tipologias de juegos.

Además los contenidos clave son expuestos en fichas claramente diferenciadas (Figura 3) de la gráfica del

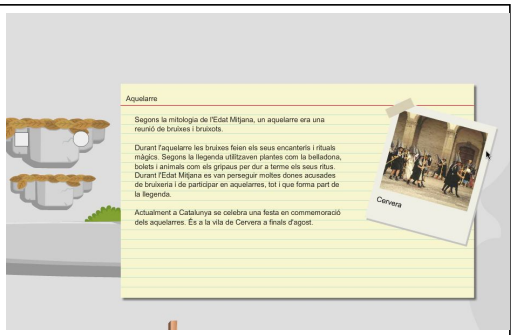


Figure 3. Ficha Aquelarre (www.personatgesenjoc.cat).

videojuego y se activan en momentos del juego de baja intensidad bloqueando los controles durante el tiempo estimado para su lectura. Finalizado el tiempo se le permite al usuario tomar de nuevo el control del personaje. La pérdida de control y el cambio en la gráfica hace que el niño perciba el contenido de las fichas como un contenido de valor agregado, claramente diferenciado de los diálogos de los personajes y la narración, aumentando su valor.

El mundo ficticio del videojuego lo constituye una realidad estructurada de forma autónoma respecto a la realidad donde, elementos ficticios se mezclan con elementos reales provocando un mayor grado de incertidumbre respecto al desarrollo de la acción.

Un ejemplo de este mundo ficticio lo encontramos en la escena en la cual Joan sube a la montaña *Pedraforca,* lugar famoso por sus leyendas que datan de la edad media, el Yeti le explica al personaje que debe ir a la universidad para adquirir nuevos conocimientos (Figura 4). Aunque la aparición del personaje es fugaz y no tiene ninguna relación con las leyendas, en testeos realizados en diversos colegios, es este uno de los personajes que los niños rememoran cuando se les pregunta por los personajes del juego. El efecto Von Restorff explica este suceso, un fenómeno de la memoria según el cual las cosas claramente diferentes se recuerdan mejor que las cosas comunes (17).

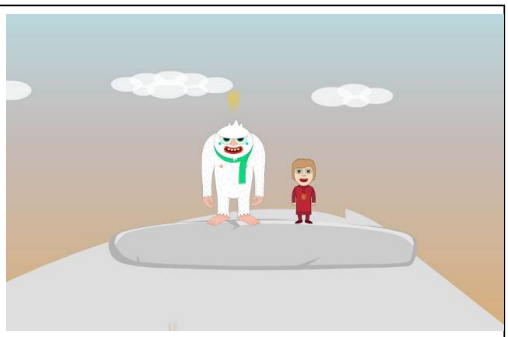


Figure 4. Joan Peratallada y el Yeti (www.personatgesenjoc.cat).

B. Jugabilidad y Objetivos

La jugabilidad puede ser considerada independiente de los gráficos o de la ficción, aunque la ficción tiene un papel importante en ayudar a los jugadores han entender la jugabilidad (18). Los diferentes niveles definidos en el juego, se analizaron teniendo en cuenta los atributos descritos por González Sánchez (19) útiles para analizar y caracterizar la jugabilidad:

- Aprendizaje: Facilidad para comprender y dominar el sistema y la mecánica del videojuego. Los objetivos relacionados con las reglas del juego varían en dificultad entre los distintos niveles

permitiendo un aprendizaje constante que permite asumir los retos más difíciles situados en las fases finales, mientras que los objetivos pedagógicos varían entre los distintos niveles aprovechando la tipología de juego de cada nivel para adaptarla al objetivo pedagógico marcado.

- Efectividad: Tiempo y recursos necesarios para ofrecer diversión al jugador mientras éste logra los objetivos propuestos. Las pruebas realizadas en diferentes colegios nos han ayudado a ajustar el tiempo y recursos necesarios para lograr los objetivos propuestos evitando estados de frustración al no poder completar un nivel en un tiempo adecuado.
- Inmersión: Capacidad para creerse lo que se juega e integrarse en el mundo virtual mostrado en el juego.
- Motivación: Característica del videojuego que mueve a la persona a realizar determinadas acciones y persistir en ellas para su culminación. El ritmo en el cambio de tipología de juego lleva asociado un cambio en el reto que debe superar el jugador factor que ayuda a mantener la motivación.
- Emoción: Impulso involuntario originado como respuesta a los estímulos del videojuego que induce sentimientos y que desencadena conductas de reacción automática. En la concepción del juego se ha tenido especial atención a la elaboración de gráficos, música y efectos sonoros junto con el contenido para ser los detonantes de sentimientos y desencadenar emociones.
- Socialización: Atributos y elementos del juego que fomentan el factor social o la experiencia en grupo. El videojuego *Joan de Peratallada* no dispone de modo multijugador pero ha sido ideado para fomentar la experiencia en grupo dentro del aula a través de la competición pero también de la colaboración en la resolución de los juegos de tipo aventura gráfica.

El objetivo general en cuanto a la jugabilidad es avanzar de nivel superando los retos asociados a cada tipología del juego. Avanzar en el juego se convierte en una metáfora de los avances que realizó Joan de Peratallada como científico.

Los objetivos pedagógicos del juego se centran en:

- Fomentar el pensamiento social y científico crítico en el uso de la información.
- Desarrollar habilidades y actitudes que permitan participar, tomar decisiones y escoger como comportarse en determinadas situaciones y responsabilizarse de las elecciones y decisiones adoptadas.
- Recurrir al análisis multicausal y sistemático para juzgar los hechos y problemas sociales y históricos, para reflexionar sobre esto de manera global.

C. La experiencia de juego

La experiencia de juego se define a partir de valores que no necesariamente se encuentran en la jugabilidad (18) y está directamente relacionada con los sistemas de significación que rodean los videojuegos (20).

Todo jugador está sujeto a condicionamientos sociales y culturales y es necesario considerar la experiencia de juego como un fenómeno más extenso que no solo ocurre durante el momento de juego y considerando las múltiples dimensiones que forman parte del proceso de significación que se establece tanto por el hecho de jugar como de los juegos como producto y como material docente en el aula.

En este punto los mapas conceptuales realizados han sido de vital importancia para analizar como consideran la práctica del juego los pedagogos, los padres y los alumnos. Por otro lado, la experiencia de juego depende del contexto en que se produce. La presencia o ausencia de personas cuando se juega y la relación afectiva con dichas personas modifica la experiencia de juego. Un grupo de jugadores unido por lazos afectivos genera una historia de interacciones mayor que un grupo de desconocidos (21). El juego puede ser resuelto por una persona pero su aprovechamiento como material didáctico y la experiencia de juego óptima se alcanza en el contexto del aula donde el profesor puede ejercer de mediador con los contenidos del juego y la presencia de otros niños incentiva el espíritu de competición, pero también el de colaboración.

II. METODOLOGÍA Y RESULTADOS

La metodología y los resultados que se muestran a continuación son un avance del estudio que en estos momentos se está realizando sobre el juego en los aspectos relativos al contenido.

Bajo el marco del paradigma interpretativo y utilizando diferentes técnicas de investigación cualitativas, las reflexiones sobre el papel de la acción y el conocimiento han terminado confluyendo en el enfoque denominado: Investigación-Acción participante (IAP).

El método IAP por su flexibilidad y adaptación a los continuos cambios de la realidad social, centra el interés en aportar información para la toma de decisiones y los procesos de cambio (22) ofreciendo una directa relación con el mundo real, y especialmente considera a los participantes del acto social objeto de la investigación, protagonistas de su propio cambio y no como objeto de la intervención (23)

Las técnicas aplicadas como estrategias de obtención de información, generalmente son estudios etnográficos o grupos de discusión que fomenta las interacciones entre los participantes y permite obtener información de un área definida de interés (24) y entrevistas en profundidad como un instrumento que expresa la visión del usuario hacia el entorno (25).

Los resultados que se muestran a continuación son un avance del estudio que en estos momentos se está realizando

sobre el conjunto de la colección *Personatges en Joc* y se centra únicamente en el juego *Joan de Peratallada*, en el cual se hace hincapié en aspectos relativos al contenido.

Para obtener estos resultados, se realizaron diversas pruebas del juego en tres colegios de primaria, en los que participaron alrededor de 50 niños con edades comprendidas entre los 10 y 11 años. Esta actividad se desarrolló entre los meses de diciembre y febrero de 2011 y al finalizar la actividad de juego, se les entrevisto en grupo.

En primer lugar presentamos los resultados más relevantes observados en los niños.

Cuando se les preguntó que aspectos del juego les había causado más atracción, resaltaron la gráfica del videojuego y la temática utilizada. Estos puntos favorecen el estado de inmersión. Mientras los niños jugaban, se observó un estado de flujo o estado óptimo de experiencia caracterizado por la inmersión total, concentración y aislamiento, tal como lo menciona Csikszentmihalyi (26). Los comentarios de los profesores presentes en las pruebas, destacaron el cambio en el comportamiento habitual del grupo, esto es, que los niños se mostraban más concentrados de lo habitual.

El nivel de logros alcanzado por los escolares en el juego, nos indica que la dificultad del juego podría ser mayor así como el nivel de información presente en las fichas y las preguntas, sin que se viese afectada la jugabilidad.

Al preguntar a los escolares que nivel del juego preferían, la respuesta fue variada y abarcaba todas las tipologías de juego presentes en *Joan de Peratallada*. Los alumnos dependiendo de sus habilidades mostraban un mayor interés en unas tipologías de juego o en otras (juegos de tipo plataforma, simuladores y aventuras gráficas).

Los resultados obtenidos y los objetivos alcanzados en el juego, son mejores cuando los alumnos juegan en parejas hecho que influye positivamente en la valoración de experiencia de juego.

Al finalizar la prueba y antes de marcharse, la mayoría de los alumnos pidieron la dirección URL del juego para continuar jugando. En días posteriores a la prueba se incrementó significativamente la actividad en el servidor y en entrevistas en profundidad realizadas a los docentes comentaron haber recibido en los días posteriores a las pruebas preguntas sobre los contenidos del videojuego.

Los comentarios que se oían de los niños al abandonar la sala hacían referencia al Yeti, el soldado conejo y otros elementos irreales introducidos en el juego.

Un dato anecdótico reveló el alto nivel de conciencia situacional de los niños que les permite resolver patrones y adaptarse a los cambios con mucha facilidad. Una tecla presionada de forma involuntaria por uno de los niños provocó un giro de 90 grados en la pantalla de uno de los monitores. Los niños situados frente al ordenador no dejaron de jugar y si bien al principio les suponía un grave inconveniente para seguir la dinámica de juego en un espacio de tiempo de menos de dos minutos ya no tenían la cabeza ladeada para seguir la acción y se movían con la misma facilidad que el resto de compañeros. El concepto Conciencia situacional está establecido en el ámbito de los estudios sobre factor humano en entornos complejos. Endsley (27) y se refiere a habilidad de percibir los elementos del entorno existentes en un corto espacio de tiempo, comprender su significado y proyectar su estatus en el futuro cercano actuando en consecuencia. Esta habilidad en los niños abre numerosas posibilidades para generar nuevas dinámicas de juego.

Los aspectos valorados negativamente por los escolares coincidían con los aspectos valorados positivamente en que estaban presentes en el mismo nivel de juego. Los alumnos que valoraban negativamente el acto "saltar apoyándose en la pared" correspondían a aquellos alumnos que no habían descubierto la secuencia correcta para realizar saltos apoyándose en la pared, y por tanto no habían podido terminar el nivel al finalizar la prueba. Los alumnos que valoraban positivamente el poder saltar apoyándose en la pared correspondían a los que habían podido pasar de nivel gracias a esta habilidad.

Con respecto a los resultados relacionados con los profesores es de destacar que los profesores presentes en las pruebas, detectaron claramente la relación entre el juego y los contenidos educativos.

Además los docentes valoraron muy positivamente el correcto equilibrio entre contenidos y jugabilidad y pidieron la creación de una guía docente como complemento del juego, la cual debería estar enfocada a los docentes. En el momento de realizar las pruebas del videojuego, la guía aun no había sido terminada y no se pudo ofrecer a los profesores para ser evaluada.

También se observó una importante diferencia entre la dificultad que supone para un profesor avanzar en el juego y la poca dificultad que tienen los alumnos para entender las reglas del juego y completar un nivel. Este hecho fue comentado en las entrevistas con profesores, los cuales se declaraban jugadores ocasionales o "no jugadores". El miedo a no dominar el juego frente al alumno supone en muchos de los entrevistados, una de las razones de peso para no aplicar los videojuegos en el aula.

Durante las pruebas, la participación del docente en el juego de los alumnos mejoraba los resultados incidiendo en el aprendizaje significativo. Este hecho es coherente con los postulados por Ausubel, según los cuales la función del docente se concreta en crear un entorno de instrucción en el que los alumnos entiendan lo que están aprendiendo y también destaca la necesidad de una disposición por parte del alumno para relacionar de manera sustantiva y no literal el nuevo conocimiento con su estructura cognitiva.

CONCLUSIONES

A raíz de los resultados obtenidos, se ha llegado a las siguientes conclusiones:

- Se ha observado que un videojuego con una historia y jugabilidad capaces de lograr la inmersión total del jugador fomenta los procesos cognitivos en los niños.

- La participación del docente como mediador es necesaria para lograr un aprendizaje significativo. El hecho de que los docentes no dominen los juegos supone un grave impedimento para la introducción de los juegos como material en la clase.
- La combinación de diferentes tipologías de juego: juegos de acción, lógica y plataformas permite atraer tipologías distintas de jugadores a la historia del personaje.
- La inclusión de elementos totalmente ajenos a la realidad como el Yeti, atrae de forma llamativa la atención de los niños e incide directamente en la satisfacción y la emoción, características asociadas a la jugabilidad.
- Los alumnos crean una relación más fuerte con los niveles que les supone un mayor reto.
- Los mapas conceptuales demostraron ser una herramienta útil para articular la estructura del juego enfocada a fomentar procesos cognitivos.

REFERENCIAS

[1] V. S. Martin, Online Videogames in an Online History Class. Digital Games and Intelligent Toys Based Education, 2008 Second IEEE International Conference on, 2008.

[2] E. Hayes, Gendered Identities at play: Case studies of two women playing Morrowind. 2007, Vol. 2,nº1(Games and culture), p. 23-48.

[3] F. X. Ruiz, Juegos y videojuegos. Formas de vivencias narrativas. L'Homo Videoludens: entre la narrativa y la ludología. Vic: Eumo Editorial, 2008, p. 17-51.

[4] L. S. Vygotsky, Pensamiento y Lenguaje. Madrid: Paidos, 1978.

[5] J. Piaget , K. Lorenz, E.H. Erikson, et alter. Juego y desarrollo. Madrid: Grijalbo, 1982.

[6] D. P. Ausubel. Educational Psychology: A Cognitive View. New York: Rinehart and Wiston, 1968.

[7] D. Aranda and J. Sánchez-Navarro. Aprovecha el tiempo y juega. Algunas claves para entender los videojuegos. Primera edicción en lengua castellana ed. Barcelona: Editorial UOC, 2009.

[8] J. P. Spradley. Participant Observation. NuevaYork: Holt, Reinhart & Winston, 1980.

[9] J. D. Bransford, R. D. Sherwood, T. S. Hasselbring, C. K. Kinser , S. M. Will- iams. Anchored instruction: why we need it and how technology can help. In NIX D, SPIRO R. (eds.) ed. Hillsdale, New Jersey: Erlbaum; 1990.

[10] S. Egenfeldt-Nielsen. Los videojuegos como herramientas de aprendizaje. Aprovecha el tiempo y juega. Algunas claves para entender los videojuegos Barcelona: UOCpress, 2009.

[11] M. Csikszentmihalyi. Creativity : Flow and the Psychology of Discovery and Invention. New York: Harper Perennial, 1996.

[12] R. Caillois. Les jeux et les hommes 7º Ed. - first published in 1961 ed. Paris: Gallimard (Editions), 1991.

[13] H. Helm and J. Novak. Proceedings of the International Seminar Misconceptions in Science and Mathematic. Ithaca: NY: Department of Education, 1983.

[14] A. Burn. Reworking the text: Online fandom. 2006 (Computer games: text, narrative and play), p. 88-102.

[15] J. H. Flavell. Cognitive Development. Primera Impresión 1977 ed. London: Prentice Hall, 1985.

[16] S. G. Paris, M. Y. Lipson and K. K. Wixson. Becoming a Strategic Reader. 1983, 8 (Contemporary Educational Psychology), p. 293-316.

[17] G. Rainer, C. Ranganath. Coding of Objects in the Prefrontal Cortex in Monkeys and Humans. 2002, Neuroscientist (8), p. 6-11.

[18] J. Juul. Half-Real: Video Games between Real Rules and Fictional Worlds. Cambridge, Massachusetts: MIT Press, 2005.

[19] J. L. González Sánchez. Playability: How to Identify the Player Experience in a Video Game. Proceedings of INTERACT 2009: 12th IFIP TC 13 International Conference, 2009, Uppsala, Sweden, August, p. 24-28.

[20] F. Mäyrä Sobre los contextos socioculturales del significado en el juego digital. Aprovecha el tiempo y juega: Algunas claves para entender los videojuegos. Editorial UOC ed. Barcelona, 2009.

[21] N. Ravaja, T. Saari, M. Turpeinen, J. Laarni, M. Salminen, M. Kivikangas M. Spatial Presence and Emotions during Video Game Playing: Does it Matter with Whom You Play? 2005, 15(4) (Teleoperators and Virtual Environments): p. 381-392.

[22] D. M. Mertens. Research methods in education and psychology: Integrating diversity with quantitative & qualitative approaches. Thousand Oaks, Calif.: Sage Publications, 1998.

[23] J. Elliott. El cambio educativo desde la investigación-acción . 3º Ed. ed. Barcelona: Ediciones Morata, 1993.

[24] J. Callejo. El grupo de discusión: introducción a una práctica de investigación. Barcelona: Ariel Practicum, 2001.

[25] G. McCracken. The long interview. Thousand Oaks, CA: Sage Publications, 1988.

[26] Csikszentmihalyi, M. (1991). Thoughts about education. In D. Dickinson (Ed.), Creating the Future: Perspectives on Educational Change. Retrieved from http:// www.newhorizons.org/future/Creating_the_Future/crfut_csikszent.html

[27] M. R. Endsley. Design and evaluation for situation awareness enhancement. Proceedings of the human factors society. Santa Monica C, editor. (Vol. 1, pp. 97–101). 1988.

Math4Kids

Pedro Faria Lopes
Instituto Universitário de Lisboa
(ISCTE-IUL) & ADETTI-IUL
Av. Forças Armadas
1646-026 Lisboa, Portugal
pedro.lopes@iscte.pt

David Jardim
Instituto Universitário de Lisboa
(ISCTE-IUL) & ADETTI-IUL
Av. Forças Armadas
1646-026 Lisboa, Portugal
dwfjm@iscte.pt

Isabel Machado Alexandre
Instituto de Telecomunicações &
Instituto Universitário de Lisboa
(ISCTE-IUL), Lisboa, Portugal
isabel.alexandre@iscte.pt

Abstract — **Using the notion that children learn by interacting with the surrounding world and by playing, the project sets an innovative approach and environment to provide mathematical concepts to children in the ages from 5 to 7 through interaction with a computer game. Notions such as numbers, weight, dynamics, gravity, collision, geometry, adding, sets and groups are used in a fun problem-solving oriented approach, promoting and stimulating the acquisition and learning process of the basics of Mathematics, the game being used as an auxiliary tool in pre-school classes.**

Keywords: Mathematics, computer games, XNA, dynamics, gravity, collision, interaction, education, learning.

I. Introduction

Computer games take on an increasingly more important role in growing children and young people, resulting in the opportunity to use digital games to create learning experiences that are interesting, allowing the formal acquisition or enhancement of knowledge through entertainment [1][2].

From stated intentions to practical implementations, an analysis on existing computer games for teaching, targeted to young children, from *IXL Learning* [3] to *Coolmath* [4] or *Games for Little Kids* [5] and research undertaken previously by the authors related to the development of other educational games [6][7], reveals a multitude of said *fun games* that, in fact, may have been fun as development projects to the adults involved. The major problems identified relate to the use of well-established interaction paradigms for adults, such as Checkboxes and the extensive use of Textboxes for input, that are fairly inadequate to young children. The extensive use of text to guide input, and for feedback messages in the form of text balloons, speech like in characters that help the user, as fun as it may seem, assumes heavily that young children can read fluently. This is not the case with youngsters.

Other identified problems are the lack of a common input and interaction paradigm between different mini-games (small games in a set sharing and exploring similar to complementary basic knowledge), the lack of a systematic way to indicate correct answers, the lack of a proper shared graphic design, and the use of many and very different colors, with no identifiable criteria, making it sometimes difficult to even have an overall perception of the content of the screen game. Even if some of the mini-games can be considered fun, they were not created as an integrated experience for the user, resulting in a cacophony of colors and a multitude of graphical differences, acting as a distracting element instead of a learning facilitator.

The project Math4Kids presented in this paper sets a new interaction and input approach common to all integrated mini-games, using the notions of mass, weight, gravity and grip using a rubber band spring look & feel behavior that a) enables the user to manipulate the objects and b) introduces a variable dynamic interaction that appeals and attracts youngsters to play, providing an incentive to learn while playing.

The paper is organized as follows: the current section, the Introduction, sets and compares related work, introducing why and how Math4Kids is a new approach; section II explains Jean Piaget's cognitive development theory elements we base our work on; section III sets the basis on the project's specification; section IV explores the interface and interaction mechanisms detailing some of the mini-games; section V describes the method used in developing and details the creation of content; section VI explores and discusses the tests and results obtained; section VII states new ways of using the project; in the last section we present the Conclusions and future work.

II. Project basis

The project was designed from scratch with the aim of providing a learning platform on the basics of Mathematics for children in pre-school education: using the application, children can gain knowledge in numbers, weight, dynamics, gravity, collision, geometry, adding, sets and groups.

Jean Piaget's cognitive development theory states that learning depends critically on coordinated actions of the individual [8]. In this sense, we attempted to provide situations for children which were aimed at the acquisition or improvement of mathematical skills around constructivist pedagogy. Constructivist pedagogy means the construction of knowledge through successive experiments [9].

According to Piaget [8][10] there are four main stages in cognitive development. Let us consider the transition between the second and the third stage.

In the second stage, also known as preoperational, occurring between the ages of 2 to 7, children start developing the first logical-mathematical notions by interacting with objects and by exercising continuous and spontaneous repetitive activities. Through these they achieve dominance and generalization of an action.

This project was developed in the context of the Master of Science degree in Informatics Engineering, Multimedia, ISCTE-IUL, Lisboa, Portugal

The third stage or concrete, ranging from 7 to 11, is characterized by the appearance of actions and operations in thought. In this stage children become able to solve specific problems by using concrete objects that translate actions into concepts such as numbers and relations. Through objects, the child is now able to understand transitive property, volume conservation, mass and length.

Relating to Piaget's cognitive stages, the application under consideration is aimed at children in-between the second and the third stages. These definitions were therefore used so as to achieve the objectives proposed initially.

III. Participatory Design

The prototype for Maths4Kids was developed by using a participatory design approach [11] with the participation of a kindergarten school [12] where a set of sessions were held.

Initial requisites analyses were done with one of the teachers, in which the mathematical needs of the target audience were set. It was also pointed out the inappropriateness of commercial software. Along implementation, validation was done, on content and interaction with the teacher and colleagues, and playability with children.

Based on the interviews, a theme for the prototype was chosen – vegetables – and a set of exercises were identified. The importance of focusing on a particular theme was stressed out, exploring the Mathematics notions of the exercises and, at the same time, familiarizing and inducing the children for the different kinds of vegetables, promoting a healthy diet.

The content chosen is listed as follows:

- Discovering the numbers:
  - Identify the number and the counting system;
  - Quantify objects and express cardinality;
  - Develop numerical capacities.
- Numerical Relations:
  - Relations between numbers;
  - Develop arithmetic skills.
- Develop fine motion control skills.
- Identify/Categorize objects.
- Temporal and logical sequencing.
- Concepts of mass/weight of objects.

The initial prototype involved a team of four people over five months. Nine adults participated in the pedagogy validation and game play tests; 19 children and young people tested the prototype, of whom 15 students did it while attending classes in the kindergarten school [12].

IV. The Prototype

Six mini-games were developed which included counting units and tens, ordering by size or age, arithmetic calculations by taking into account the weight of the objects – using a virtual weighting scale –, construction of object sequences and grouping objects based on categories/number of the objects.

A. *Interacting*

For coherence, the interface, interaction, feedback and reinforcement mechanisms are the same thruought the game. The starting screen sets the way basic interactions will happen: numerals inside colored circles fall to the bottom of the game's window where they start to discreetly move up and down, each one at its own rhythm. Grabbing one of the colored circles, and taking it to the white circle in the center of the image, sets a grabber to work, the grabber's arms *hugging* the colored circle. Figure 1 shows the selection of mini-game 3.

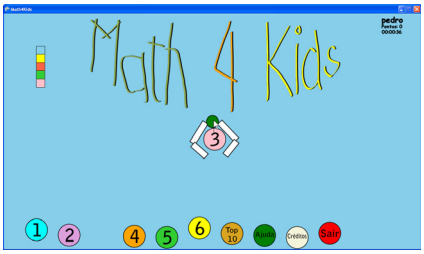


Figure 1. A grabber at work in Math4Kids, user selected mini-game 3

All tested users, from 5 years old to adults, discovered instantly and by themselves the way to access the mini-games, this being further discussed in section VI. If help is needed, a video can be played showing in real-time the interaction mechanisms. When a mini-game is solved, a positive reinforcement is transmitted through the sound channel, using a cheerful children's choir singing "Yiei!".

In the mini-games, the color Red is used to indicate an incorrect choice. The color Yellow is used to state an almost correct choice or a yet to be completed action. When a correct result or choice is achieved, the color Green is used.

All elements and objects are subject to gravity and fall. Pieces with numbers weigh proportionally to their numeral. Vegetables are visually proportional and have different weights. Objects are grabbed by directly clicking with the mouse left button on top and maintaining: gravity actuates and the object starts to fall staying pined to the cursor with a rubber band line. The fall stops and equilibrium is achieved when the rubber band tension equals the gravity pull. If the mouse is moved, the object follows, acquiring a motion resulting from being actuated by gravity and being attached and in traction by the rubber band pulled by the cursor. A wobble effect is produced if the cursor is moved faster: a fine control of position and direction of the object is achieved with slow movements, faster movements causing the object to become less controllable. With sufficient waiting time the object will eventually come to a manageable oscillation.

The object can be left to fall, by lifting the mouse left button. This is used to place it in any nearby plate or platform, or to discard it. The object will fall until stopped, either because it collided with a plate or a platform, or because it hit the ground, the inferior window limit. If an object falls from too high, speed increases due to gravity: when hitting a plate or platform it can bounce and the object may fall to the ground.

All impacts are affected by friction, producing inelastic collisions. A stopped object, hit by a moving object, will gain speed and, after some collisions, because of friction and gravity, it will come to a halt. Collisions produce a synchronized impact sound, the overall interaction being an interactive motion, sound and puzzle solving experience.

Mastering the positioning of an object in any given place implies mastering the speed to move the object, the wobble effect generated, the weight of the object, the height from which it is released and the bouncing produced on impact. Both for novice users and for computer savvy users, this is a serious try and laugh experience.

The following section describes some of the interface and interaction mechanisms, using the most significant mini-games.

B. The mini-games interface and interactions

No words can replace experimenting with the prototype since dynamics are at the core of the results achieved.

In mini-game 1 (Figure 2) the purpose is to place the correct number in the adjacent platform, the chosen numeral reflecting the correct vegetable quantity.

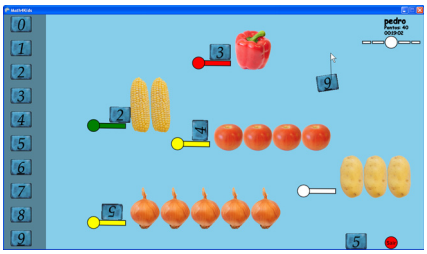


Figure 2. Counting elements in sets, mini-game 1

In this example, a piece with the numeral 9 is being moved, attached to the cursor. To clearly differentiate between the numerals 9 and 6 a straight line is used as "a base". The pepper has been assigned a 3, instead of a 1, the platform shows Red to convey incorrectness. For the tomatoes and onions, the numerals are correct but not in the proper position (upside down or in a lateral position), the platforms show Yellow to convey an almost correct answer. For the corn, the numeral 2 is correctly in place and the platform shows Green.

When all the platforms are correctly filled, the sound "Yiei!" plays cheerfully, points are added to the points counter and the game can go on, in the same mini-game, with other vegetable/quantities combination, or with another mini-game.

Mini-game 6 (Figure 3) explores counting and association by comparison, the right number of a specific vegetable has to be inserted in a *bag*. The onions' *bag* is correctly filled – the handlers show Green – and complete – a Green bar disables further action. The tomatoes' *bag*, even if the overall quantity inside might seem usable, is incorrectly filled – the handlers show Red, it is not possible to apply Addition to different species. The onions' *bag* is currently being filled with one onion. It is the correct vegetable but the final quantity 2 is still to be achieved – the handlers show Yellow.

If enough momentum is applied to a vegetable, a *bag* can be ripped: it will no longer act as a container, it is not repairable, its content will fall and points might be lost.

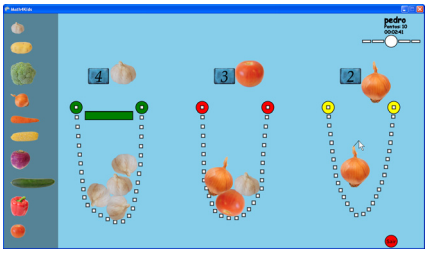


Figure 3. Counting and associating, mini-game 6

In mini-game 3 (Figure 4) a virtual scale is used. The Red plates denote that the goal was not yet achieved. The scale arms' inclination shows that the piece with numeral 5 is heavier. Under each arm of the scale the quantity in the plates is shown, also in Red. A piece with numeral 2 is being moved.

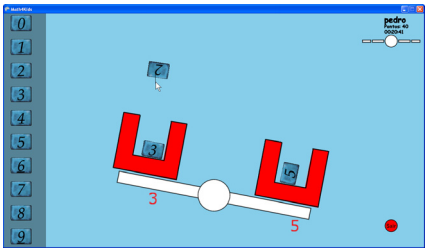


Figure 4. The virtual scale being used, mini-game 3

This mini-game enables the player to acquire the notion of the objects' mass and to experiment with the Arithmetical notion of Addition. This is not trivial for 5 year olds.

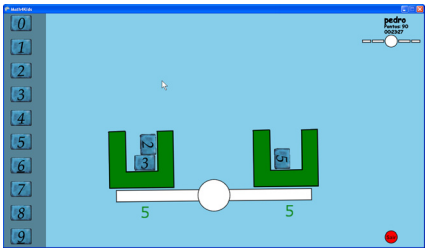


Figure 5. The Addition concept at work, mini-game 3

Figure 5 shows that the piece with numeral 2, which previously was being manipulated, has been dropped in the left plate. The Green plates indicate that the correct objective was achieved. The horizontal position of the scale's arms indicate the equivalent weight of the piece with numeral 5 when compared to the combined weight of the pieces with the numeral 2 and 3. Addition was accomplished and the scale's equilibrium achieved. The quantities shown under the scale's arms, in Green, reinforce that 3 plus 2 is 5. It also shows, both visually and dynamically, how weight is independent of the pieces' positions, be they straight, lateral or upside down.

C. Levels

For all mini-games, when the goal is attained, there is the next level to solve: it enables diversification and, in some mini-games, to move from vegetables to other topics to explore.

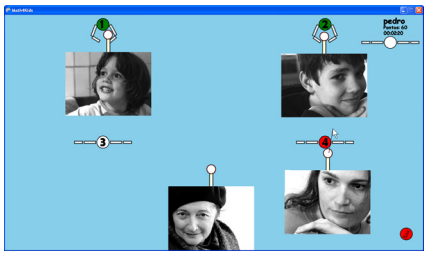


Figure 6. Level 2 in mini-game 2

For example, mini-game 2 deals with ordering cards. In level 1 the cards contain vegetables. In level 2 the cards are photographs of people [13]. The player has to notice that there are age differences, and use it to order the cards from the youngest to the oldest. Figure 6 shows two photographs validly ordered while the third photograph is being wrongly manipulated, and for that receiving a Red feedback.

V. Project Development

This section describes the development environment, along with the physics used and some implementation details. The digital imaging and sound approaches are also described.

A. Environment

The prototype was developed using Microsoft's XNA Framework and XNA Game Studio 3.0 [14], free tools used in game development for Microsoft® Windows® and Xbox 360®, using the cross-platform libraries based on the .NET Framework in the C# programming language. The platform target was Windows, although with some adjustments it can be easily ported to the Xbox 360.

B. Development iterations and internal testing

A low quality/low cost approach was initially used: off-the-shelf low quality library sounds, graphics and images were used to set and test the game's playability, interaction, reaction and interest. This enabled cutting costs in time and materials, and to concentrate the development effort and focus on the overall structure and game experience, enabling to set the content without investing too much effort, time or money in options and materials that would not work or were not promising in terms of results versus the needed investment.

Each added component or option was decided after being tried, analyzed, thought and discussed by the team and/or the teacher(s), thinking about the impact on the target audience, trying to experiment from their point of view. Early stages of the project were tested by adults (team members, teachers): for direct minded young children, it would be difficult an abstract simulation approach, as in "later this square will be an onion".

When decisions on structure and content stabilized, all materials were either adapted from the authors' previous work [13] or authored as originals for the game. After editing and integration in the game, testing and validation with the target audience provided feedback for adjustments to be introduced.

Let us describe two examples of our approach. The platforms in mini-game 1 had a *free behavior*: after correctly filling some platforms, trying to correctly place the next piece in another platform could, by accident, impact a piece already in place. From the collision the piece would easily fall from the platform. This happened more frequently when almost all pieces were in place. Even for experienced players this was becoming very frustrating, making it very difficult to finish the mini-game. A solution had to be found before testing with children. From a free platform we switched to a *correct answer preserving platform*: it glues the piece in place.

The first concept of the scale had no plates and the pieces would be dropped directly in the scale's arms. Even reducing the arms inclination and increasing friction, it was difficult to master the scale; the simple task of adding another piece would make already placed pieces bounce and fall. The plates were added and solved the problem. Players, trying enough, still can use the scale as a catapult at the cost of developing a skill and, as such, now this is not a problem, this is a feature.

C. Physics

The main attraction in the game is the objects rubber band handling and the use of physics for realistic behavior. This is achieved with the Farseer Physics Engine [15], open source software for the .NET Microsoft® platform that provides physics attributes such as gravity, forces, collisions, torque, joints, springs, friction and elasticity. Adjusting the parameters' values is critical for the desired effects in terms of physical, kinetic, educational, entertainment and interaction results.

The *bags*' ropes (mini-game 6, Figure 3) were created as an aggregate of squares linked by springs. Adjusting the springs' elasticity was critical to enable an adventurous player to rip the bags: too low and the disruption was too easy, the bag being of no pedagogical value; too high and it would not break.

It was necessary to include in the physics engine original *Geom* class the attribute that performs Addition in real time so that it could be used in all mini-games performing the calculus.

The original physics engine is so precise that, for two equal weights in each plate in the virtual scale, with slight distance differences to the arms center axis, it would not show equilibrium. To attain the pedagogical goal, the Class *Balance* was built so that the virtual scale would behave as a real scale showing equilibrium with two equal weights in the plates.

D. Digital imaging

Ten vegetables had to be photographed, with associated opacity masks processed to be integrated. To create the images in a fast and easy way the following method was used. Each vegetable was centered in an A3 paper sheet running from the surface of the working table into the wall (this technique is used in photographic studios for model shooting, our models being the vegetables). This enables a continuous white shade

under and behind the vegetable. Shutter speed and diaphragm were set to slightly over expose the photographs as to turn the white surface a uniform white with no visible transition between the horizontal and vertical surfaces (in photography jargon this is called *high keying*). With the Photoshop *magic wand* tool the white portion was easily selected, the vegetable detached from the background to process as image and opaque mask. Figure 7 shows the before and after result for the onion.

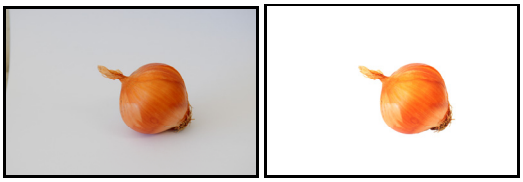


Figure 7. Onion photo capture and result for image and mask

E. Sound

Sounds were recorded using a MiniDisk digital audio recorder, in manual mode, with a 90º super-cardioid microphone, to minimize ambient noise [16]. An apple was used for the impact sound of the vegetables, falling from 1 meter high, the microphone positioned a few centimeters away from the impact point. The captured sound registered the impact followed by three bounces. Using this sound was unnatural to the game's action since each object impacted once, any afterwards bounce occurring on its own timing with its own impact sound. The solution was to remove the bounces, retaining the apple's first impact (Figure 8). This worked perfectly. Other sounds were processed similarly.

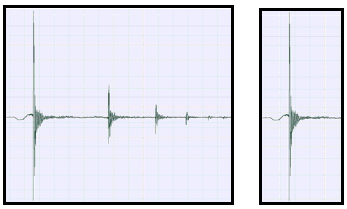


Figure 8. Original fall: one impact, three bounces; only the impact was used

F. Video

Because of the player's young age, a video is used for help, showing the game at work. It was generated capturing real time screen actions into an AVI file, and edited specifically taking into account teaching purposes, for which the method details, too extensive to describe here, are dealt in [17].

VI. Tests and Results

A set of usability and acceptance tests were conducted on a morning for about three hours, with 15 children, from 5 to 7 years old, at Tutor Time [12]. Since individual tests would take too much time, the teachers set groups of three children of mixed ages, personalities and development skills. There were three topics to be analyzed: how the interface and interaction were perceived and used; how the mini-games were solved; how was the overall reaction to the game. The game's entry screen was presented to each children group and a mini-game numeral was suggested, this being the only given information, from that moment on only observation occurred.

There was a slight learning curve using the rubber band interaction mechanism linked to surprise and joy dealing with the dynamics. After a few moments it was evident the appeal it created. To 7 year olds each mini-games' interface was instantly readable and the goals swiftly solved. For some less skilled 5 year olds it was not as evident: they would gladly have fun with the objects' dynamics and collisions behavior, and only slightly assisted by the teacher, with no solutions revealed, would they regain interest in pursuing the solution.

Observing the variable fine motion motor skills from the children, inferior to adults motion control, fully justified the decision taken during the development/test iterative phase: specially for younger children, finishing level 1 in mini-game 1 (Figure 2) with the *free behavior* platform would be a frustrating endless task; with the *correct answer preserving platform*, gluing pieces in place, this mini-game was a game of perseverance completed by children.

The possibility of the *bags* in mini-game 6 being ripped is never revealed, its non trivial discovery being left to the player. This finding, as others in other mini-games, enhanced the thrill the game created, this being explained by the intrinsic motivation theory [18]. The *ropes* break in a non-deterministic way, depending on the dynamics of the object, and they can break in multiple parts. After completing the level, this would be an exploratory ground and it was observed that younger players discovered it sooner than older players or adults.

The children's body language, facial expressions, laughter and overall enthusiasm, showed the magnetic appeal the project created when completing all the mini-games. The tests showed the interface was well perceived, the interaction was usable and fun, and the challenges were solvable, less to younger children, completely for the older ones. There was never the need for the help video to be played.

Before testing the game with the children, a session was held with the teachers. The interest the project created went far beyond our expectations, with very positive feedback from all who played the game, children, teachers and other adults. For all the mini-games, manipulating the objects, playing with weight, dynamics, gravity, discovering the details, it was as attractive as addictive, to the point where it was necessary to explicitly end testing sessions, with children, adolescents and adults, because they had far exceeded the time available.

VII. Further Exploration

Can we see beyond? Simple concepts, not to be confused with simplistic notions, can lead to powerful results if properly explored. Let us look to other possible uses of the virtual scale (mini-game 3). Each plate performs Addition independently, two operands in each plate, and this can be explored to induce young people to be acquainted to equations of the form

$$a + b = c + x. \quad (1)$$

Let us put in the left plate the 1 and 6 numerals and in the right plate the 4 numeral (Figure 9). What is the value to Add on the right plate to have the scale leveled? This leads to dynamically and visually solving equation (2) by try and error, or by a formal approach. Introducing the numeral 3 in the right plate solves the problem (Figure 10).

$$6 + 1 = 4 + x \tag{2}$$

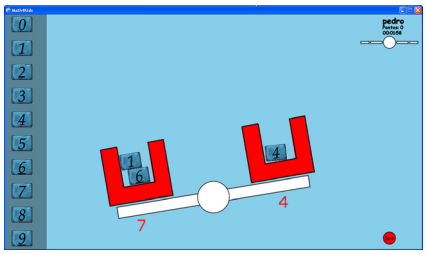


Figure 9. Extending the use of the scale, solving an equation

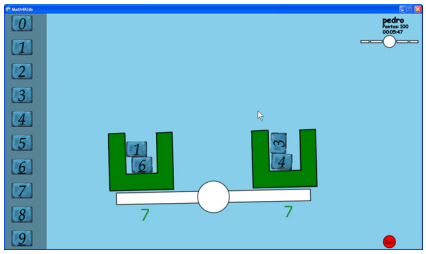


Figure 10. Solution for equation (2)

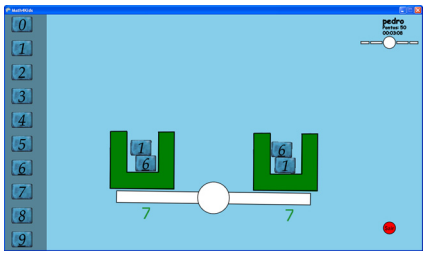


Figure 11. Introducing the Commutative property of Addition

We can go a step forward: in the left plate the 6 and the 1 are introduced, followed by the 1 and the 6 in the right plate (Figure 11), equation (3) being the equivalent, exemplifying the Commutative property of Addition.

$$6 + 1 = 1 + 6 \tag{3}$$

Starting with a basic approach, by playing in kindergarten, it is possible to reach the next teaching level, by exploring these concepts informally, playing, and gradually moving to formal results, older players are able to apprehend its meaning, 1st and 2nd grade teachers are able to fully explore the results.

VIII. Conclusions and Future Work

The project developed, Math4Kids, shows it is possible to develop an engaging environment for learning, while playing, basic Mathematical notions such as numbers, weight, gravity, dynamics, collision, geometry, adding, sets and groups. The project was created for young children aged 5 to 7. The tests and the appeal the project created, in children, teachers and adults, show our goals were attained. We would like to expand the approach followed here and experiment implementing other topics with the same or better pedagogical, teaching and amusing characteristics, aiming at older target groups.

The game can be freely downloaded accessing the link http://www.iscte.pt/~pcfl .

Acknowledgments

The authors would like to thank Tutor Time, their teachers and students, for their suggestions, comments, tests and time, especially to Sofia Valente for the insightful suggestions. Also thank you to all the adults, colleagues and students, who let themselves immerse in this child's world, giving us great feedback, in the form of direct comments and, most interestingly, in the form of indirect speech, with their body language and verbalizations while playing, topped with happy faces and big smiles in their faces.

References

[1] M. Prensky, Digital Game-Based Learning, Paragon House Ed., Paragon House Publishers, 2007.

[2] H. Jenkins and R. Hinrichs, Games-to-Teach Project Year End Report. Cambridge: Self-published, Games-to-Teach Project, http://icampus.mit.edu/projects/gamestoteach.shtml, in March 2011.

[3] *IXL Learning*. Available at http://www.ixl.com/, in March 2011.

[4] *Coolmath*. Available at http://www.coolmath.com/, in March 2011.

[5] *Games for Little Kids*. http://www.coolmath4kids.com/, in March 2011.

[6] P.F. Lopes, M. Moreira, H. Pereira, "Jogos Multimédia Educativos: Estratégias de Desenvolvimento", 3º Simpósio Internacional de Informática Educativa, Viseu, 26-28 Set. 2001.

[7] J. Catarino, T. Moreiras, P.F. Lopes, J. Esmerado, I.M. Alexandre, "How Can We Be Serious in a Game?", The Association for the Advancement of Artificial Intelligence (AAAI), 2007, pp 25-28.

[8] J. Piaget, The Origins of Intelligence in Children. New York: International University Press, 1952.2

[9] M. A. Gravina and L. Santarosa, "A Aprendizagem da Matemática em Ambientes Informatizados", In: Revista Informática e Educação: Teoria e Prática, 1999, UFRGS.

[10] A. Bock, et al., Psicologias: Uma introdução ao estudo de Psicologia. São Paulo: Saraiva, 2002.

[11] D. Schuler and A. Namioka, Participatory Design: Principles and Practices. Lawrence Erlbaum Associates, 1993.

[12] Tutor Time, At http://www.tutortime.com/, accessed March 2011.

[13] P.F. Lopes, *Duets*, phtography, 2008.

[14] XNA, At http://creators.xna.com/en-US/, accessed in February 2010.

[15] Farseer Physics Engine, Farseer Physics. Available at http://www.codeplex.com/FarseerPhysics as accessed in February 2010.

[16] P.F. Lopes, "Sound Recording", Report, Project INOCOP, 2005.

[17] P.F. Lopes, *Teaching Videos*, ISCTE-IUL, to be published, 2011.

[18] T. Malone. Towards a theory of Intrinsically Motivating Instruction. Cognitive Science, 4, 333 – 369, 1981.

Second Ibero-American Workshop on Data Quality

Sentando las bases para definir un modelo de Calidad de Datos para los artefactos usados en el Proceso de Planificación de un Proyecto de Desarrollo de Software

Oscar Bernabé, Ismael Caballero, César Guerra-García, Mario Piattini
Departamento de Tecnologías de Información y Sistemas,
Escuela Superior de Informática, UCLM
Ciudad Real, España
OscarAlbino.bernabe1@alu.uclm.es, Ismael.caballero@uclm.es, Cesararturo.guerra@alu.uclm.es, Mario.Piattini@uclm.es

Resumen — **Dentro de un proyecto de desarrollo de software, la calidad de sus artefactos se encuentra principalmente relacionado con la calidad de los datos (DQ) y con el contenido. Sin embargo también se podría evaluar a través de su estructura y sus metadatos, porque permiten conocer en mayor grado la utilidad del artefacto para el proyecto. En el presente trabajo se propone un modelo de DQ que pueda ser usado como referencia, por los Gestores de Proyectos, para evaluar y, dado el caso, mejorar la calidad de los valores de los datos correspondientes a los metadatos que describen los artefactos usados en el proceso de planificación de un proyecto de desarrollo de software. Dicho modelo tomará como referencia los artefactos que son usados dentro del Proceso de Planificación definido en el estándar internacional ISO/IEC 12207:2008 y que pueden ser modificados por el equipo del proyecto. Con respecto a la estructura, se tomará como referencia lo propuesto en el PMBOK. Y para las dimensiones de DQ se usará como referencia el modelo de calidad de datos propuestos por Strong, D. M., Y. W. Lee, and Wang, R.in "Data Quality in Context." Comm. of the ACM 1997 40(5): 103-110.**

Palabras Claves: ISO/IEC 12207:2008; Dimensiones Calidad de Datos, Proceso de Planificación del Proyecto, PMBOK.

I. INTRODUCCIÓN

Hoy en día, tanto las organizaciones públicas y privadas comprenden el valor de los datos. Los datos son un activo clave para mejorar la eficiencia en el actual entorno empresarial dinámico y competitivo [1]. El impacto económico y social de una pobre calidad de datos ha tenido un coste económico importante para las organizaciones [2]. Esto puede ser observado a través de las diferentes publicaciones el esfuerzo por mejorar la calidad de los datos (DQ).

Cuando se habla de calidad de datos, se piensa en que la calidad está basada en los datos almacenados en el repositorio de almacenamiento (Ej.: Base de Datos, archivos de texto, hojas Excel, etc.). Dicha idea se encuentra muy sesgada por cuanto el concepto de "calidad de datos va más allá de los datos almacenados para incluir los datos que se encuentran en los procesos de producción y utilización" [3].

Uno de los enfoques a través del cual se busca la mejora de la calidad de software, es centrándose en el estudio y mejora de los procesos que gobiernan el desarrollo del software [4]. Mejorar la calidad del software no involucra únicamente la creación de lenguajes efectivos de programación y herramientas, ni centrándose solamente en la calidad final del producto software. También incluye los procedimientos usados para crear, entregar y mantener el software. Fugetta en (2000), da una definición del Proceso Software al afirmar que es: "*Un conjunto coherente de políticas, estructuras organizacionales, tecnologías, procedimientos y artefactos que son necesarios para concebir, desarrollar, instalar y mantener un producto software*" [4].

Si se observa la ejecución de un Proyecto de Desarrollo de Software se verá que dentro de él se ejecutan diversas actividades, se generan y utilizan determinados artefactos, se intercambian datos entre los diversos actores y se generan productos de salida. Dicho panorama es complejo y se explica por la participación de varios procesos que se encuentran dentro de él, tal como lo muestra la norma ISO/IEC 12207:2008 [5] dentro del grupo de "Procesos de Proyecto", del ciclo de vida del software.

Dentro de un proyecto de desarrollo de software, la calidad de los artefactos se encuentra principalmente relacionada con la DQ y con su contenido. Además también se podría evaluar a través de su estructura y sus metadatos. Pero teniendo cuidado de no malinterpretar la calidad de los artefactos con la calidad de los datos usados en los artefactos, ni con la calidad de los datos que describen los artefactos. En este artículo, nos centraremos en estudiar la calidad de los datos correspondientes a los metadatos asociados a los artefactos que los describen y proporcionan información adicional (título, versión, fecha de actualización, etc.) sobre ellos a los gestores de proyectos de desarrollo software.

Uno de los problemas al que se enfrenta la gestión de los proyectos de desarrollo de software es el mal uso de los recursos. Y una de sus causas es la originada por las decisiones inadecuadas a las que conduce por un nivel inadecuado de la calidad de un artefacto. Este grado de calidad puede también deberse a la mala presentación y/o descripción del artefacto (a través de sus metadatos). Lo anterior es un problema porque al no poder generarse un criterio de la utilidad de dicho artefacto se le ignora, se pierde tiempo esperando su actualización o si se toma en cuenta podría generar errores (Ej.: por falta de actualización) y por lo tanto un mal uso de los recursos.

El objetivo del presente trabajo es proponer un modelo de DQ que pueda ser usado, por los Gestores de Proyectos, como referencia para evaluar y, dado el caso, mejorar la calidad de los valores correspondientes a los metadatos que describen los artefactos usados en el proceso de planificación de un proyecto de desarrollo de software. Dicho modelo tomará como referencia los artefactos que son usados dentro del Proceso de Planificación definido en el estándar internacional ISO/IEC 12207:2008 [5] y que pueden ser modificados por el equipo del proyecto. Con respecto a la identificación de la estructura (contenido) específico presente para cada uno de los artefactos, éstos se derivarán de los propuesto en el PMBOK [6]. Inicialmente, las dimensiones de DQ se tomarán del estándar de facto proporcionado por Strong et al. en [7], siendo las definiciones de algunas de estas dimensiones las sugeridas por Pipino et al. en [8]. Se usará esta propuesta porque es más genérica que la aportada por ISO/IEC 25012, que se centra exclusivamente en las características que deben tener los datos estructurados dentro de un sistema computacional para ser considerados de calidad [9].

El artículo se encuentra organizado de la siguiente manera: en la Sección II se muestra el Estado del Arte y se presenta de manera resumida los modelos propuestos por Strong et al. [3] y Pipino et al. [8] con respecto a las dimensiones de calidad de datos, además del estándar internacional ISO/IEC 12207:2008 [5] y el PMBOK[6]. En la Sección III se identifica los artefactos del Proceso de Planificación del Proyecto y se propone los metadatos. En la Sección IV se da la propuesta de Modelo de Calidad de Datos aplicables a los metadatos. Finalmente en la Sección V se da las conclusiones y trabajo futuro.

II. ESTADO DEL ARTE

A. Definicion de las Dimensiones de Calidad de Datos

Las dimensiones de Calidad de Datos han sido definidas por diferentes autores (con diferentes puntos de vista y uso) e incluso han sido definidas en estándares como ISO/IEC 25012 [9]. Lo anterior hace ver la importancia que el tema viene cobrando a través del tiempo y que para realizar su definición influye el contexto en el cual se vaya a emplear [3]. En el presente trabajo se van a usar como referencia dos modelos de dimensiones de Calidad de Datos, que se muestran a continuación (véase Tablas 1 y 2):

Categoría de Calidad de Datos	Dimensiones de Calidad de Datos
Intrínsecas	Exactitud, Objetividad, Credibilidad, Reputación
Accesibilidad	Accesibilidad, Acceso Seguro
Contextual	Relevancia, Valor Añadido, Oportunidad, Completitud, Cantidad de Datos.
Representacional	Interpretabilidad, Facilidad de Entendimiento, Representación Concisa y Representación Consistente.

Tabla 1. Modelo de Calidad de Datos propuesto por Strong et al. [3] que agrupa las dimensiones en cuatro categorías.

Previamente a la elaboración del modelo, se realizaron modificaciones en las definiciones de determinadas dimensiones para adecuarlas al contexto de los metadatos de los artefactos. Dichas modificaciones se llevaron a cabo enfocándose hacia la calidad de los artefactos, a través de sus metadatos que lo describen y proporcionan información adicional de él (título, versión, fecha de actualización, etc.).

Una vez establecidas las definiciones de las dimensiones de DQ que se usarán como referencia, se procederá a revisar los enfoques acerca de los procesos que participan dentro de un proyecto de software.

Dimensión	Definición
Accesibilidad	*Los datos o están disponibles o son fácil y rápidamente recuperables*
Cantidad apropiada de datos	*El volumen de datos es adecuado para la tarea que se está realizando*
Credibilidad	*Los datos pueden ser considerados como creíbles y verdaderos*
Completitud	*Los datos son completos y suficientes para la tarea que se está desarrollando*
Representación Concisa	*Los datos están representados de una forma compacta*
Representación Consistente	*Todos los datos se representan en el mismo formato, que además es el más adecuado para la tarea que se está desarrollando*
Facilidad de manipulación	*Los datos son fácilmente aplicables y manipulables en diferentes tareas*
Libres de error	*Los datos son correctos y fiables*
Interpretabilidad	*Los datos están representados en el idioma apropiado, con una simbología correcta y adecuada y con la definición apropiada*
Objetividad	*Los datos son imparciales, sin perjuicios y sin connotaciones.*
Relevancia	*Los datos son útiles y aplicables en la tarea que se está desarrollando*
Reputación	*Los datos están altamente relacionados en términos de sus fuentes o contenidos*
Seguridad	*El acceso a los datos está restringido apropiadamente para garantizar su seguridad*
Disponibilidad Temporal	*Los datos están lo suficientemente actualizados para la tarea que se está desarrollando*
Comprensibilidad	*Los datos son fácilmente comprensibles*
Valor Añadido	*Los datos son beneficios y ofrecen ventajas al usarlos.*

Tabla 2. Dimensiones de Calidad de Datos propuestas por Pipino et al. [8] y su definición.

B. Procesos del Ciclo de Vida del Software según ISO/IEC 12207:2008

Según el Estándar Internacional ISO/IEC 12207:2008 [5], el Ciclo de Vida del Software está constituido por 43 procesos (véase figura 1). Cada uno de estos procesos usa como productos de entrada distintos artefactos específicos, y genera otros como productos de salida. De entre todos estos

procesos, el presente artículo se encuentra centrado en el de "Planificación de Proyectos", porque es a través de éste, que se inicia y se plantea toda la gestión del Proyecto.

El estándar ISO/IEC 12207:2008 establece que el Proceso de *Planificación del Proyecto* tiene como propósito: "*producir y comunicar de manera efectiva y factible los planes del Proyecto. Este proceso determina el alcance de la gestión del proyecto, las actividades técnicas, identifica las salidas del proceso, tareas y entregables del proyecto, establece cronogramas para conducir las tareas del proyecto, incluyendo criterios de rendimiento y requisitos de recursos para cumplir con las tareas del Proyecto*"[5].

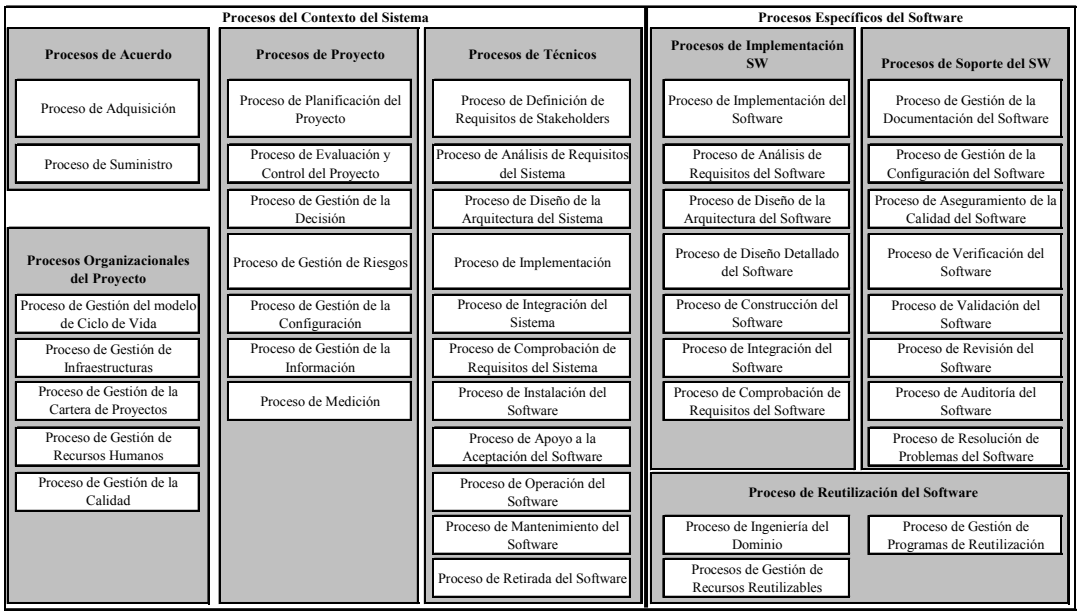


Figura 1. Modelo de Procesos Ciclo de Vida de Software ISO/IEC 12207:2008[5]

Otro enfoque en donde se definen los procesos que participan dentro de un proyecto en general, es el que presenta el PMBOK [6]. En dicho enfoque los artefactos son definidos como Productos de Entrada/Salida de los procesos.

C. Grupos de Procesos y Productos de Entrada/Salida de los Procesos de un Proyecto según PMBOK

El PMBOK [6] *(Project Management Body of Knowledge)* es una colección de procesos y áreas del conocimiento generalmente aceptadas como las mejores prácticas dentro de la disciplina de la gestión de proyectos [10]. Define el término Proyecto como "*un esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único*" [6], Dentro del proyecto, el PMBOK identifica 42 procesos, los cuales organiza en 5 Grupos y en 9 Áreas del Conocimiento (véase tabla 3).

Dependiendo del Proceso en estudio, este presentará determinados productos de Entrada y Salida, así como Herramientas y Técnicas. En el presente trabajo se tomará en consideración los productos de Entrada y Salida definidos en el PMBOK [6]. Dichos productos son semejantes a los artefactos que son utilizados en ISO/IEC 12207:2008 [5]. Por lo cual se puede proponer una equivalencia entre ambos con respecto a los artefactos que son empleados en el Proceso de Planificación de un Proyecto de Desarrollo Software. Este paso se justifica porque a través del PMBOK se puede conocer tanto el nombre del artefacto como la estructura que debe de presentar.

Área del Conocimiento	Grupos de Procesos de la Gerencia de Proyectos				
	Grupos de Procesos de Iniciación	**Grupos de Procesos de Planificación**	**Grupos de Procesos de Ejecución**	**Grupos de Procesos de Seguimiento y Control**	**Grupos de Procesos de Cierre**
Gestión de la Integración del Proyecto	· Desarrollar el acta de constitución del proyecto.	· Desarrollar el plan de gestión del proyecto.	· Dirigir y gestionar la Ejecución del Proyecto.	· Controlar y supervisar el trabajo del proyecto. · Desarrollar el control integrado de cambios.	· Cerrar proyecto o fase.
Gestión del Alcance del Proyecto		· Recopilar requerimientos. · Definir alcance. · Crear EDT		· Verificación del Alcance. · Control del Alcance.	
Gestión del Tiempo del Proyecto		· Definir Actividades. · Establecer la secuencia de las Actividades. · Estimar los recursos de las actividades. · Estimar la duración de las actividades. · Desarrollar el cronograma.		· Control del Cronograma.	
Gestión del Costo del Proyecto		· Estimar los Costos. · Preparar el presupuesto.		· Control de Costos.	
Gestión de la Calidad del Proyecto		· Planificación de Calidad.	· Realizar aseguramiento de Calidad.	· Realizar control de Calidad.	
Gestión de los Recursos Humanos del Proyecto		· Planificación de los Recursos Humanos.	· Adquirir el equipo del Proyecto. · Desarrollar el equipo del Proyecto. · Gestionar el equipo del Proyecto.		
Gestión de las Comunicaciones del Proyecto	· Identificar a los interesados.	· Planificar las Comunicaciones.	· Distribuir la Información. · Gestionar las expectativas de los interesados.	· Informar el Rendimiento.	
Gestión del Riesgos del Proyecto		· Planificar la Gestión de Riesgos. · Identificar los Riesgos. · Realizar Análisis cualitativo del riesgo. · Realizar Análisis cuantitativo de riesgos. · Planificar la respuesta a los riesgos.		· Monitorear y Controlar los Riesgos.	
Gestión de las Adquisiciones del Proyecto		· Planificar las Adquisiciones.	· Control de las Adquisiciones.	· Administrar las Adquisiciones.	· Cerrar las Adquisiciones.

Tabla 3. Grupos de Procesos y Áreas del Conocimiento de la Gerencia de Proyectos según PMBOK[6]

III. PROPUESTA DE METADATOS E IDENTIFICACION DE LOS ARTEFACTOS DEL PROCESO DE PLANIFICACION DE UN PROYECTO DE DESARROLLO DE SOFTWARE

Para todos los artefactos que participan en el Proceso de Planificación de un Proyecto de Desarrollo de Software y que pueden ser modificados por el equipo del proyecto, se identifican una serie de metadatos cuya función será, por un lado, la de describir cada artefacto y por otro, definir una estructura de su contenido interno. Mientras que los primeros servirán para determinar la relevancia del artefacto para la tarea a utilizar, los segundos servirán para evaluar la calidad del artefacto propiamente dicho.

Con respecto a la estructura que cada uno de los artefactos debe de presentar (atendiendo a su contenido), se propone usar lo propuesto por el PMBOK. Dicha estructura se puede considerar como: *metadatos específicos a cada artefacto y orientados a su contenido*. Por ende, sobre dichos *metadatos de contenido* también se puede evaluar y proponer un modelo de calidad de datos, sin embargo dado el alcance del presente estudio sólo se propondrá el modelo de DQ para los metadatos que describen a los artefactos, dejándose como inquietud para un futuro estudio el de los metadatos de contenido específico para cada artefacto. Así, las preguntas subsiguientes son dos: primero determinar ¿Cuáles son dichos artefactos?; y segundo ¿Cuáles son los metadatos necesarios para describir cualquiera de los artefactos?

Para la identificación de los artefactos que participan en el Proceso de Planificación de un Proyecto de Desarrollo de Software, se revisó lo indicado por ISO/IEC 12207:2008 [5] y se propone la equivalencia con lo indicado por el PMBOK [6] (con respecto a los productos de entrada/salida de los procesos en un proyecto). Como resultados, se identificaron los artefactos presentados en la Tabla 4.

Artefacto según ISO 12207:2008 Proceso de Planificación del Proyecto	Productos de [Entrada/Salida] definidos por PMBOK	
	Nombre	**Estructura (Metadatos de contenido, específicos para cada artefacto)**
• El Alcance del trabajo en el proyecto es definido. • La viabilidad de lograr los objetivos del proyecto con recursos disponibles y limitaciones son evaluados. • Interfaces entre elementos del proyecto y otros proyectos y unidades de la organización, son identificados.	Enunciado del Alcance del Proyecto	• Alcance del proyecto • Principales entregables • Hipótesis del proyecto • Restricciones del proyecto • Descripción del trabajo.
• Las tareas y recursos necesarios para completar el trabajo son calculados y estimados. • El Gerente debe de establecer los requisitos del proyecto para ser realizado. • Estimación del Esfuerzo. • Adecuada cantidad de recursos necesarios para ejecutar las tareas. • Asignación de Tareas. • Asignación de responsabilidades.	Diccionario de la Estructura de Desglose del Trabajo	• Descripción de cada componente en la estructura de desglose del trabajo (EDT). • Para cada componente de la EDT, se incluye una breve definición del alcance o enunciado del trabajo, entregables definidos, una lista de actividades asociadas y una lista de hitos. • Puede incluir: o Organización responsable o Fechas de inicio y finalización o Recursos requeridos o Estimación del costo o Número de cargo o Información del contrato o Requisitos de calidad o Referencias técnicas para facilitar el desempeño del trabajo.
• Planes para la ejecución del proyecto son desarrollados. • Planes para la ejecución del proyecto son activados.	Plan para la Dirección del Proyecto	• Descripción como se va a ejecutar, monitorear y controlar el proyecto. • Puede incluir: o Uno o más planes de gestión subsidiarios. o Documentos de planificación.
• Cronograma para la realización oportuna de las tareas.	Cronograma del Proyecto	• Fechas planificadas para realizar las actividades del cronograma. • Fechas planificadas para cumplir los hitos del cronograma.
• Cuantificación de riesgos asociados con las tareas o del proceso en sí.	Registro de Riesgos	• Análisis cualitativo de riesgos. • Análisis cuantitativo de riesgos. • Planificación de la respuesta a los riesgos. • Incluye: o Descripción del Riesgo. o Categoría. o Causa. o Probabilidad de ocurrencia. o Impactos en los objetivos o Respuestas propuestas. o Responsables. o Condición actual.
• Medidas de Aseguramiento de la Calidad para ser empleadas a lo largo del proyecto.	Plan de Gestión de Calidad	• Descripción de la política de calidad de la organización ejecutante. • Descripción de los procesos de planificación de calidad, aseguramiento de la calidad y control de calidad.
• Costos asociados con la ejecución del proceso.	Plan de Gestión de Costos	• Nivel de exactitud de las estimaciones de costo. • Inclusión de cantidad para contigencias. • Unidades de medida (tales como: horas o días de trabajo, semana laboral, etc.) • Enlaces con los procedimientos de la organización (con respecto a la contabilidad de la organización) • Umbrales de Control • Reglas para la medición del desempeño • Formatos de los informes de costos y frecuencia de presentación. • Descripción de los procesos: Estimar Costos, Preparar el presupuesto y Control de Costos.

Tabla 4. Propuesta de equivalencia entre los Artefactos mencionados en ISO/IEC 12207:2008[5] con los productos de Entrada/Salida mencionados en PMBOK[6] para el Proceso de Planificación de un Proyecto de Desarrollo de Software.

Analizando los artefactos obtenidos, se propone el conjunto de metadatos presentados en la Tabla 5. Es necesario resaltar que estos metadatos serían comunes a todos los artefactos, siendo necesario identificar otros específicos para cada artefacto en particular, lo que constituye uno de los trabajos futuros de la investigación. De hecho, para completar la identificación y definición de modelos de calidad de datos para cada artefacto dependerá de la identificación de dichos metadatos específicos.

• Título del documento, Código interno del documento • Historia de Revisiones, en donde se incluya: o Fecha. o Número de Versión. o Descripción de la Revisión. o Autor. • Indicar si el documento es Confidencial y/o grado de acceso al mismo. • Organización que elaboró el documento. • Índice de Contenido. • Objetivo de la elaboración del artefacto. • Glosario.

Tabla 5. Conjunto de Metadatos comunes identificados para todos los Artefactos del Proceso de Planificación de un Proyecto de Desarrollo de Software.

Identificado los artefactos, teniendo propuesto los metadatos y tomando como referencia las definiciones de las dimensiones de calidad de datos, se va a proceder a proponer el modelo de calidad de datos aplicable a los metadatos que describen a los artefactos del proceso de planificación.

IV. PROPUESTA DE MODELO DE CALIDAD DE DATOS APLICABLES A LOS METADATOS DE LOS ARTEFACTOS DEL PROCESO DE PLANIFICACION DE UN PROYECTO DE DESARROLLO DE SOFTWARE

La propuesta que se plantea es aplicable a todos los metadatos comunes para los artefactos identificados en la Tabla 5. Para la elaboración de la propuesta se ha usado como referencia lo indicado por los modelos de calidad previos y en la experiencia en la participación de proyectos software. Se propone que cada uno de los metadatos podría ser evaluado desde el punto de vista de las siguientes dimensiones de calidad propuestas en la tabla 6. *A modo de ejemplo* se propone una descripción específica:

Credibilidad	Los artefactos deben tener un título creíble. La Historia de Revisiones debe seguir un procedimiento tal que asegure su credibilidad.
Actualidad	La Historia de Revisiones debe mostrar que es actual y que ha sido revisada para mantener su vigencia y por ende, la del artefacto.
Confidencialidad	El titulo debe ser público Se debe de indicar que metadatos pueden ser publicados y cuales no.
Trazabilidad	La Historia de Revisiones debe de ser elaborada de manera tal, que se pueda realizar fácilmente un seguimiento de las actualizaciones que ha experimentado el artefacto.
Interpretabilidad	El Objetivo de la elaboración del artefacto debe poder ser interpretado correctamente, por lo cual debe de usar el idioma apropiado.
Comprensibilidad	El Glosario, debe de ser fácilmente comprensible, para un mejor entendimiento del contenido en el artefacto.
Representación Consistente	La Historia de Revisiones debe de mostrar el mismo formato de presentación, en cada artefacto.
Completitud	El Objetivo del artefacto debe ser completo y suficiente, para cumplir con describir claramente el fin del artefacto
Precisión	La Historia de Revisiones, debe de ser precisa sin mostrar datos de más.
Corrección	El Título del artefacto debe de mostrarse libre de errores.

Tabla 6. Modelo de calidad de datos sugerida para los metadatos de descripción de los Artefactos del Proceso de Planificación de un Proyecto de Desarrollo de Software.

V. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

El presente trabajo propone un modelo de calidad de datos (DQ) para los metadatos que describen los artefactos usados en el Proceso de Planificación de un Proyecto de Desarrollo de Software. Dicho modelo se enfoca en la calidad de los artefactos a través de sus metadatos que los describen y no en la calidad de los datos usados en el contenido de los artefactos. Justamente dicha diferencia se convierte en una dificultad (salvable) para aplicar el modelo propuesto, por la demora en entender rápidamente dicha diferencia. La fortaleza del modelo se basa en que correctamente aplicado, convierte a los artefactos en elementos activos, de referencia y de soporte a la gestión de los Gestores del Proyecto.

También se observa que los artefactos mencionados en la norma ISO/IEC 12207:2008 se encuentran definidos en el PMBOK, por lo cual se puede afirmar que ambos enfoques pueden complementarse. Un punto en común se obtiene a través de los artefactos que son usados en sus respectivos procesos.

El trabajo futuro será continuar con la revisión del resto de procesos definidos en la norma ISO 12207:2008, identificando sus artefactos, comparándolos con el PMBOK, identificando metadatos específicos para cada artefacto, revisando la aplicación del modelo de DQ propuesto y ampliándolo para los metadatos de contenido específico. Lo anterior como preámbulo a la definición de métricas y a la evaluación de los proyectos de software en función de estas.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación está parcialmente soportada por IQMNet (TIN2010-09809-E)

REFERENCIAS

[1] P. Oliveira, *et al.*, "A formal Definition of Data Quality Problems," in *Tenth International Conference on Information Quality (ICIQ'05)*, MIT, Cambridge, MA, USA, 2005, pp. 13-26.

[2] M. Eppler and M. Helfert, "A Classification and Analysis of Data Quality Costs," in *International Conference on Information Quality*, MIT, Cambridge, MA, USA, 2004, pp. 311-325.

[3] D. M. Strong, *et al.*, "Data Quality in Context," *Comm. of the ACM,* vol. 40, pp. 103-110, May 1997 1997.

[4] A. Fuggetta, "Software Process: A Road Map.," in *Twenty-Second International Conference on Software Engineering (ICSE'2000)*, Limerick, Ireland, 2000, pp. 27-34.

[5] ISO/IEC, "ISO/IEC 12207. International Standard. Systems and Software Engineering - Software life Cycle Processes," International Organization for Standardization/International Electrotechnical Commission, Geneve2008.

[6] PMI, *Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (Guía del PMBOK)*: Project Management Institute, 2008.

[7] I. Caballero, "Modelo para la Evaluación y Mejora de la Calidad de los Datos y de la Información," Departamento de Tecnologías y Sistemas de Información, Universidad de Castilla-La Mancha, Ciudad Real, 2004.

[8] L. Pipino, *et al.*, "Data Quality Assessment," *Communications of the ACM,* vol. 45, pp. 211-218, Abril 2002.

[9] ISO-25012, "ISO/IEC 25012: (SQuaRE) - Data Quality Model " 2006 2008.

[10] I. Caballero, *et al.*, "Optimal Data Quality in Project Management for Global Software Developments," in *2009 Fourth International Conference on Cooperation and Promotion of Information Resources in Science and Technology (COINFO'09)*, Beijing (China), 2009.

Toward One Class Classifier Techniques Applied To Verifier Information

Iñaki Fernández de Viana, Pedro J. Abad, José L. Álvarez, José L. Arjona
Departamento de Tecnologías de le Información
Universidad de Huelva
Huelva, Spain
i.fviana@dti.uhu.es, pedro.abad@dti.uhu.es, alvarez@uhu.es, jose.arjona@dti.uhu.es

Abstract— **One Class Classifier techniques have the ability to identify data that is unknown with respect to a group of known observations. However, the training set only contains instances of the known class and no instances at all or very few instances of unknown data. During training, in the verify problem of a wrapper, we only have instances of the classes we know. Therefore, the One Class Classifier techniques could be applied. In order to evaluate the performance of these methods we use different databases proposed in the current literature. Statistical analyses of the results obtained by some basic One Class Classification techniques like *parzen_dd*, *gauss_dd*, *svmdd*, *som_dd* and *knndd* will be described.**

Keywords-Outlier Detection; One Class Classification; Novelty Recognition; Web Wrapper; Enterprise Application Integration

I. INTRODUCTION

Internet is the main source of information and has been designed to be used by humans. This is a disadvantage if we want to automatically process the information it contains. It is uncommon for web sites to provide a programmatic interface (API) to obtain a structured view of the relevant information they offer.

In order to address this problem we use wrappers. A wrapper is a piece of software that allows a deep-web information source to be added by a virtual schemata [15]. Usually, these wrappers are divided into four steps: a form manager; a navigator; an information extractor; and finally, the verifier.

In this work, we focus on the verifier whose main goal is to check the incorrectness of the data obtained by Information Extractors. If our proposal lacked this element, the different applications we want to integrate could be fed with inconsistent information.

As we will see, one of the drawbacks we must face during the building of the verifier is that only positive examples exist. In this work we propose solving the verify problem with the One Class Classifier Problem (OCP) viewpoint. Such a viewpoint is different from current proposals. OCP is an unsupervised classification problem where the training set contains classes that have no instances at all, very few of them, or they are not statistically representative. OCP is an important task in machine learning and data mining activities. Many of these techniques gave good results in applications like [1, 10]: continuous typist recognition; fault diagnosis; detecting mislabelled data in a training data set or detecting unexpected entries in databases.

In order to evaluate the performance of these methods we use different databases proposed in the current literature [13, 14, 16]. Statistical analyses of the results obtained by some basic One Class Classifier (OCC) techniques will be described. These analyses rely on the non-parametric testing techniques proposed in [6, 21] to ascertain the statistical significance among the measure means of the different algorithms.

This paper is organised as follows. Section 2 briefly introduces the verify problem and the verifier framework that we have designed and relies on current proposals. Section 3 explains the concepts of OCP and OCC methods and Section 4 justifies the use of such techniques in the verify problem. We describe the set up of our experiments and discuss the results obtained by the classifiers tested in Section 5. Finally, Section 6 concludes by stating that OCC methods are competitive in performance and deserve to be applied to the verify problem as an alternative to current proposals.

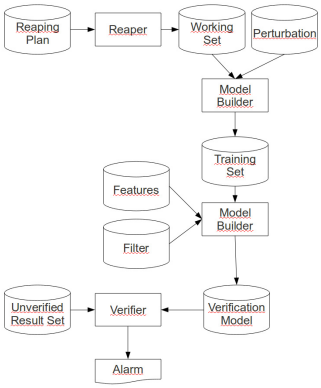


Figure 1. Verification framework

II. INFORMATION VERIFIER

Information Extractors are composed of a set of extraction rules inferred from a training set. When extraction rules rely on HTML landmarks, Information Extractors can only extract information from the same information source where the training set was obtained. Therefore, if the source changes, in some cases the returned data could be incorrect [13]. Figure 1 illustrates a general verification framework that builds on our analysis of the current literature. In general terms, the process begins by invoking the wrapper in order to obtain the set of results that we shall use to produce the training set. This training set is characterised by a set of numerical and categorical features. These features will be profiled [18] and combined to model the training set. When the verifier receives an unverified result set, it will calculate the values of the features and then it will check if they fit the previously calculated model. This framework has four components:

A. Reaping data islands

The first step to build a verifier aims at gathering valid result sets using the wrapper to be verified. The reaper executes a few queries that a wrapper can execute at any time.

The result of a reaper is a working set, which associates each of the queries onto their corresponding result sets. We assume that result sets may be multi or single-slot, where the term slot refers to either an attribute or a record.

B. Assembling training set

The result sets returned by a reaper must be examined by an expert, to classify them as either valid or invalid. Hence, a training set can be modelled as a pair of working sets that contain valid and invalid result sets.

C. Building verification models

A verification model is a characterisation of a training set that builds on the analysis of a number of features. Features are quantifiable characteristics of a slot or result set, and their values can be used as a form of evidence to decide if a result is valid or not.

D. Verification Model

When models are constructed, a function *f(x)* has to be inferred from the training set. This function should be constructed such that for a given vector *x* feature, an estimate of its quality is obtained, that is, if this vector is similar to the rest of the training set [13, 14, 16].

E. Data filtering

There are chances that the alarm reports a false positive, i.e. the result set is mistakenly judged invalid. Filters are sanity checks that explore a result set, search for attributes whose features deviate largely from their standard values and they can be considered valid in spite of being outliers.

III. ONE CLASS CLASSIFICATION

In most of the classification problems, the training set is composed of instances of all known classes that can appear during testing. In these cases, conventional multi-class classification algorithms, which aim to classify unknown instances into one of the known class, can be used to determine decision boundaries that distinguish these classes. However, in other classification problem suites, the training set contains classes that have no instances at all, very few of them, or they are not statistically representative; although it is well-known that models that build on valid data only tend to overgeneralise [24].

For this set of problems, OCC techniques are used [20]. These algorithms label all instances as target if those instances belong to the learning classes in training, otherwise as outlier if those instances do not belong to these classes. The main differences between multi-class and OCC are [20]:

- OCC techniques only use target class information.
- The boundary between classes has to be estimated only from target class data.
- The goal of OCC techniques is to define a boundary around the target class that accepts as many target objects as possible and minimises the chance of accepting outliers.

OCC techniques are used in environments where outliers may indicate a malfunction.

IV. THE VERIFY PROBLEM AS OCP

If the verify problem is re-phrased in terms of feature vectors and how close they are to one another, the problem is then closely related to a classification problem.

The verify problem cannot be considered a multi-class classification problem because, as Figure 1 shows, the training set cannot be modelled as a pair of working sets that contains valid and invalid result sets. Such pair of sets must originate from the same wrapper so that all the result sets returned by a reaper are expected to be valid. This is because if an

Information Extractor collects invalid result sets and they are detected during the verifier design, the Information Extractor will be modified to avoid these mistakes.

To deal with this problem, it is necessary to create new synthetic result sets using so-called perturbations [16]. The problem with these perturbations is that they may lead to result sets that deviate largely from current result sets.

This proposed solution for the verify field is similar to some proposals found in the one-class algorithm field [9], hence we can say that this one and the rest of the applied techniques in OCC fields can also be applied to the verify problem.

The verify problem can be solved under the OCP point of view. From each working set obtained during the reaping phase, we have a set of result sets composed of valid data. We assume that these result sets are multi-slot and every slot is labelled with a class. Besides, slots are characterised using a set of features. Our training set is the union of all result sets.

From each multi-class training set composed of classes, OCC methods have to be inferred. Every verification model, OCC method, is constructed using only one class (target class) instances. That is, the training set of the first OCC is composed of first class instances, the second OCC training set is composed of second class instances, and so forth.

Finally, when an unverified result set has to be verified, we must use the OCC methods learned. All slots labelled as first class will be tested by the first OCC, slots labelled as second class by the second, etc. If one of them predicts that at least one slot is an outlier, an alarm will be signalled, otherwise, the result set will be labelled as correct (Figure 1).

V. Experiments and Results

This section describes the set-up of our experiments and compare the performance of some OCC methods.

A. Database description

In order to evaluate the performance of the different OCC, we used the labelled datasets proposed in [13]. The are other databases used in Information Extractor verify problems [14, 16] but they are incomplete.

The database proposed in [13] is composed of 27 Internet sites. These sites were chosen to represent the sort of search services found on the Internet in 1998. Fifteen queries were selected for each site. In total, an average of 867 pages were gathered from each site, for a total of 23,416 pages. Every site has a different number of classes (labels) that ranges from 2 to 8.

For our experiments, we consider that each class contained in each site is a different OCP. Hence, we will have a total of 102 OCC to train and test. The testing set has instances of all classes contained in the result set. Every instance must be characterised by a set of features. In our experiments, some of the numeric features reported in [2, 13, 14, 16, 17, 23, 25] have been used. We have grouped them into several categories like:

- Counting the number of slots of a given class. For example, count the number of slots labelled as title in a result set.
- Counting attributes of a given class that match a given starting or ending pattern. For example, counting attributes that begin with a capital letter.
- Counting attributes that begin with a lower-case letter or counting the attributes with upper-case letters.
- How similar an attribute is to a set of valid attributes of the same class.

Also, some of the categorical features explained in [2, 16] were employed. Examples of these features are:

- URL attribute: returns true if the attribute is a valid URL.
- Time attribute: returns true if the attribute is a valid date.
- End mark attribute: returns true if the attribute ends with an end mark.

A total of 39 features (14 categorical and 25 non-categorical) were implemented [10].

One main goal in verifying information is to select a subset of relevant features for building robust learning models. Note that an OCP is of high dimension and so it is important to use dimension reduction techniques to obtain simple models that describe our problem [3, 22]. Techniques applied in multi-class classifiers appear not to be applicable to OCC methods, because if we only have target instances, it would be difficult to identify a set of features that distinguishes them. In our experiments, we use the *Laplacian Score* for feature selection, a technique based on local preservation evaluated in [22]. Laplacian Score returns features ranked, and so we only select those that belong to the first, second or third quartile. For almost all sites the dimensionality mean decreases to 47%.

B. Methods used for comparison purposes

To evaluate the performance of OCC applied to information extractor verifiers, the *dd_tools Matlab toolbox* [19] was applied. The algorithms used were: *gauss_dd* (fits a Gaussian density on the dataset), *knndd* (calculates the K-Nearest neighbour data description on the dataset), *parzen_dd* (fits a Parzen density on the dataset), *svmdd* (optimises a support vector data description for the dataset by quadratic programming) and *som_dd* (self-Organising Map data description on the database). These represent each OCC technique sets summarised in [20].

C. Performance measures and algorithm parameters

The OCC studied in this work were evaluated with the following measures: *Precision* (P), *Recall* (R), *F* (F), *Accuracy* (A) and *Area Under Roc Cur*ve (AUC).

TABLE I. *RESULTS FOR OCC WITHOUT FEATURE SELECTION.*

	Parzen_dd		**Knndd**		**Gauss_dd**			**Parzen_dd**		**Knndd**		**Gauss_dd**	
Site	***A***	***AUC***	***A***	***AUC***	***A***	***AUC***	***Site***	***A***	***AUC***	***A***	***AUC***	***A***	***AUC***
1	0.95	0.93	0.71	0.78	0.96	0.97	**16**	0.71	0.75	0.88	0.91	0.97	0.98
2	0.95	0.93	0.80	0.85	1	1	**17**	0.21	0.55	0.60	0.77	0.77	0.87
3	0.62	0.78	0.71	0.83	0.88	0.93	**18**	0.62	0.75	0.93	0.95	0.94	0.96
4	0.63	0.71	0.93	0.95	0.97	0.98	**19**	0.88	0.88	0.75	0.75	0.99	0.99
5	0.98	0.98	0.75	0.75	1	1	**20**	0.99	0.99	0.94	0.96	0.95	0.96
6	0.50	0.50	0.52	0.52	0.52	0.52	**21**	0.25	0.50	0.89	0.93	0.89	0.93
7	0.37	0.62	0.92	0.96	0.93	0.96	**22**	0.85	0.85	0.75	0.75	0.99	0.99
8	0.26	0.51	0.83	0.89	0.84	0.90	**23**	0.61	0.72	0.79	0.86	1.00	1.00
9	0.50	0.50	1.00	1.00	1.00	1.00	**24**	0.97	0.97	0.77	0.77	1.00	1.00
10	0.33	0.50	0.95	0.96	0.96	0.97	**25**	0.75	0.78	0.68	0.76	0.88	0.91
11	0.99	0.98	1.00	1.00	1.00	1.00	**26**	0.84	0.84	0.69	0.69	0.75	0.75
12	0.79	0.84	0.72	0.81	0.88	0.92	**27**	0.95	0.92	0.56	0.67	1.00	1.00
13	0.75	0.75	0.64	0.76	0.84	0.89							
14	0.60	0.71	0.60	0.75	0.76	0.85	**Means**	0.69	0.76	0.78	0.83	0.91	0.93
15	0.72	0.72	0.75	0.75	1.00	1.00	**Std**	0.06	0.03	0.02	0.01	0.01	0.01

TABLE II. *RESULTS FOR OCC WITH FEATURE SELECTION.*

	Parzen_dd		***Knndd***		***Gauss_dd***			***Parzen_dd***		***Knndd***		***Gauss_dd***	
Site	**A**	**AUC**	**A**	**AUC**	**A**	**AUC**	**Site**	**A**	**AUC**	**A**	**AUC**	**A**	**AUC**
1	0.90	0.90	0.45	0.59	0.49	0.62	**16**	0.72	0.77	0.64	0.73	0.78	0.83
2	0.99	0.98	0.73	0.79	0.74	0.81	**17**	0.21	0.55	0.51	0.72	0.75	0.86
3	0.52	0.72	0.59	0.76	0.78	0.87	**18**	0.62	0.75	0.81	0.87	0.81	0.87
4	0.63	0.71	0.73	0.82	0.74	0.83	**19**	0.91	0.91	0.72	0.72	0.72	0.72
5	0.57	0.57	0.74	0.74	0.74	0.74	**20**	0.99	0.99	0.92	0.94	0.85	0.89
6	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	**21**	0.25	0.50	0.89	0.93	0.89	0.93
7	0.37	0.62	0.93	0.96	0.92	0.96	**22**	0.88	0.88	0.75	0.75	0.75	0.75
8	0.26	0.51	0.70	0.80	0.80	0.87	**23**	0.60	0.72	0.75	0.83	0.88	0.92
9	0.50	0.50	1.00	1.00	1.00	1.00	**24**	0.99	0.99	0.76	0.76	0.82	0.82
10	0.33	0.50	0.87	0.90	0.82	0.86	**25**	0.67	0.74	0.57	0.67	0.77	0.83
11	0.62	0.74	0.93	0.96	0.97	0.98	**26**	0.88	0.88	0.53	0.53	0.58	0.58
12	0.70	0.78	0.62	0.75	0.63	0.75	**27**	0.80	0.85	0.51	0.63	0.60	0.70
13	0.55	0.66	0.49	0.66	0.63	0.75							
14	0.35	0.59	0.52	0.70	0.52	0.70	Means	0.62	0.72	0.70	0.77	0.75	0.80
15	0.56	0.56	0.75	0.75	0.75	0.75	Std	0.06	0.03	0.03	0.02	0.02	0.01

We always used the mean value of these measures when we compared every OCC method evaluated. The performance of each algorithm (one site and class OCC) was evaluated using 10-fold cross-validation procedures.

One difficulty in assessing the performance of an OCC is the parameter tuning required for the different techniques. Because this work is a concept test regarding the use of OCC in Information Extractor verifiers, we follow a simple approach of fixing parameter values, the default values proposed in [19] were used.

D. Comparatives

First of all, the *Kolmogorov-Smirnov* test is applied to check if a normal distribution of the measured values can be taken at a 0.05 level of confidence.

If its null hypothesis is rejected, the initial conditions that guarantee the reliability of the parametric tests may not be satisfied causing the statistical analysis to lose credibility with these tests. Hence, the non-parametric testing techniques proposed in [6, 21] to ascertain the statistical significance among the measures means will be considered.

Then, we compare every feature selection OCC method with itself without feature selection. To perform this comparative we use Wilcoxon Signed-Ranks Test [5], setting the level of confidence at 0.05.

After studying if feature selection improves OCC performance, we compare OCC methods on all sites. To perform multiple comparisons of multiple methods on multiple databases, we adopt the *Friedman Aligned-Ranks test* [11] and post-hoc *Holm* method [12] with a level of confidence of 0.05.

The Friedman test is used to detect significant differences among the performance measures of the methods studied. When there is a significant difference, we proceed with the post-hoc Holm procedure, to find out which algorithms are significantly different in terms of performance among the 1*n comparisons performed [7].

E. Results

Tables I and II shows the means of measures A and AUC of the different techniques tested. We also have Precision, F, and recall results. However, due to space limitations, we do not list them here.

First of all, we need to highlight that svddd and som_dd are unable to find a data model with the available computational resources.

A descriptive analysis of the results leads to the following remarks:

- The performance of OCC with feature selection is worse than OCC without this data preprocessing. For example if data-processing is done, measures A and AUC of gauss_dd are 0.75 and 0.80 respectively.
- It is clear that the gauss_dd method significantly outperforms parzen_dd and knndd algorithms. In 21 of the 27 sites its values of A and ACC are the best.
- The performance OCC is stable over all databases (the standard deviation is near 0). However, only in sites 6 and 26, are the values of A and ACC poor.

Table III shows that a normal distribution of AUC values cannot be assumed with 0.05 level of confidence. Because of this, we perform several non-parametric tests suggested in [5, 6, 7], throughout the results study.

TABLE III. *P* -LILLIEFORS (KOLMOGOROV-SMIRNOV) VALUES NORMALITY TEST.

	Without Feature Selection		
	Gauss_dd	***Parzen_dd***	***Knndde***
	AUC	AUC	AUC
p-values	1.587e-12	8.318e-19	1.041e-10

	Feature Selection		
	Gauss_dd	***Parzen_dd***	***Knndde***
	AUC	AUC	AUC
p-values	1.587e-12	8.318e-19	1.041e-10

The Wilcoxon Signed-Ranks Test (Table IV) shows that the OCC which used feature selection have a lower performance than methods that use all features. Therefore, we do not consider the use of feature selection methods in the rest of the experiment.

TABLE IV. *P-VALUES OF WILCOXON'S TEST. COMPARING ALGORITHMS WITHOUT FEATURE SELECTION AGAINST METHODS WITH FEATURE SELECTION.*

	Equal	***Worst***	***Best***
	AUC	AUC	AUC
Gauss_dd	7.43e-10	3.71e-10	**1**
Parzen_dd	0.0090	0.0045	**0.995**
Knn_dd	2.73e-09	1.36e-09	**1**

The first column of table V shows the ordered average ranks with AUC obtained by each method in the Friedman test. Gauss_dd is the OCC with best performance, so that is assigned to rank 1; knndd (the second best) to rank 2; and parzen_dd to rank 3.

TABLE V. *AVERAGE ALGORITHM RANKINGS ALIGNED FRIEDMAN AND ADJUSTED HOLM TEST -VALUES.*

Algorithm	***FA Ranking***	***Holm APV***
Gauss_dd	160.3299	-
Knndd	260.9175	0.000031
Parzen_dd	345.6495	0

The third column of table V shows that the adjusted p-values with the Holm post-hoc test are present. The Holm procedure rejects null hypotheses (the significantly different in AUC do not exit) that have a *p-value* lower than 0.05.

An analysis of these results leads to remarks that *gauss_dd* is the method which has the best average AUC and *knndd* and *parzen_dd* have been outperformed with this level of significance.

F. Discussion

We have evaluated 5 OCC techniques in an Information Extractor verifier database. The performances of the methods have been statistically compared using Wilcoxon, Friedman and Holm tests. From our experiments results we make 3 observations:

- Feature selection techniques gave poor performances. The reason is that the Laplacian Score selected all categorical features and very few categorical features. Hence, the dissimilarity measured applied by each OCC cannot be calculated correctly with certain types of data.
- In a few sites, OCC did not work well because our characteristics set does not contain any feature that discriminates against these classes.
- Gauss_dd was the best method for almost all sites because feature values fit closely to a normal distribution.

VI. Conclusion and Future Work

In this paper, we discussed OCC techniques for solving Information Extractor verify problems. Five basic OCC methods were studied. A comprehensive evaluation of these methods was conducted to compare their performances which enable us to conclude that Gauss_dd outperforms all the testing techniques.

Still, there are several problems that are open for research. Feature database and pre-processing phases have not been exploited very much for our problem. Another point to note here is that classifier ensembles and other sophisticated OCC like SVM or Bayesian Network approach have not been investigated. Also, data complexity measures would be an interesting exercise, if we want a quick way to choose an OCC yielding good performance for a particular site.

Acknowledgment

This work is supported by the European Commission (FEDER), the Spanish and the Andalusian R&D&I programmes (grants TIN2007-64119, P07-TIC-2602, P08-TIC-4100, TIN2008-04718-E, TIN2010-21744, TIN2010-09809-E, TIN2010-10811-E, and TIN2010-09988-E).

References

[1] Chandola, V., Banerjee, A., and Kumar, V. (2009). Anomaly detection: A survey. ACM Computing Surveys, 41(3).

[2] Chidlovskii, B., Roustant, B., and Brette, M. (2006). Documentum eci self-repairing wrappers: performance analysis. In Proceedings of SIGMOD ’06, pages 708–717, New York, NY, USA. ACM.

[3] de Viana, I. F., Arjona, J. L., Álvarez, J. L., and Abad, P. (2009). Selección de características para mejorar los modelos de verificación de información en EAI. In JISBD, pages 21–32.

[4] de Viana, I. F., Hernandez, I., Jiménez, P., Rivero, C. R., and Sleiman, H. A. (2010). Integrating deep-web information sources. In 8th International Conference on Practical Applications of Agents and Multiagent Systems.

[5] Demsar, J. (2006). Statistical comparisons of classifiers over multiple data sets. Journal of Machine Learning Research, 7:1–30.

[6] García, S., Fernández, A., Luengo, J., and Herrera, F. (2009). A study of statistical techniques and performance measures for genetics-based machine learning: accuracy and interpretability. Soft Computing, 13:959–977.

[7] García, S., Fernández, A., Luengo, J., and Herrera, F. (2010). Advanced nonparametric tests for multiple comparisons in the design of experiments in computational intelligence and data mining: Experimental analysis of power. Information Sciences, 180(10):2044–2064. Special Issue on Intelligent Distributed Information Systems.

[8] Group, A. (2010). Apache commons validator.

[9] Hempstalk, K., Frank, E., and Witten, I. H. (2008). One-class classification by combining density and class probability estimation. In Proceedings of ECML PKDD ’08, pages 505–519. Springer-Verlag.

[10] Hodge, V. J. and Austin, J. (2004). A survey of outlier detection methodologies. Artificial Intelligence Review, 22:2004.

[11] Hodges, J. and Lehmann, E. (1962). Ranks methods for combination of independent experiments in analysis of variance. Annals of Mathematical Statistics, 33:482–497.

[12] Holm, S. (1979). A simple sequentially rejective multiple test procedur. Scandinavian Journal of Statistics, 6(2):65–70.

[13] Kushmerick, N. (2000a). Wrapper induction: Efficiency and expressiveness. Artificial Intellligence, 118(1-2):15–68.

[14] Lerman, K., Minton, S. N., and Knoblock, C. A. (2003). Wrapper maintenance: A machine learning approach. Journal of Artificial Intelligence Research, 18:2003.

[15] Madhavan, J., Cohen, S., Halevy, A. Y., Jeffery, S. R., Dong, X. L., Ko, D., and Yu, C. (2007). Web-scale data integration: You can afford to pay as you go. In CIDR, pages 342–350.

[16] McCann, R., AlShebli, B., Le, Q., Nguyen, H., Vu, L., and Doan, A. (2005). Mapping maintenance for data integration systems. In Proceedings of VLDB ’05, pages 1018–1029. VLDB Endowment.

[17] Raz, O., Koopman, P., and Shaw, M. (2002). Semantic anomaly detection in online data sources. In Proceedings of the 24th International Conference on Software Engineering, ICSE ’02, pages 302–312, New York, NY, USA. ACM.

[18] Soares, J. V. B., Le, J. J. G., Cesar, R. M., Jelinek, H. F., Cree, M. J., and Member, S. (2006). Retinal vessel segmentation using the 2-d gabor wavelet and supervised classification. IEEE Transaction on Medical Imaging, 25:1214–1222.

[19] Tax, D. (2009). Ddtools, the data description toolbox for matlab.

[20] Tax, D. M. J. (2001). One-class classification, concept learning in the absence of counter example. PhD thesis, Delft University of Technology.

[21] Triguero, I., García, S., and Herrera, F. (2011). Differential evolution for optimizing the positioning of prototypes in nearest neighbor classification. Pattern Recognition, 44:901–916.

[22] Villalba, S. D. and Cunningham, P. (2007). An evaluation of dimension reduction techniques for one-class classification. Artificial Intelligence Review, 27(4):273–294.

[23] Wang, J. and Lochovsky, F. H. (2003). Data extraction and label assignment for web databases. In Poceedings of WWW ’03 pages 187–196. ACM.

[24] Witten, I. H. and Frank, E. (1999). Data Mining: Practical Machine Learning Tools and Techniques with Java Implementations. Morgan Kaufmann.

[25] Zhang, Z., He, B., and Chang, K. C.-C. (2004). Understanding web query interfaces: Best-effort parsing with hidden syntax. In SIGMOD Conference, pages 107–118.

Análise da Codificação Hospitalar em Portugal: Perfil dos Episódios de Cancro da Mama Feminino

Detecção de padrões, inconsistências, erros e casos desviantes

Juliano Gaspar, Fernando Lopes, Alberto Freitas
CIDES – Departamento de Ciências da Informação e da Decisão em Saúde
CINTESIS – Centro de Investigação em Tecnologias e Sistemas de Informação em Saúde
Faculdade de Medicina, Universidade do Porto, Porto, Portugal
jgaspar@med.up.pt, fernando@med.up.pt, alberto@med.up.pt

Resumo – **Vários estudos utilizam os dados clínicos codificados como fonte para investigação da evolução de algumas doenças, bem como o seu impacto demográfico. Segundo o Instituto Nacional de Estatística (INE), em Portugal ocorreram 1635 óbitos devido ao cancro da mama feminino (CMF) durante o ano de 2009, contabilizando cerca de 4.900 novos casos anualmente.**

Este estudo teve como objectivo descrever e analisar os dados sobre episódios de CMF, codificados em bases de dados hospitalares em Portugal. Pretende-se traçar um perfil sobre a qualidade dos dados ao identificar inconsistências, erros e casos desviantes. A base de dados utilizada é composta por episódios hospitalares, contempla episódios de internamento e o ambulatório de 96 hospitais do Serviço Nacional de Saúde (SNS) português, no período de 2000 a 2008, perfazendo 10.988.564 registos. Foram realizadas análises da distribuição empírica dos dados, com o intuito de conhecer o perfil de distribuição e os possíveis casos desviantes.

Foram detectados problemas e inconsistências nos dados analisados, podendo-se destacar, por exemplo, 40,2% do total de episódios de CMF apresentam "admissão para radioterapia e quimioterapia" como códigos de diagnósticos secundários, destaca-se também, 783 registos com a variável sexo preenchida com "masculino".

Auditorias sistemáticas aos dados e informação produzida nos hospitais, realizadas por órgãos competentes, podem minimizar parte desses problemas, ao fazer com que o conhecimento de situações anómalas possibilite a melhoria imediata da sua qualidade, quando a correcção for viável.

Palavras-Chaves – Inconsistências, erros, problemas de qualidade de dados, bases de dados hospitalares, cancro da mama

I. Introdução

A. A Codificação de Dados Médicos em Portugal

Os dados médicos relativos aos pacientes, recolhidos e codificados, contêm, habitualmente, dados de facturação dos registos hospitalares, usados normalmente apenas com fins inteiramente administrativos e financeiros, o que não impede que possam ter utilidade e influência significativa para a melhoria da qualidade da prestação dos cuidados de saúde [1].

Parte destes dados codificados são gerados durante o processo de codificação da alta hospitalar. Neste processo, a informação recolhida do processo clínico, principalmente os diagnósticos e procedimentos, é geralmente codificada de acordo com a Classificação Internacional de Doenças (CID), sendo também guardado o Grupo de Diagnóstico Homogéneo (GDH) em que cada episódio é agrupado [2].

Vários estudos utilizam os dados clínicos codificados como fonte para investigação da evolução de algumas doenças, bem como o seu impacto demográfico numa região ou mesmo num país. Estas bases de dados têm um potencial estatístico elevado, dado o seu enorme volume e a sua semelhança em diversos hospitais, permitindo assim facilmente obter estatísticas comparativas entre várias instituições ou mesmo entre diferentes países [3]. Esta comparação entre hospitais é, em parte, possível uma vez que os dados clínicos codificados contêm, geralmente, um conjunto de variáveis definidas num padrão internacional chamado Conjunto Mínimo de Dados (CMD) [4-6].

Em Portugal, a codificação sistemática dos diagnósticos e dos procedimentos dos episódios de internamento em hospitais de agudos iniciou-se em 1989, juntamente com a recolha, entre outras variáveis, da idade, do sexo, do destino após a alta e do peso do recém-nascido (quando for o caso), o que, *a posteriori*, permite conjugar estas informações num determinado GDH do agrupador aplicável de acordo com a data de alta [2].

B. O Cancro da Mama em Portugal

Segundo o balanço mensal de Janeiro de 2011, divulgado pelo INE, em Portugal ocorreram 1635 óbitos devido a cancro da mama durante o ano de 2009, o que representa um acréscimo de 1,24% em relação a 2008 [7].

A ARS Centro[1], no seu plano de acção para 2010 [8], contabiliza cerca de 4.900 casos, mais de 12 novos casos por dia, desta neoplasia em Portugal. O CMF é, mundialmente, o tumor maligno mais frequente nas mulheres, sendo internacionalmente a primeira causa de morte por cancro feminino [9, 10].

As *Guidelines* Oficiais para Codificação, que são actualizadas todos os anos entre 2000 e 2008, sendo a última edição de Outubro de 2010 [11], dão orientações às questões relacionadas com a codificação de neoplasias em episódios de internamento e ambulatório hospitalar.

Em Portugal, o Ministério da Saúde define e publica as portarias que, para além de determinar os preços a cobrar pelos cuidados prestados no quadro do SNS, define claramente o que são episódios de internamento, episódios de ambulatório, algumas regras para codificação em GDH, entre outras

[1] Administração Regional de Saúde do Centro, IP

questões relevantes. A portaria actualmente em vigor é a de Julho de 2009 [12].

C. A Qualidade de Dados

A riqueza de dados disponíveis nos sistemas de saúde contrasta com uma carência de estudos e de ferramentas de análises eficazes para descobrir as relações ocultas e as tendências nos respectivos dados [13, 14]. Padrões e conhecimentos potencialmente importantes podem ser descobertos a partir da aplicação de técnicas de *data mining* na área da saúde. As bases de dados clínicas são actualmente consideradas uma "mina de ouro virtual" de dados para investigadores na área médica [13].

A qualidade dos dados, segundo alguns autores, é um conceito relativo, está directamente correlacionada com o objectivo da informação desejada [3, 15], e em muitos casos não pode ser medida directamente [16]. Alguns autores utilizam o conceito *"fitness for use"*, o qual enfatiza a importância da obtenção do ponto de vista do utilizador, e o seu julgamento da adequação da informação ao seu uso [3, 17-20]. Assim, pode-se dizer que a qualidade dos dados depende muito do fim a que se destinam esses mesmos dados. Especificamente em bases de dados médicas, este conceito reforça-se, visto que estas podem ter suficiente qualidade para análises económicas, mas não para alguns estudos clínicos ou epidemiológicos [3, 20].

No cenário de departamentos hospitalares, o cuidado com a qualidade dos dados electrónicos ganha uma atenção ainda maior, pois trata-se de uma actividade na qual as informações armazenadas muitas vezes têm um carácter vital para os pacientes [21]. No entanto, devido a alta diversidade e complexidade inerentes a esta actividade, manter uma base de dados de alta qualidade não é uma tarefa simples [22]. A qualidade de dados é um conceito complexo definido por múltiplas dimensões que incluem, por exemplo, a correcção, a completude, a consistência, a actualidade, a interpretabilidade e a acessibilidade. Existem ainda, outras dimensões muito subjectivas que capturam aspectos secundários, ou são muito específicas do contexto [15].

Todo o potencial do CMD, tanto para gestão hospitalar, quanto para investigação, pode ser perdido se a codificação clínica efectuada não mantiver certos níveis de qualidade.

II. Objectivo

O objectivo deste estudo é descrever e analisar os dados sobre episódios de contacto com os serviços de saúde de doentes com CMF, codificados em bases de dados hospitalares em Portugal. Pretende-se traçar um perfil sobre a qualidade dos dados ao identificar inconsistências, erros e casos desviantes, e avaliar a sua real valia para estudos epidemiológicos, bem como para avaliações ligadas à gestão e políticas voltadas para a saúde.

Pretende-se contribuir para a identificação de problemas de qualidade de dados (PQD) hospitalares, bem como traçar um perfil e tornar públicas determinadas características específicas deste conjunto de dados, de modo que futuros estudos as tenham em consideração.

III. Métodos

A base de dados utilizada é composta por episódios hospitalares, contemplando o internamento e o ambulatório médico ou cirúrgico de 96 hospitais do SNS português, no período de 2000 a 2008, perfazendo 10.988.564 registos. Foram seleccionados, desta base de dados, 346.654 registos que compreendem todos os episódios com diagnósticos de CMF, codificados na CID-9-MC[2] com "174.x".

Uma pré-análise revelou 854 registos, neste conjunto de dados, que foram considerados inválidos por se referirem a episódios duplicados e a episódios com a variável sexo preenchida com "masculino", visto que este estudo é especificamente sobre o cancro de mama feminino, estes registos foram eliminados. Assim, o volume de dados considerados neste estudo foi de 345.800 registos.

O acesso a estes dados foi possível graças à colaboração da ACSS[3] no âmbito de projecto HR-QoD [23] desenvolvido pelo Serviço de Bioestatística e Informática Médica da Faculdade de Medicina da Universidade do Porto [24]. Todos os dados utilizados são anonimizados e codificados na CID-9-MC.

Foram consideradas neste estudo, as portarias do Ministério da Saúde que cobrem o período dos dados analisados [12, 25-29].

Este estudo compreendeu as seguintes etapas:

- Utilização de um algoritmo de detecção de PQD nos dados seleccionados[4];
- Execução de *queries* em *Structured Query Language* (SQL), directamente sobre a fonte de dados, reflectindo determinadas regras de codificação contidas nas *Guidelines* Oficiais para Codificação e nas respectivas portarias vigentes nos períodos;
- Quantificação das ocorrências dos diagnósticos e procedimentos associados ao CMF, com o intuito de realizar um estudo adequado sobre as distribuições de ambos os conjuntos de dados clínicos;
- Análise da distribuição empírica dos dados, e uma análise descritiva, com o intuito de conhecer o perfil de distribuição e os possíveis casos desviantes, principalmente dos diagnósticos e procedimentos associados ao cancro da mama.

IV. Resultados

A tabela 1 apresenta os resultados dos PQD detectados com a utilização do algoritmo de detecção de PQD em episódios de

[2] CID-9-MC: Classificação Internacional de Doenças, 9ª revisão com modificações clínicas.

[3] ACSS: Administração Central do Sistema de Saúde, IP.

[4] O algoritmo de detecção de PQD foi desenvolvido no âmbito da dissertação de mestrado "Sistematização de Problemas de Qualidade de Dados em Base de Dados Hospitalares: Detecção de Inconsistências, Erros e Outliers" do mesmo autor deste artigo.

CMF. Destacam-se os 68 registos duplicados que enviesam directamente os resultados e, por isso, foram retirados das análises. Por outro lado, os 1.379 registos (0,39%) que contém diagnósticos repetidos no mesmo episódios, não foram considerados graves, visto que os códigos de diagnósticos duplicados são desconsiderados ao agrupar o episódio em um respectivo GDH, entretanto este PQD deve ser levado em consideração quando contabiliza-se a frequência de um diagnóstico específico, como realizado neste estudo.

TABELA 1: PQD DETECTADOS

Problemas de Qualidade de Dados	**N**	**‰ [a]**
Registos duplicados	68	1,97
Total de dias em pré-operatório menor que 0	142	4,11
Total de dias menor 0	4	0,12
Diagnósticos repetidos no mesmo episódio	1.379	39,88
Registos com o módulo não preenchidos	15	0,43
Idade maior que 124 anos	13	0,38

a. Frequência por 10 mil registos

Através da aplicação de *queries* específicas directamente à base de dados, com o intuito de detectar inconsistências no contexto deste estudo (codificação das neoplasias da mama) foram detectadas inconsistências contextuais apresentadas na tabela 2.

Desta análise destacam-se 783 registos com a variável sexo igual a "masculino". Este facto representa uma inconsistência importante neste estudo, dedicado somente ao CMF, visto que o cancro da mama masculino é codificado na CID-9-MC com "175.x", por este motivo, os respectivos casos foram excluídos das análises subsequentes deste estudo. Os demais casos da tabela 2, apesar de caracterizarem inconsistências nos dados, não foram considerados graves, permanecendo nas análises.

TABELA 2: PQD CONTEXTUAIS DETECTADOS

Problemas de Qualidade de Dados	**N**	**%**
Registos com a variável sexo igual a "masculino"	783	0,23
"V58.0" em diagnósticos secundários	66.875	19,34
"V58.1" em diagnósticos secundários	72.281	20,90
"V10.x" em diagnóstico no diagnóstico principal	830	0,24

A figura 1 apresenta o volume total de registos relacionados ao CMF, com os respectivos valores para cada ano. A análise visual da distribuição do volume total, motivou a investigação no sentido de identificar a causa do grande aumento de registos em 2007 e 2008 neste conjunto de dados. Para isto, optou-se por analisar os mesmos dados em dois segmentos distintos, registos de episódios de ambulatório e registos de episódios de internamento, também apresentados na figura 1.

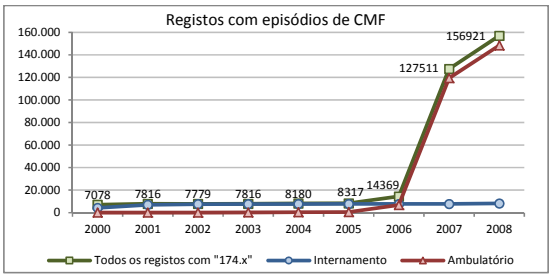


Figura 1: Volume anual dos episódios de CMF

Sabendo-se que os episódios de ambulatório caracterizam-se principalmente por casos de "admissão para radioterapia" (APR) e "admissão para quimioterapia e imunoterapia (APQI), respectivamente codificados na CID-9-MC com "V58.0" e "V58.1x", analisou-se o volume anual dos registos de internamento com diagnósticos de APR ou APQI e os registos de ambulatório que não continham os diagnósticos de APR e APQI. A figura 2 apresenta os resultados detectados no período em análise.

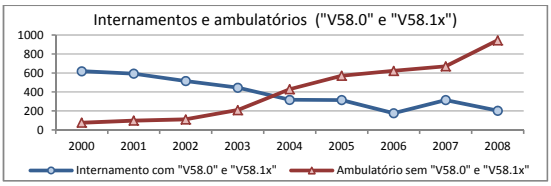


Figura 2: Internamentos e ambulatórios associados à "V58.0" e "V58.1x"

Observa-se que 98,7% dos episódios de ambulatório de CMF estão associados à APQI e APR, enquanto apenas 5% dos episódios de internamento de CMF estão associados à APQI e APR.

As frequências da quantificação de cada ocorrência de um determinado diagnóstico, exceptuando o próprio diagnóstico de CMF "174.x", são apresentadas na figura 3.

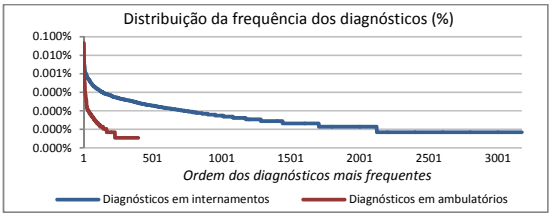


Figura 3: Frequência dos diagnósticos em ambulatório e internamento

Com o intuito de identificar um padrão para a distribuição dos diagnósticos, foram realizadas análises segmentadas por ano (figura 4) e por tipo de hospital (figura 5).

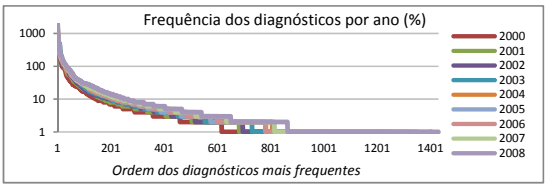


Figura 4: Frequência dos diagnósticos segmentados por ano

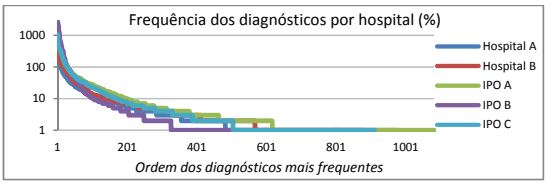


Figura 5: Frequência dos diagnósticos segmentados por hospital

Pode constatar-se que a distribuição dos diagnósticos e dos respectivos procedimentos são similares a outros estudos já publicados [3, 22]. Uma observação no eixo das ordenadas dos gráficos mostra que parte das codificações apresentam-se dispersas face aos respectivos valores médios, em relação ao eixo das abcissas (x), constata-se que tanto nos diagnósticos como nos procedimentos, existem muitas amostras únicas (N (x) =1) e com valores muito distantes de suas médias ponderadas [22]. Em função desta característica, poucos diagnósticos com frequências muito elevadas e muitos diagnósticos com frequências muito baixas, utilizou-se a escala logarítmica no eixo das ordenadas (y), para os gráficos das figuras 3, 4 e 5.

As percentagens dos diagnósticos mais frequentes associados ao CMF em episódios de ambulatório são 49% para "V58.0" e 46% para "V58.1x" (figura 6).

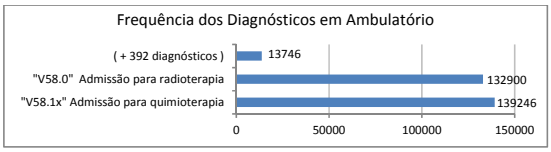


Figura 6: Percentagem dos diagnósticos mais frequentes para ambulatório

Em episódios de internamento, as percentagens dos diagnósticos mais frequentes associados ao CMF são 21% para neoplasias malignas secundárias (NMS), 10% para hipertensão e 4% para diabetes mellitus, conforme apresentado na figura 7.

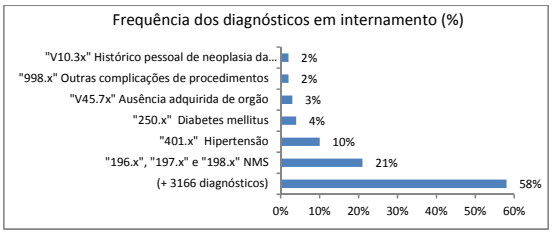


Figura 7: Percentagem dos diagnósticos mais frequentes para internamento

O estudo também revela que as complicações estão presentes em apenas 2% dos episódios relacionados ao CMF, sendo que 99% destas complicações ocorrem em episódios de internamento.

Em relação às neoplasias secundárias associadas ao CMF (figura 8), destaca-se que 9,5% dos registos possuem associação com outras neoplasias malignas, enquanto apenas 0,3% dos registos estão associados a neoplasias benignas.

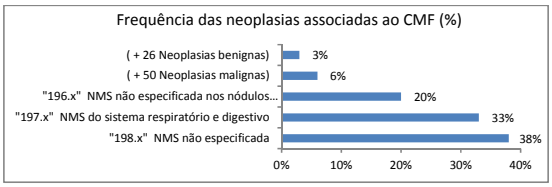


Figura 8: Percentagem das neoplasias associadas ao CMF

A distribuição por faixas etárias de registos com CMF, pode ser observada na figura 9.

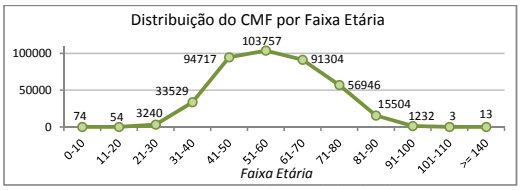


Figura 9: Percentagem das neoplasias benignas

As frequências da quantificação de cada ocorrência de um determinado GDH, separadamente por episódios de ambulatório e internamento, são apresentadas na figura 10. Constata-se que o CMF, em conformidade com as demais neoplasias malignas, apresenta uma distribuição ascendente (figura 9), sendo muito reduzido na infância e apresenta um aumento da sua incidência à medida que a idade avança [7, 10].

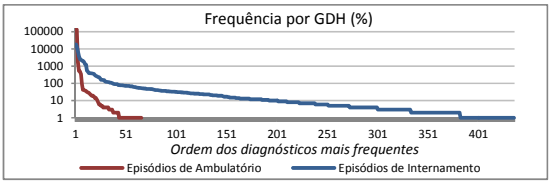


Figura 10: Frequêcia da ocorrência dos GDH por tipo de episódio

V. Discussão

As directrizes das *Guidelines* Oficiais para Codificação [11] orientam que "na admissão do paciente exclusivamente para administração de quimioterapia, imunoterapia ou radioterapia, deve ser atribuído o código de diagnóstico principal V58.x e sendo diagnósticos adicionais os problemas para os quais o tratamento é realizado". A partir desta directriz, verifica-se que em 139.156 registos, 40,2% do total de episódios de CMF, Tabela 2, apresentam "V58.0" ou "V58.1x" como códigos de diagnósticos secundários, sendo a taxa média desta inconsistência 64% ao ano. Também orientam que o código "V10.x", história pessoal de neoplasia maligna, deve sempre ser codificado em diagnósticos secundários, entretanto, foram detectados 830 registos como código "V10.x" no diagnóstico principal.

Ao analisar a distribuição do volume anual dos registos relacionados ao CMF, no período de 2000 à 2008, verifica-se um desvio acentuado no volume de episódios com essa patologia, representando um acréscimo de 1623% no volume total destes registos, quando comparado a média anual entre 2000 a 2006 com a média anual entre 2007 e 2008.

Uma análise mais detalhada mostrou que este desvio resulta da inclusão na base de dados, a partir de 2007, dos episódios de ambulatório, sendo que até o ano de 2006, não eram codificados e agrupados em GDH. Constatou-se que uma parte significativa destes registos de ambulatório (95%), corresponde a admissões para radioterapia ou quimioterapia.

Complementa-se esta observação com os resultados apresentados na figura 2, onde vê-se a inversão gradativa da

codificação de APR e APQI tanto em episódios de ambulatório quanto em episódios de internamento.

A distribuição da quantificação dos diagnósticos associados ao CMF, mantém-se com o mesmo padrão tanto quando analisados o volume total dos registos de CMF (figura 3), como quando analisados separadamente por ano ou por hospital (figura 4 e 5).

Os diagnósticos, em episódios de ambulatório, com frequência inferiores a 100 mil ocorrências (figura 6), representam 99,2% de todos os tipos de diagnósticos associados ao CMF. Entretanto, esta maioria absoluta do volume total de diagnósticos preenchidos em episódios de ambulatório, corresponde apenas a 0,14% dos tipos diferentes de diagnósticos codificados nestes casos.

Os diagnósticos, em episódios de internamento, com frequência inferiores a 2,5 mil ocorrências (figura 7), representam 58% de todos os tipos de diagnósticos associados ao CMF. Por sua vez, esta percentagem do volume total de diagnósticos preenchidos em episódios de internamento, corresponde apenas a 2,2% dos tipos diferentes de diagnósticos codificados nestes casos.

Observa-se na figura 10 que a distribuição das frequências dos GDH associados ao CMF em episódios de internamento, possuem uma maior variedade de GDH associados aos episódios, quando comparado aos episódios de ambulatório.

Neste estudo, observou-se que, em episódios de internamento, existem 1.051 diagnósticos que só foram codificados uma única vez associados ao CMF. Por sua vez, nos episódios de ambulatório foram observados 169 diagnósticos com a mesma condição.

Observou-se ainda, que existem 48 episódios, que contemplam um dos diagnósticos que só foram codificados uma única vez, associado a um dos procedimentos que também foram codificados uma única vez nesta amostra de dados.

VI. Conclusão

Este estudo contribui para a análise e identificação de PQD existentes em base de dados codificados na área da saúde, ao traçar um perfil sobre a codificação dos episódios de CMF. Pode destacar-se os seguintes aspectos neste estudo:

a) A identificação da inclusão nas bases de dados hospitalares, dos episódios de ambulatório para admissão de radioterapia e quimioterapia a partir do ano de 2007. Este facto deve ser considerado em estudos futuros, para evitar um enviesamento dos resultados e, por isso, recomenda-se que as análises, envolvendo estes dados, sejam segmentadas em episódios de internamento e em episódios de ambulatório.

b) A identificação de 783 casos codificados com o código "174.x" e com a variável sexo igual a "masculino". Ao assumir que estes registos são realmente de pacientes do sexo masculino, esta inconsistência representa um pequeno impacto neste estudo, de apenas 0,23% do total de episódios de CMF. Por sua vez, se as análises tivessem como foco de estudo o cancro da mama masculino, codificado na CID-9-MC com código "175.x", estes 783 casos, erroneamente codificados, corresponderiam a 25% do total de casos de cancro da mama masculino que poderiam não ser seleccionados no estudo.

c) A constatação de que a distribuição da quantidade de diagnósticos preenchidos possui um padrão constante, não sofrendo alterações, quer quando segmentada por ano, quer quando segmentada por hospital. Esta distribuição, que possui poucos diagnósticos com altas frequências e muitos diagnósticos com frequências próximas de 0%, pode servir como alerta em análises de outras amostras de CMF. Distribuições muito diferentes desta podem indicar, por exemplo, problemas na qualidade dos dados, diferenças nos processos de recolha ou codificação dos dados relacionados com CMF, ou ainda, diferenças epidemiológicas.

d) A constatação de que 98,6% dos episódios de ambulatório foram agrupados no GDH "409" e "410", leva-nos a questionar quantos dos episódios codificados em GDH diferentes destes, são erros e quantos estão correctos e representam realmente casos desviantes. Isso também nos faz questionar quantos dos 1220 diagnósticos e 454 procedimentos codificados uma única vez, nesta amostra de dados, são erros de codificação e quantos são realmente desvios do padrão explicado pela complexidade natural que envolvem os dados médicos.

O conhecimento de situações anómalas nos dados pode permitir uma melhoria imediata da sua qualidade, quando a correcção for viável. Estes conhecimentos são importantes para a gestão de unidades de saúde, tanto a nível nacional, quanto regional, como também para a comunidade científica.

As auditorias sistemáticas aos dados e informação produzida pelas unidades prestadoras de cuidados de saúde, realizadas por órgãos competentes, podem minimizar parte desses problemas, pois fornecem dados em termos quantitativos e qualitativos relativamente à qualidade das informações fornecidas pelas respectivas entidades [30].

A. *Trabalhos futuros*

Em próximas etapas deste estudo, pretende-se:

- Testar o grau de correlação estatística entre a codificação dos diagnósticos e os respectivos procedimentos, justificando assim o comportamento similar apresentado nas respectivas distribuições empíricas;
- Realizar auditorias na codificação dos GDH, diagnósticos e procedimentos com menor frequência;
- Replicar o método, utilizado neste estudo, a outras patologias;
- Aplicar algoritmos de *data mining*, para aperfeiçoar a detecção de padrões, casos desviantes, possíveis erros ou inconsistências.

Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio dado pelo Projecto HR-QoD – Qualidade de Dados (casos desviantes, inconsistências e erros) em bases de dados de internamento hospitalares: métodos e implicações para a modelação, limpeza e análise de dados (Projecto PTDC/SAU-ESA/75660/2006).

REFERENCES

[1] J. Price, et al., "Administrative Data Versus Corrected Administrative Data," Am J Med Qual, vol. 19, pp. 38-44, Jan/Feb 2003 2003.

[2] F. Lopes. (2010, 31/10/2010). Portal da Codificação e dos GDH. Available: http://portalcodgdh.min-saude.pt/index.php/Vers%C3%B5es_dos_c%C3%B3digos_da_CID-9-MC_e_do_Agrupador

[3] R. Cruz-Correia, et al., "Data Quality and Integration Issues in Electronic Health Records. In Information Discovery on Electronic Health Records," in CRC Data Mining and Knowledge Discovery Series, H. V. C. a. Hall, Ed., ed, 2009, pp. 55-95.

[4] D. A. Southern, et al., "Comparison of the Elixhauser and Charlson/Deyo methods of comorbidity measurement in administrative data," Med Care, vol. 42, pp. 355-60, Apr 2004.

[5] P. Aylin, et al., "Use of administrative data or clinical databases as predictors of risk of death in hospital: comparison of models," BMJ, vol. 334, p. 1044, May 19 2007.

[6] P. S. Romano, et al., "The California Hospital Outcomes Project: using administrative data to compare hospital performance," Jt Comm J Qual Improv, vol. 21, pp. 668-82, Dec 1995.

[7] INE. (2011, 02/03/2011). Boletim mensal de estatística: Janeiro de 2011. Available: http://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_publicacoes

[8] ARS-Centro, "Plano de Acção 2010. Administração Regional de Saúde do Centro, I.P.," Administração Regional de Saúde do Centro, I.P, CoimbraMarço de 2010 2010.

[9] J. Bastos, et al., "Evolução da Mortalidade por Cancro da Mama em Portugal (1955-2002)," Acta Med Port, pp. 139-144, 2007.

[10] OMS. (2010, 31/10/2010). Organização Mundial de Saúde. Available: http://www.who.int/en/

[11] ACSS, "CID-9-MC Guidelines Oficiais para Codificação: Em vigor a partir de Outubro de 2009," Administração Central do Sistema de Saúde, IP, LisboaOutubro de 2009 2009.

[12] Portaria n.º 839-A/2009 - Ministério da Saúde de Portugal, M. d. Saúde 1, 2009.

[13] V. Kumar, et al., "Outlier Mining in Medical Databases: An Application of Data Mining in Health Care Management to Detect Abnormal Values Presented In Medical Databases," IJCSNS International Journal of Computer Science and Network Security, pp. 272-277, 2008/08/20 2008.

[14] J. A. d. S. Freitas, "Bases de dados de Grupos de Diagnósticos Homogéneos: mecanismos de exploração em Sistemas de Informação Hospitalar," Mestrado Master, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 1998.

[15] P. J. M. Oliveira, "Detecção e Correcção de Problemas de Qualidade dos Dados: Modelo, Sintaxe e Semântica," Doutorado, Informática / Tecnologia da Informação, Universidade do Minho, Porto, 2008.

[16] A. Teixeira-Pinto and S.-L. T. Normand, "Statistical methodology for classifying units on the basis of multiple-related measures," Statistics in medicine, vol. 27, pp. 1329-1350, 2008.

[17] G. K. Tayi and D. P. Ballou, "Examining Data Quality," CACM, vol. 41, pp. 54-57, February 1998 1998.

[18] R. Y. Wang, "A Product Perspective on Total Data Quality Management," CACM, vol. 41, pp. 58-65, February 1998 1998.

[19] J. E. Olson, Data Quality - The Accuracy Dimension, Morgan Kaufmann Publishers ed., 2003.

[20] T. Silva-Costa, "Indicadores de Produção Hospitalar - Uma forma de medir a produção dos hospitais Portugueses," Mestrado, Faculdade de Medicina da Universidade do Porto, Porto, 2010.

[21] F. Daniel, et al., "Enabling Better Decisions through Quality-aware Reports," presented at the International Conference on Information Quality (ICIQ), USA, 2008.

[22] D. Sato and A. Freitas, "Inferindo Qualidade nos Dados de Diagnósticos e Intervenções Hospitalares," in 5ª Conferência Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação, Santiago de Compostela, 2010.

[23] HR-QoD. (2006, 01/11/2010). Projecto FCT: Qualidade dos dados (casos desviantes, inconsistências e erros) em bases de dados de internamentos hospitalares: métodos e implicações para a modelação, limpeza e análise de dados. Available: http://www.fct.mctes.pt/projectos/pub/2006/Painel_Result/vglobal_projecto.asp?idProjecto=75660&idElemConcurso=864

[24] SBIM. (2010, 01/11/2010). Serviço de Bioestatística e Informática Médica da Faculdade de Medicina da Universidade do Porto - FMUP. Available: http://sbim.med.up.pt/

[25] Portaria n.º 348-B/98 - Ministério da Saúde de Portugal, 1, 1998.

[26] Portaria n.º 189/2001 - Ministério da Saúde de Portugal, 1, 2001.

[27] Portaria n.º 567/2006 - Ministério da Saúde de Portugal, 1, 2006.

[28] Portaria n.º 110-A/2007 - Ministério da Saúde de Portugal, 1, 2007.

[29] Portaria n.º 132/2009 - Ministério da Saúde de Portugal, 1, 2009.

[30] C. Costa, et al. (2008) Financiamento por capitação ajustada pelo risco: conceptualização e aplicação. Revista Portuguesa de Saúde Pública. 67-102.

Envolvimento do utilizador em aplicações de limpeza de dados

Helena Galhardas[*+]
[*]INESC-ID e [+]Instituto Superior Técnico (IST/UTL)
Lisboa, Portugal

Antónia Lopes[#], Emanuel Santos[*+#]
[#] FCUL/Universidade de Lisboa
Lisboa, Portugal

Resumo —**Um processo de Limpeza de Dados e de Extracção-Transformação-Carregamento (ETL, do Inglês Extract-Transform-Load) é usualmente modelado como um grafo de transformações de dados. Estes grafos envolvem tipicamente um grande número de transformações de dados e têm que limpar grandes quantidades de dados. O envolvimento dos utilizadores responsáveis por executar os processos de limpeza de dados sobre dados reais é importante para afinar as transformações de dados e para corrigir manualmente as porções de dados que não podem ser tratadas automaticamente. Neste artigo, estendemos a noção de grafo de limpeza de dados de modo a melhor suportar a intervenção dos utilizadores nos processos de limpeza de dados. Propomos que os grafos de limpeza de dados contenham: (i) restrições de qualidade de dados para ajudar os utilizadores a identificar os pontos do grafo e os registos que necessitam da sua atenção; e (ii) correctores manuais de dados que representem a maneira como os utilizadores podem introduzir o conhecimento necessário para limpar manualmente alguns registos de dados.**

Palavras-chave: limpeza de dados, transformação de dados, restrições de integridade, bases de dados relacionais.

I. INTRODUÇÃO

Os processos de limpeza de dados e ETL (*Extract-Transform-Load*) são normalmente modelados como *workflows* ou grafos de transformações de dados. Actualmente, existe uma grande variedade de ferramentas comerciais que suportam a especificação e execução desses grafos. Algumas foram construídas especificamente com esse propósito, tal como a Talend[1] ou Informatica[2]. Outras são extensões de Sistemas de Gestão de Bases de Dados Relacionais (SGBDR), tal como o SQL Server 2008 Integration Services[3].

A lógica subjacente aos processos de limpeza de dados reais envolve usualmente alguma complexidade. Estes processos envolvem muitas vezes dezenas de transformações de dados que são implementadas, por exemplo, por operadores pré-definidos da ferramenta ETL ou de limpeza de dados, por instruções SQL, ou código procedimental. Em adição, estes processos têm que tratar grandes quantidades de dados de entrada. Assim sendo, tal como mencionado em [1], em geral, não é fácil conceber um grafo de transformações de dados capaz de produzir dados correctos de acordo com os requisitos específicos à limpeza de dados. Isto acontece por duas razões fundamentais: (i) as transformações de dados individuais que consideram todos os possíveis problemas de qualidade de dados são difíceis de escrever; e/ou (ii) não é sempre possível conseguir uma solução completamente automática que cumpra os requisitos de qualidade. A primeira razão implica que a lógica subjacente a cada transformação individual necessita frequentemente de refinamentos, em particular quando o processo de limpeza de dados é executado sobre uma nova remessa de dados. Assim, é importante que os utilizadores responsáveis por executar o processo de limpeza de dados tenham suporte adequado para afinar as transformações de dados. A segunda razão implica que, em geral, uma parte do trabalho de limpeza tenha que ser executada manualmente. Deste modo, é importante que seja também suportado o envolvimento do utilizador nesta actividade. Neste artigo, denotamos de *afinação de transformações de dados* o primeiro tipo de acção sobre um processo de limpeza de dados, e de *correcção manual de dados* o segundo.

O problema que se coloca é que, quando se utiliza uma ferramenta ETL ou de limpeza de dados, os resultados intermédios obtidos após a aplicação das transformações de dados individuais não estão normalmente disponíveis para inspecção ou eventual correcção manual. De facto, a saída de uma transformação de dados é directamente direccionada para a entrada da (ou das) transformação (ões) que se segue(m) no grafo. A solução que propomos para este problema é suportar a especificação dos pontos no grafo de transformações de dados onde os resultados intermédios têm que estar acessíveis, em conjunto com as restrições de qualidade que estes dados devem obedecer se as transformações de dados que os precedem no grafo transformarem correctamente todos os registos de dados tal como esperado. Dado que a atribuição de culpa é crucial para identificar onde está o problema, os registos responsáveis pela violação das restrições de qualidade são assinalados. Esta informação é útil tanto para afinar as transformações de dados que não tratam os dados tal como esperado como para executar a limpeza manual dos registos que não são tratados automaticamente pelas transformações de dados.

Enquanto a afinação de transformações de dados exige algum conhecimento sobre a lógica do processo de limpeza, é útil que as acções de correcção manual de dados sejam também levadas a cabo de forma "caixa-preta", por exemplo por utilizadores finais das aplicações. Tal como já foi defendido no contexto de Extracção de Informação [2], em muitas situações, os consumidores de dados finais têm conhecimento acerca do modo como os registos rejeitados devem ser tratados e podem

[1] http://www.talend.com
[2] http://www.informatica.com
[3] http://www.microsoft.com/sqlserver/2008/en/us/interation.aspx

tId	Full Name	tName
1	Luis Carriço	Carriço, L.
2	André Leal Santos	Santos, A. L.
3	André Santos	Santos, A.
4	Antónia Lopes	Lopes, A.
5	Marco Sá	Sá, M.
6	Carlos Teixeira	Teixeira, C.

Figura 1. Tabela `Team`.

assim contribuir com o seu conhecimento para o programa de limpeza de dados. A nossa proposta é que a pessoa que desenvolve o processo de limpeza de dados tenha a capacidade para especificar, em determinados pontos do grafo de transformações de dados onde os resultados intermédios estejam acessíveis, o modo como o utilizador pode introduzir o conhecimento que é necessário para limpar manualmente alguns registos de dados. Esta característica pretende atingir dois objectivos diferentes: guiar o esforço do utilizador que está a executar o processo de limpeza (ainda que ele/ela tenha algum conhecimento sobre a lógica subjacente), e para suportar a integração do conhecimento dos utilizadores que são apenas consumidores de dados.

A. Contribuição

A principal contribuição deste artigo é a introdução do conceito de grafo de limpeza de dados, que é uma primitiva que suporta a modelação de processos de limpeza de dados e define explicitamente onde e como o conhecimento do utilizador é esperado bem como quais os dados que devem ser inspeccionados pelo utilizador.

B. Organização do artigo

O artigo encontra-se organizado do seguinte modo. A Secção II introduz um exemplo de motivação. Na Secção III, explicamos a visão geral da nossa abordagem. A Secção IV detalha a nossa proposta, em particular define a noção de grafo de limpeza de dados. Na Secção V, apresentamos o trabalho relacionado e na Secção VI resumimos as conclusões.

II. MOTIVAÇÃO

Hoje em dia, a existência de informação sobre o impacto e relevância dos resultados de investigação é de grande importância. De facto, a análise do número de citações das publicações é frequentemente usada como meio para avaliar indivíduos e instituições de investigação. Existem várias ferramentas acessíveis on-line cujo objectivo é retornar as citações para uma determinada pessoa (por exemplo, Google Scholar[4] e CiteSeer[5]). Ferramentas mais completas, tais como a Microsoft Academic Search[6], também fornecem os valores de algumas métricas de citações como o g-index [3] e h-index [4].

Embora estas ferramentas sejam muito úteis e poderosas, não são suficientes quando o objectivo em jogo é a avaliação do desempenho em termos de resultados de investigação de um grupo de pessoas – grupos, laboratórios, instituições de investigação, ou mesmo países. Neste caso, são necessários cálculos adicionais após agrupar a informação acerca das publicações dos indivíduos. Em adição, é necessário lidar com alguns problemas de qualidade de dados, nomeadamente aqueles relacionados com a existência de homónimos (diferentes investigadores que usam o mesmo nome) e sinónimos (diferentes variantes do mesmo nome).

Consideremos então que a informação necessária para calcular as métricas de desempenho de investigação para uma dada equipa foram coleccionadas numa base de dados constituída pelas tabelas `Team` e `Pub`, tal como ilustradas nas Figuras 1 e 2 (este exemplo é uma simplificação da base de dados real usada no sistema CIDS [5]). A tabela `Team` foi preenchida manualmente com informação correcta acerca dos membros da equipa. A tabela `Pub` guarda a informação sobre as citações dos membros da equipa que foi obtida como resultado a interrogações colocadas ao Google Scholar.

A relação existente entre as duas tabelas, estabelecida através da chave estrangeira `tId`, associa todas as publicações e informação correspondente a um membro da equipa. Contudo, esta associação pode não estar correcta, em particular devido à existência de homónimos. No nosso exemplo, o membro na tabela `Team` com o nome *"Luis Carriço"* refere-se a um colega nosso na FCUL, e o registo com `pId` 4 da tabela `Pub` não diz respeito, de facto, a uma publicação sua, mas sim a uma publicação de um seu homónimo. Outro problema de qualidade de dados que afecta as duas tabelas é a grande quantidade de variantes que os nomes de autores admitem, especialmente aqueles que contêm letras com acentos ou caracteres especiais. Por exemplo, os registos de `Pub` na Figura 2 contêm dois sinónimos de *"Carriço, L."*: *"Carrico, L."* e *"Carri{c{c}}o, L."*, e três sinónimos de *"Sá, M."*: *"de Sa, M."*, *"Sa, M."* e *"S{\\' a}, M."*.

Claramente, o cálculo de indicadores de desempenho de investigação fiáveis para um grupo de investigadores implica pôr em marcha um processo de limpeza de dados que, entre outras coisas, seja capaz de tratar os problemas de sinónimos e homónimos referidos atrás. A tabela `Team` pode ser usada como referência para identificar e corrigir estes problemas Os procedimentos considerados como estado da arte para resolver sinónimos são baseados na utilização de técnicas de emparelhamento aproximado de cadeias de caracteres (*approximate string matching*) [6]. Nomes como *"Carriço, L."* no tuplo 1 da tabela `Team` e *"Carrico, L."* no tuplo 2 da tabela `Pub` podem ser facilmente detectados como duplicados aproximados. Contudo, também pode acontecer que estes procedimentos encontrem vários nomes considerados correctos para o mesmo nome da autor. Por exemplo, *"Santos, A."* e *"Santos, A. L."* são os nomes de dois membros da equipa e ambos emparelham com o nome de autor *"Santos, A. L."* encontrado no campo `authors` do tuplo 5 da tabela `Pub`. Por outras palavras, os dois pares de nomes *("Santos, A.", "Santos, A. L.")* e *("Santos, A. L..", "Santos, A. L.")* são suficientemente semelhantes para que ambas as entradas da tabela `Team` sejam consideradas como possíveis candidatos de nomes de membros da equipa para *"Santos, A. L."*. O problema que resta resolver é qual dos dois escolher, ou decidir se nenhum deles corresponde de facto ao individuo *"Santos , A. L."*. Dada a informação disponível, consideramos que este tipo de conhecimento do domínio só pode ser trazido por um utilizador que esteja ciente dos membros da equipa e do seu

[4] http://scholar.google.com/
[5] http://citeseer.ist.psu.edu/
[6] http://academic.research.microsoft.com/

pId	tId	title	authors	year	event	link	cits	citsNs
1	1	Users and usage driven adaptation of digital talking books	Duarte, C. and Carri{\c{c}}o, L.	2005	International Conference on Human Computer Interaction	scholar?cluster=17494767326604985714	12	2
2	1	Ubiquitous Psychotherapy	Sa, M. and Carrico, L. and Antunes, P.	2007	IEEE Pervasive Computing	scholar?cluster=17926891015808149598	10	1
3	1	Ubiquitous Psychotherapy	de Sa, M. and Carrico, L. and Antunes, P.	2007	IEEE Pervasive Computing	scholar?cluster=7857184169753406012	9	6
4	1	Reduction of the 2, 4, 6-trichloroanisole content in cork stoppers using gamma radiation	Pereira, C. and Gil, L. and Carrico, L.	2007	Radiation Physics and Chemistry	scholar?cluster=7369389612736854711	15	5
5	2	Managing duplicates in a web archive	Gomes, D. and Santos, A. L. and Silva, M. J.	2006	ACM Symposium on Applied Computing	scholar?cluster=12453222090111 3154	17	9

Figura 2. Tabela `Pub`.

trabalho de investigação. O valor de semelhança sintáctica que existe entre os dois pares de cadeias de caracteres não é suficiente para que a decisão possa ser tomada automaticamente.

A detecção de homónimos no contexto de nomes de pessoas tem sido objecto de investigação activa. Por exemplo, Kang et al [7] demonstraram que a detecção de homónimos entre nomes de autores pode beneficiar de conhecimento acerca da co-autoria. Se a informação acerca de co-autores para um dado autor estiver disponível, então pode ser aplicado um algoritmo de *clustering* com o objectivo de colocar dentro do mesmo *cluster* os nomes de autores que partilham uma certa quantidade de co-autores. Em principio, os nomes de autores que pertencem ao mesmo *cluster* correspondem muito provavelmente à mesma entidade do mundo real. O problema que persiste é como obter informação correcta sobre a co-autoria. Claramente, os métodos automáticos para calcular esta informação a partir das publicações também estão sujeitos ao problema dos homónimos e, assim sendo, a informação produzida não é precisa [7]. Neste caso, acreditamos que a circularidade do problema só pode ser quebrada envolvendo o utilizador na limpeza da informação sobre co-autoria que foi automaticamente obtida.

III. ABORDAGEM PROPOSTA

O exemplo que acabámos de apresentar mostra a importância de ser capaz de transformar e limpar dados automaticamente ao mesmo tempo que são empregues os esforços do utilizador de forma eficiente para colmatar os problemas que não foram possíveis tratar automaticamente. Neste artigo, propomos uma maneira de incorporar o envolvimento do utilizador nestes processos e apresentar uma primitiva de modelação – o *grafo de limpeza de dados*, que suporta a descrição de processos de limpeza de dados concebidos tendo em conta o envolvimento do utilizador.

Um grafo de limpeza de dados consiste num grafo de transformações de dados, tal como usado, por exemplo em [8] e [9]. A saída de cada transformação é explicitamente expressa e associada a uma restrição de qualidade. A restrição especifica os critérios que os dados produzidos pela transformação devem obedecer e o seu propósito é chamar a atenção do utilizador para os problemas de qualidade nos dados produzidos pela transformação.

Por exemplo, a Figura 3 mostra um excerto de um grafo de limpeza de dados que foi concebido para limpar a tabela `Pub` de modo que a tabela de saída, `CleanPub`, tenha só publicações cujos autores são membros da equipa, ou seja, constam da tabela `Team`. Neste grafo de limpeza de dados, a saída da transformação `T3` está sujeita à restrição de qualidade `unique(aId, title)`. Isto acontece porque, neste ponto, a ideia é ter, no máximo, um membro da equipa a emparelhar com cada autor de uma publicação em `Pub`. Dado que a transformação `T3` aplica uma função de semelhança para decidir se dois nomes (um da tabela `Pub` e o outro da tabela `Team`) são o mesmo, pode acontecer que alguns dados produzidos por `T3` violem esta restrição. Por exemplo, dada a função de semelhança invocada em `T3` e os correspondentes valores limites impostos, na nossa realização do grafo de limpeza de dados, ambos os membros da `Team` *"Santos, A."* e *"Santos, A.L."* são detectados como semelhantes ao autor da tabela `Pub` *"Santos, A.L."* e esta situação causa a violação da restrição de qualidade. A restrição de qualidade vai chamar a atenção ao utilizador para os tuplos culpados pela violação.

Adicionalmente, o grafo de limpeza de dados inclui a especificação dos pontos em que as correcções manuais dos dados podem ter lugar. O objectivo desta facilidade é guiar a intervenção do utilizador (utilizadores finais, inclusivé). Sendo assim, é importante definir quais os registos de dados que podem ser sujeitos às modificações manuais e como. Só consideramos acções para reparar dados que podem ser aplicadas sobre registos de dados individuais. Identificámos três tipos de acções como úteis: remover um tuplo, inserir um tuplo, e modificar os valores de um certo atributo de um tuplo.

Consideremos novamente a violação da restrição associada à saída da transformação T3 causada pelos pares de cadeias de caracteres *("Santos, A. L."; "Santos, A. L."), ("Santos, A. L."; "Santos, A.")*. Dado que, neste caso, não foi identificado nenhum procedimento automático que seja capaz de decidir qual das duas cadeias de caracteres emparelhadas é a correcta (se existir alguma), a opinião do utilizador foi incorporada no grafo de limpeza sob a forma de um *corrector manual de dados*. O corrector manual de dados `CMD3`, associado a `R3`, consiste numa possível acção de remoção. Esta acção é aplicada aos tuplos produzidos por uma vista que projecta os atributos de `R3 aId`, `aName`, `tName`, e `title` e que inclui só os registos que são culpados pela violação da restrição. Neste exemplo, a vista projecta quase todos os atributos da relação mas podíamos usar a vista para excluir informação não relevante e, deste modo, limitar a quantidade de informação que o utilizador tem de processar para decidir quais os correctores manuais de dados a aplicar. No caso dos dois tuplos que violam `RQ3`, o utilizador pode ser suficientemente hábil

para ser capaz de decidir sobre eles sem ter que analisar qualquer outra relação do grafo (de facto, esta é a razão pela qual o título da publicação foi propagado até `R3`). O utilizador pode então apagar um dos tuplos gerados por T3 que está envolvido na violação de `RQ3` – o tuplo com título "*Managing duplicates in a web archive"* e `aName` *"Santos, A."*. Ao remover este tuplo, o utilizador especifica que o autor *"Santos, A. L."* da publicação correspondente é o membro da equipa com o nome *"Santos, A. L."*.

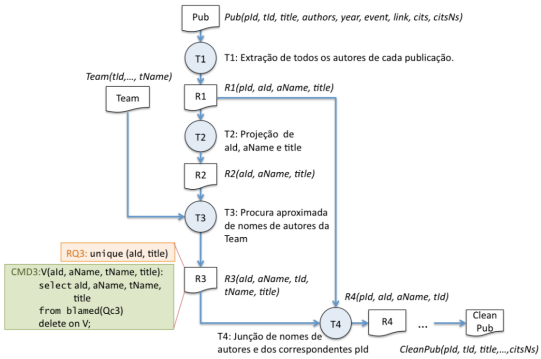


Figura 3. Excerto do grafo de limpeza de dados para limpar a tabela `Pub`.

IV. GRAFO DE LIMPEZA DE DADOS

Nesta secção, apresentamos o conceito de *grafo de limpeza de dados* – a primitiva de modelação que propomos para descrever o processo de limpeza de dados.

Terminologia. Considera-se um conjunto R de nomes de relações e, para cada $R \in \mathsf{R}$ um esquema de relação *sch(R)* é constituído por um conjunto ordenado $A_1, \ldots, A_n$ de nomes de atributos. Escreve-se $R(A_1, \ldots, A_n)$. Dado um esquema de relação $S = A1, \ldots, An$, um S-tuplo t é um elemento de $Dom(A_1)$ X ... X $Dom(A_n)$. Uma instância de uma relação R é um conjunto finito de *sch(R)*-tuplos. Também consideramos um conjunto T de transformações de dados. Uma transformação de dados $T \in \mathsf{T}$ consiste num conjunto ordenado $\mathbf{I}_T$ de esquemas de relação de entrada, um esquema de relação de saída $\mathbf{O}_T$ e uma função total que mapeia uma sequência de $\mathbf{I}_T$-tuplos em $\mathbf{O}_T$-tuplos. Define-se *aridade(T)* como sendo o número de esquemas em $\mathbf{I}_T$ e $\mathbf{I}^i_T$ como sendo o *i*-ésimo elemento de $\mathbf{I}_T$. Se G é um grafo acíclico directo (*DAG – Direct Acyclic Graph*), usamos *nodes(G)* e *edges(G)* para denotar o conjunto de nós e arestas. Adicionalmente, usamos $\bullet n$ e $n \bullet$ para denotar respectivamente, os conjuntos $\{m: (m, n) \in edges(G)\}$ e $\{m: (n, m) \in edges(G)\}$. Também usamos $\leq_G$ para denotar a ordem parcial nos nós de G, ou seja, $n \leq_G m$ se e só se existe um caminho directo de n para m em G.

A noção de grafo de limpeza de dados assenta na noção de grafo de transformações de dados introduzida em [9]. Estes grafos foram concebidos para dados relacionais e incluem transformações de dados que variam de operadores relacionais e extensões (como o operador mapper formalizado em [10]) a código procedimental. A ordem parcial $\leq_G$ sobre os nós do grafo G dita parcialmente a ordem de execução das transformações de dados no processo. As transformações de dados não comparáveis podem ser executadas em qualquer ordem ou até em simultâneo.

Um grafo de limpeza de dados é um DAG, onde os nós correspondem a transformações de dados ou relações, e as arestas ligam relações (de entrada e saída) a transformações de dados. De modo a suportar o envolvimento do utilizador no processo de limpeza de dados, extendemos a noção de grafos de transformações de dados com dois tipos de etiquetas: restrições de qualidade e correctores manuais de dados. Por um lado, uma relação R num grafo de limpeza está sujeita a uma restrição que expressa um *critério de qualidade de dados*. Se a restrição é violada, significa que existe um conjunto de tuplos na instância corrente da relação R que necessita de ser inspeccionado pelo utilizador. As restrições de qualidade podem incluir restrições tradicionais desenvolvidas no âmbito de desenho de esquema, tais como dependências funcionais e de inclusão, bem como restrições desenvolvidas para limpeza de dados, tais como dependências funcionais condicionais [11]. A linguagem específica usada para especificar restrições de integridade não tem importância no contexto deste artigo. Assumimos simplesmente uma linguagem fixa $\mathsf{L}(\{R_1, \ldots, R_n\})$ para exprimir restrições sobre um conjunto de relações com a sua semântica definida em termos de uma relação $\models$ entre instâncias de $\{R_1, \ldots, R_n\}$ e frases de $\mathsf{L}(\{R_1, \ldots, R_n\})$. Contudo, limitamos as restrições de qualidade a serem monótonas do mesmo modo que é tornado explicito na definição que se segue abaixo (semelhante ao que foi definido em [12]).

Por outro lado, cada relação R num grafo de limpeza também está associada a um conjunto de *correctores manuais de dados*. Grosso modo, estes representam as acções que podem ser executadas pelo utilizador sobre as instâncias dessa relação de modo a corrigir alguns problemas de qualidade, tipicamente postos em evidência por uma ou mais restrições de qualidade que etiquetam essa relação ou uma relação "à frente" no grafo. Algumas das acções consideradas relevantes para corrigir manualmente os dados são: (i) a remoção de um tuplo; (ii) a inserção de um tuplo; e (iii) a actualização dos valores de um atributo (outras acções podem ser adicionadas se necessário, sem aumentar a complexidade). Para conveniência do utilizador (em particular, se se tratar do utilizador final), pode ser útil filtrar a informação disponível em R. Por essa razão, considerámos que as acções de correcção de dados manuais são definidas sobre vistas actualizáveis (*updatable views*) de R. Não é importante neste artigo o modo como as vistas actualizáveis são definidas, Estas podem ser desde expressões SQL até lentes relacionais (*relational lenses* [13]).

Definição 2.1: Um *Corrector Manual de Dados m* sobre uma relação *R(A1, ..., An)* consiste num par *<view(m), action(m)>*, onde *view(m)* é uma vista actualizável sobre R e *action(m)* é uma das acções que pode ser executada sobre *view(m)*:

action ::= **delete** | **insert** | **update** A_i

No caso em que a acção é **update** A_i, usamos *attribute(m)* para referir A_i. No resto do artigo, usamos *cmd* como abreviatura de corrector manual de dados.

Definição 2.2: Um *grafo de limpeza de dados* G para um conjunto de relações de entrada R_I e um conjunto de relações de saída R_O é um grafo acíclico directo etiquetado:

$$<G,<\mathsf{Q}, \mathsf{M}>>$$

tal que

- *nodes(G)* $\subseteq \mathsf{R} \cup \mathsf{T}$. Denotamos por *rels(G)* e *trans(G)* o conjunto de nós de *G* que são, respectivamente, relações e transformações de dados.
- $R_I \cup R_O \subseteq rels(G)$.
- $n \in R_I$ se e só se $\bullet n = \phi$ e $n \in R_O$ se e só se $n\bullet = \phi$ e $\bullet n \neq \phi$.
- Se $(n, m) \in edges(G)$, então ($n \in \mathsf{R}$ e $m \in \mathsf{T}$) ou ($n \in \mathsf{T}$ e $m \in \mathsf{R}$).
- Se $T \in trans(G)$ então $\mathbf{I}_T$ é igual a $\{sch(R) : R \in \bullet T\}$ e $\mathbf{O}_T$ é igual a $\{sch(R) : R \in T\bullet\}$.
- Se $R \in rels(G)$ então $\bullet R$ tem no máximo um elemento.
- Q é uma função que atribui a qualquer $R \in rels(G)$ uma restrição de qualidade sobre o conjunto de relações atrás de *R* em *G* ou em R_I, ou seja, $\mathsf{Q}(R) \in \mathsf{L}(R_I \cup \{R' \in rels(G) : R' \leq_G R\})$ tal que $\mathsf{Q}(R)$ é monótona com respeito a *R*, isto é, dado um conjunto de instâncias de relação que satisfazem $\mathsf{Q}(R)$, a remoção de um número arbitrário de tuplos da instância de *R* não afecta a satisfação de $\mathsf{Q}(R)$.
- M é uma função que atribui a todo $R \in rels(G)$, um conjunto de correctores manuais de dados sobre *R*.

As condições impostas nos grafos de limpeza de dados (gld, abreviadamente) asseguram que: (i) R_I e R_O são de facto relações de entrada e de saída do grafo; (ii) as relações estão sempre ligadas através de transformações de dados; (iii) os esquemas de entrada e saída de uma transformação de dados são aqueles determinados pelos seus nós predecessores e sucessores imediatos no grafo; (iv) as instâncias de uma relação no grafo resultam, no máximo, de uma transformação de dados; (v) as restrições de qualidade sobre uma relação no grafo só podem referir relações que estão em R_I ou atrás daquele nó no grafo e têm que ser monótonas com respeito à relação do nó. Esta última condição é necessária para assegurar que as restrições de qualidade podem ser avaliadas imediatamente depois dos dados da relação serem produzidos, ou seja, não depende de dados que são produzidos mais tarde, por transformações mais à frente no grafo. Esta situação é particularmente útil quando, no processo de afinação de uma transformação em particular, é importante verificar imediatamente a restrição de qualidade sobre o resultado sem ter que re-executar o grafo todo.

O exemplo da Figura 3 ilustra a noção de gld, fazendo uso principalmente de SQL para expressar restrições e vistas actualizáveis. As relações de entrada deste gld são `Team` e `Pub` e existe uma única relação de saída, `CleanPub`. Na parte do grafo que é mostrada, podemos ver que o nó `R3` se encontra etiquetado com a restrição de qualidade `unique(aId, title)`. Não é dificil de concluir que esta é de facto uma restrição monótona sobre as relações $\leq_G R$. Adicionalmente, a função M deste gld atribui ao nó `R3` um único corrector manual de dados, `CMD3`, que consiste na vista `V3` definida sobre `R3` e que retorna só os tuplos culpados pela violação de `RQ3` e a acção **delete**.

Enquanto a definição de um cmd para resolver a violação de uma restrição de qualidade de dados de uma relação tem como vantagem suportar o envolvimento do utilizador em modo "caixa-preta" (ou seja, não necessitando de qualquer conhecimento sobre o processo de limpeza de dados), tal não é sempre possível ou mesmo necessário. Em muitas situações, é expectável que a pessoa que executa o processo de limpeza conheça a lógica subjacente, leve a cabo as correcções manuais, e ainda afine as transformações de dados. Nestas situações, a pessoa que desenvolve o processo de limpeza de dados pode definir cmd que, embora necessitem do conhecimento da lógica alto nível do processo de limpeza, facilitem ainda a tarefa para aqueles que o vão executar sobre grandes quantidades de dados sujos.

V. TRABALHO RELACIONADO

A. *Tratamento de erros em ferramentas ETL e de limpeza de dados*

Em geral, a tecnologia de ETL e limpeza de dados existente suporta a noção de ficheiro de *log* associado à execução de um fluxo de transformações de dados. A pessoa que desenvolve pode especificar que os registos de entrada que não são tratados por alguns operadores pré-definidos devem ser escritos para um ficheiro de *log*. O conteúdo deste ficheiro pode ser analisado pelo utilizador mais tarde. Contudo, nestas ferramentas, não existe suporte para integrar o conhecimento do utilizador sobre os dados guardados nestes ficheiros no fluxo das transformações de dados. Em algumas ferramentas (por exemplo, o SQL Server Integration Services), é possível ultrapassar parcialmente esta limitação ao especificar explicitamente um fluxo de saída de erros para alguns operadores. Os registos inseridos neste fluxo podem ser analisados mais tarde pelo utilizador ou considerados como entrada de outros operadores.

O suporte para tratamento de erros foi investigado no contexto de limpeza de dados nos protótipo de limpeza AJAX [9] e ARKTOS [14] através das noções de *excepção* e *rejeição*, respectivamente. As duas noções são semelhantes, pois consistem em tuplos de entrada que não são adequadamente tratados automaticamente por uma dada transformação de dados. Contudo, estas noções não providenciam o suporte adequado que acreditamos que deve existir ao nível da modelação de processos de limpeza de dados. Por exemplo, as excepções do AJAX assentam sobre a tecnologia relacional para detectar violações de restrições de integridade. Assim, em muitas situações, não é possível prever quais os tuplos que vão ser identificados como excepções pois tal dependerá da ordem pela qual os tuplos de entrada da transformação serão

processados. O tuplo exacto que vai ser considerado excepção parece, da perspectiva de um observador externo, não ser deterministicamente escolhido.

B. Conhecimento do utilizador

A integração do conhecimento do utilizador tem sido considerada útil em várias tarefas automáticas. Por exemplo, um programa de extracção de informação tem como objectivo recuperar informação de várias fontes de dados, integrá-la e popular estruturas de dados. Estes programas cometem frequentemente erros e produzem dados com erros. Neste contexto, o conhecimento do utilizador torna-se útil para melhorar os resultados obtidos. Chai et al [2] propuseram uma solução para incorporar o conhecimento do utlizador final em programas de Extracção de Informação. Analogamente, nós propomos uma maneira de especificar os pontos exactos no grafo de transformações de dados onde o utilizador pode introduzir o seu conhecimento para melhorar a qualidade dos dados produzidos. Em adição, limitamos a quantidade de informação que o utilizador pode visualizar e fornecemos assistência na modificação manual dos dados.

C. Correctores de dados (data repairs)

Em [15], Cong e colegas propõem um framework para limpeza de dados que suporta algoritmos para descobrir correctores para uma base de dados e um método estatístico para garantir a precisão dos correctores obtidos. A noção de tuplos culpados pela violação de uma restrição de qualidade introduzida neste artigo é baseada neste conceito de corrector da base de dados (considerando que as operações de correcção estão limitadas à remoção de tuplos). Consideramos como culpados pela violação de uma restrição de qualidade de dados associada a uma relação aqueles tuplos da instância da relação que pertencem a algum corrector da base de dados.

Mais recentemente, [16] propôs um sistema para guiar a reparação de dados. O sistema envolve explicitamente o utilizador no processo de verificação dos correctores de dados automaticamente produzidos pelos algoritmos introduzidos em [15]. Neste artigo, pretendemos alcançar o mesmo objectivo: minimizar o esforço do utilizador quando o seu conhecimento é introduzido num processo de limpeza de dados. Porém, ao contrário destes autores, não propomos nenhum método para agrupar ou ordenar os tuplos que violam restrições de qualidade de acordo com um determinado critério. Tal é objecto de trabalho futuro.

VI. CONCLUSÕES

Neste artigo, endereçámos o problema de integrar o conhecimento do utilizador num processo automático de limpeza de dados. Propusemos a noção de *restrição de qualidade de dados* que pode ser associada a qualquer uma das relações produzidas por transformações de dados num gld. O propósito destas restrições é chamar a atenção do utilizador para os registos que as violam. Propusemos também que os gld especifiquem *correctores manuais de dados*, que podem ser considerados, até certo ponto, como formulários *wizard-based* que limitam a quantidade de informação que pode ser visualizada e modificada. Foram levadas a cabo algumas experiências preliminares com um conjunto de dados real de tamanho limitado, que demonstram as vantagens da nossa aproximação. Por razões de espaço, direccionamos o leitor interessado para [17].

REFERÊNCIAS

[1] E. Rahm and H. H. Do, "Data cleaning: problems and current approaches", IEEE Data Eng. Bull., vol. 23, no 4, pp. 3-13, 2000.

[2] X. Chai, B.-Q. Vuong, A. Doan, and J. F. Naughton, "Efficiently incorporating user feedback into information extraction and integration programs", SIGMOD Conference, pp. 87-100, 2009.

[3] L. Egghe, "Theory and practise of the g-index", Scientometrics, vol. 69, no. 1, pp. 131-152, 2006.

[4] J. Hirsch, "An index to quantify an individual's scientific research output", Proceedings of the National Academy of Sciences, 2005.

[5] F. M. Couto, C. Pesquita, T. Grego, and P. Verissimo, "Handling self-citations using Google Scholar", International Journal of Scientometrics, Informetrics and Bibliometrics, vol. 13, no. 1, 2009.

[6] P. A. V. Hall and G. R. Dowling, "Approximate string matching," ACM Comput. Surv., vol. 12, no. 4, pp. 381–402, 1980.

[7] I.-S. Kang, S.-H. Na, S. Lee, H. Jung, P. Kim, W.-K. Sung, and J.-H. Lee, "On co-authorship for author disambiguation," Inf. Process. Manage., vol. 45, no. 1, pp. 84–97, 2009.

[8] A. Simitsis, P. Vassiliadis, M. Terrovitis, and S. Skiadopoulos, "Graph-based modeling of etl activities with multi-level transformations and updates," in DaWaK, 2005, pp. 43–52.

[9] H. Galhardas, D. Florescu, D. Shasha, E. Simon, and C.-A. Saita, "Declarative data cleaning: Language, model, and algorithms," in VLDB, 2001, pp. 371–380.

[10] P. Carreira, H. Galhardas, A. Lopes, and J. Pereira, "One-to-many data transformations through data mappers," Data Knowl. Eng., vol. 62, no. 3, pp. 483–503, 2007.

[11] W. Fan, F. Geerts, and X. Jia, "Conditional dependencies: A principled approach to improving data quality," in BNCOD, 2009, pp. 8–20.

[12] O. Maimon and L. Rokach, Eds., The Data Mining and Knowledge Discovery Handbook. Springer, 2005.

[13] A. Bohannon, B. C. Pierce, and J. A. Vaughan, "Relational lenses: a language for updatable views," in PODS '06: Proceedings of the twenty-fifth ACM SIGMOD-SIGACT-SIGART symposium on Principles of database systems. New York, NY, USA: ACM, 2006, pp. 338–347.

[14] P. Vassiliadis, A. Simitsis, P. Georgantas, M. Terrovitis, and S. Ski adopoulos, "A generic and customizable framework for the design of etl scenarios," Inf. Syst., vol. 30, no. 7, pp. 492–525, 2005.

[15] G. Cong, W. Fan, F. Geerts, X. Jia, and S. Ma, "Improving data quality: Consistency and accuracy," in VLDB, 2007, pp. 315–326.

[16] M. Yakout, A. K. Elmagarmid, J. Neville, and M. Ouzzani, "Gdr: a system for guided data repair," in SIGMOD Conference, 2010, pp. 1223– 1226.

[17] H. Galhardas, A. Lopes, and E. Santos, "Support for user involvement in data cleaning applications," Faculty of Sciences, University of Lisbon, DI/FCUL TR 2010-03, 2010, URL http://hdl.handle.net/10455/6674.

ObsCount – uma nova forma de contabilizar episódios obstétricos

Bernardo Marques[1,2], Tiago Silva-Costa[1,2], Fernando Lopes[1,2], Alberto Freitas[1,2]
bmarques@med.up.pt, tcosta@med.up.pt, flopes@med.up.pt, alberto@med.up.pt
[1] Serviço de Bioestatística e Informática Médica da Faculdade de Medicina da Universidade do Porto, Al. Prof. Hernâni Monteiro, 4200 – 319, Porto, Portugal.
[2] CINTESIS – Centro de Investigação em Tecnologias e Sistemas de Informação em Saúde, Al. Prof. Hernâni Monteiro, 4200 – 319, Porto, Portugal.

Resumo — **Os dados administrativos assumem grande importância na administração de serviços de saúde. É sobre estes conjuntos de dados que se processa o financiamento hospitalar e a contratualização entre os hospitais e as administrações regionais de saúde. É também sobre estes dados que se calculam indicadores que descrevem a qualidade de cuidados e medem a produção hospitalar. Em particular, a variável Grupo de Diagnóstico Homogéneo (GDH) assume um papel preponderante, pois é com base nos seus códigos que se têm distinguido/seleccionado vários tipos de episódios como, por exemplo, os obstétricos. Uma vez que o agrupamento de episódios de internamento em GDH se baseia na informação de um conjunto de variáveis, possíveis problemas de codificação e de qualidade de dados, a elas associados, podem influenciar o resultado do agrupamento. Neste artigo, procuramos evidenciar alguns destes problemas associados a episódios obstétricos, tendo como principal objectivo alertar para a possibilidade de se perder alguma informação, quando se contabilizam estes episódios apenas com base nos códigos GDH. Como resultado, apresenta-se uma nova abordagem para a contabilização destes episódios e para o cálculo de indicadores, aplicados a esta especialidade médica, concretizada no algoritmo ObsCount.**

Palavras-chave: GDH; qualidade de dados; dados administrativos; episódios de obstétricos; codificação clínica;

I. INTRODUÇÃO

As bases de dados hospitalares são, hoje em dia, a grande fonte de informação para os organismos administrativos e reguladores da saúde. Estes dados são utilizados por órgãos administrativos centrais, como a Administração Central do Sistema de Saúde (ACSS), por órgãos administrativos regionais, Administrações Regionais de Saúde (ARS) e, naturalmente, pelos próprios hospitais. A utilização destes dados, por parte de cada entidade, é realizada de acordo com a sua finalidade enquanto organismo. Os dados administrativos, em particular, assumem uma enorme importância neste âmbito, uma vez que é sobre eles que se baseia o financiamento hospitalar [1], o processo de contratualização [2] e o cálculo de inúmeros indicadores que descrevem a produção hospitalar. Estes dados são, normalmente, definidos como um grande conjunto de dados computorizados, com uma influência significativa na melhoria dos cuidados de saúde [3]. A sua obtenção não é muito dispendiosa, incluem, tipicamente, milhões de casos [4] e estão presentes em grande parte dos países. Este conjunto de dados, em Portugal, está em produção na plataforma "SONHO", desde 1989, e reúne conhecimento de valor inestimável, relativo aos 96 hospitais públicos do Serviço Nacional de Saúde (SNS).

As variáveis, presentes nesta base de dados, permitem, como já referido, calcular indicadores que medem a produção hospitalar. Estes indicadores, para além do uso interno, dado por cada hospital, assumem uma grande importância no processo de contratualização entre os hospitais e as respectivas ARS. Este processo baseia-se nos resultados dos indicadores para traçar objectivos para o ano seguinte, objectivos esses que os hospitais tentarão alcançar de forma a obterem o financiamento desejado. É, neste contexto, que a variável *Grupos de Diagnósticos Homogéneos* (GDH) assume grande relevância. Os GDH são um sistema de classificação de doentes agudos internados, criado na Universidade de Yale, nos anos 80, e que permite definir os produtos de um hospital [5-7]. Existem vários sistemas de agrupamento em GDH. O sistema usado presentemente em Portugal é o *All Patient Diagnoses Related Groups* (AP-DRG). Estes sistemas de classificação foram criados com o intuito de construir um sistema de pagamento prospectivo (SPP), que assenta no pressuposto de que, em média, os recursos consumidos pelos hospitais, no tratamento de doentes com as mesmas características, deverão ter custos semelhantes. Neste sentido, o SPP atribui uma quantia fixa, por cada doente, em cada GDH, e essa é a quantia paga aos hospitais, de acordo com a sua produção e, eventualmente, ajustado ao case-mix do hospital [8, 9]. Para agrupar os episódios de internamento em GDH é utilizada a informação das variáveis *diagnóstico principal*, *outros diagnósticos*, *procedimentos*, *sexo*, *idade*, *destino após alta* e *peso do recém-nascido*, sendo que os diagnósticos e os procedimentos são codificados pela International Classification of Diseases – 9th Revision – Clinical Modification (ICD-9-CM) [10, 11]. Esta é uma classificação que atribui códigos aos procedimentos e diagnósticos, associados aos episódios de internamento, e que é usada a nível internacional.

Como se percebe, existe uma forte dependência destes dados, produzidos pelos hospitais, a nível administrativo, em particular da variável GDH. Esta dependência obriga a uma atenção especial relativamente à qualidade destes dados. Existem inúmeros estudos de qualidade de dados, um pouco

por todo o mundo e em particular em Portugal, incidindo sobre este tipo de dados hospitalares [12-14]. Nestes estudos, foram já detectados problemas de qualidade que têm implicações, não só nas tomadas de decisão administrativas e no controlo da actividade hospitalar, como também em eventuais decisões clínicas assentes nesta informação. Em particular, os indicadores obstétricos, por exemplo, o total de partos, usam, para o cálculo, os episódios ocorridos, num determinado período, cujo agrupamento resulta num dos GDH de parto. Uma vez que os GDH dependem da informação presente nas variáveis enumeradas anteriormente, a falta de precisão, na inserção ou codificação dos episódios nas bases de dados, pode influenciar, por exemplo, o financiamento de um hospital.

Neste artigo, procura-se descrever alguns problemas inerentes ao facto de se considerar apenas o GDH como informação para contabilizar os episódios obstétricos, mais precisamente ao nível da auditoria da codificação clínica. Para além disso, e como objectivo principal, pretende-se alertar os utilizadores deste tipo de informação que, ao considerarem apenas o GDH para produzir indicadores e descrever a produção hospitalar, pode estar a perder-se muita informação importante, por exemplo, na contabilização de episódios de parto. Como resultado principal deste artigo, é proposta uma forma alternativa para o cálculo desses mesmos indicadores, concretizada no algoritmo ObsCount.

II. MÉTODOS

Como já referido neste artigo, a qualidade de dados associada aos dados administrativos pode significar enviesamentos nos indicadores hospitalares e nas tomadas de decisão administrativas e clínicas. É comum detectar problemas de qualidade de dados e problemas de codificação clínica em bases de dados administrativas. Estes problemas podem originar um código de GDH que não descreve, de forma precisa, a informação relativa ao respectivo episódio de internamento. Podem, ainda, ocorrer situações que, não podendo ser consideradas erros de codificação, nem problemas de qualidade de dados, originam um GDH não obstétrico, apesar de ter ocorrido um parto no respectivo episódio. Este tipo de problemas é difícil de descrever devido à complexidade das bases de dados e dos próprios episódios, pelo que não é exequível contabilizar todas as situações possíveis.

No sentido de perceber que tipo de problemas de codificação existem no conjunto de dados analisados, foi implementado um conjunto de regras que auditam os dados, relativamente a problemas de codificação em episódios de internamento. As regras implementadas constam no manual do Auditor [15], aplicação utilizada pelos hospitais, para avaliarem a codificação dos episódios, feita pelos médicos codificadores. No total, foram implementadas 23 regras referentes a problemas de codificação em episódios obstétricos. O desrespeito por estas regras poderá justificar a utilização de mais variáveis, para além do GDH, para a contabilização destes episódios.

Se, do ponto de vista financeiro, um hospital só é ressarcido pelos episódios obstétricos que tenham sido agrupados em GDH obstétricos, faz sentido que, para este fim, o total de partos seja contabilizado considerando apenas o GDH de cada episódio. Do ponto de vista estatístico, justifica-se um levantamento de todos os episódios que tenham originado um nascimento (nado vivo ou nado morto). Para tal, neste artigo, apresenta-se um algoritmo baseado num conjunto de regras de negócio, para tomar a decisão principal, ou seja, classificar os episódios como correspondendo a um episódio obstétrico ou não. As regras de negócio referidas são construídas com base no conhecimento de especialistas de codificação e nas informações/recomendações constantes no Livro da ICD-9-CM, e consideram a informação constante nas variáveis *GDH*, *diagnóstico principal*, *outros diagnósticos* e *procedimentos.* Desta forma, pretende-se tornar o cálculo mais sensível, de forma a abranger os episódios em que constam códigos de obstetrícia nos seus diagnósticos e procedimentos, mas não agrupam em GDH de parto. Em seguida, passamos a explicar o funcionamento do algoritmo e as regras de negócio construídas para o efeito.

O ObsCount é um algoritmo que, como já foi referido, compila a informação das variáveis *GDH*, *diagnóstico principal*, *outros diagnósticos* e *procedimentos*, para decidir se um determinado episódio corresponde a um parto. É importante referir que, ao todo, podem ser codificados até 30 procedimentos para o mesmo episódio, da mesma forma que podem ser codificados até 29 outros diagnósticos. Neste sentido, estas variáveis referem-se a um grupo de códigos e não a campos singulares. Este algoritmo é bastante simples na sua essência, apesar das regras que o constituem serem um pouco complexas. Basicamente, o ObsCount analisa separadamente cada uma das variáveis (*GDH* e *diagnóstico principal*) ou grupos de variáveis (*procedimentos* e *outros diagnósticos*) e constrói, para cada um, uma variável auxiliar. Nestas variáveis auxiliares, é guardada uma classificação que indica se os códigos avaliados, na respectiva variável ou grupo de variáveis, definem ou não um episódio de parto, de acordo com algumas condições predefinidas. Apresentamos, de seguida, as condições para a variável *diagnóstico principal* e variável auxiliar DIAGParto, que guarda as respectivas classificações. Para as restantes variáveis, as condições são construídas de forma semelhante, de acordo com as especificidades de cada uma.

- Se o diagnóstico principal for de gravidez, tendo o parto ocorrido durante o episódio de internamento, então a respectiva variável auxiliar guarda a classificação 10;
- Se o diagnóstico principal for de gravidez, mas com a parturiente a ter alta sem ter ocorrido o parto, então a respectiva variável auxiliar guarda a classificação 0;
- Se o diagnóstico principal for de gravidez, mas com o parto a ter ocorrido num episódio de internamento anterior ou antes do internamento no hospital, então a respectiva variável auxiliar guarda a classificação 0;
- Se o diagnóstico principal for de gravidez, mas não existe informação se o parto ocorreu ou não durante o episódio de internamento, então a respectiva variável auxiliar guarda a classificação 5;
- Se o diagnóstico principal for de interrupção da gravidez ou de gravidez inviável ou ectópica, então a respectiva variável auxiliar guarda a classificação -99;
- No caso de não ser nenhuma das condições anteriores, então a respectiva variável auxiliar guarda a classificação 0 (estes casos referem-se a episódios não obstétricos);

Após a obtenção das classificações, em cada uma das 4 variáveis auxiliares, para cada episódio, o algoritmo soma-as obtendo, como resultado, uma classificação final sobre a qual se baseará a decisão. Na versão preliminar do algoritmo, as classificações individuais de cada variável não distinguiam os episódios de interrupção da gravidez. Este tipo de episódios resultava com uma classificação igual aos episódios não obstétricos, ou seja 0, o que impedia a avaliação dos mesmos. Após os primeiros testes, decidimos incluir uma classificação para estes episódios, mas que fosse facilmente distinguida entre os restantes episódios obstétricos, daí a classificação -99.

Em suma, no final desta fase de processamento do algoritmo, a cada episódio está associada uma classificação final, que poderá assumir valores entre -396 e 40. Uma vez que, para cada variável auxiliar, está prevista a classificação -99, um dos resultados do ObsCount é a identificação de episódios de interrupção da gravidez. Estes são todos os episódios com classificação final -99 ou múltiplos (-198, -297 e -396). Todos os episódios, com classificação final 0, são declarados como sendo episódios não obstétricos, pois nenhuma das variáveis analisadas contém informação obstétrica. Todas as classificações negativas, excepto as que são múltiplas de -99, são declaradas como alertas para possíveis problemas de codificação. A justificação é simples: qualquer episódio só é classificado negativamente se, pelo menos uma das variáveis auxiliares classificar o episódio com -99, ou seja, interrupção da gravidez. Como, para estes casos, a classificação final não é múltipla de -99, pelo menos uma das variáveis auxiliares está a classificar o episódio positivamente, ou seja, existe informação da possível ocorrência de um parto no episódio. Claramente, estes episódios representam inconsistências na codificação das variáveis e, portanto, devem ser emitidos alertas para estes casos.

Relativamente às classificações finais que resultam positivas (> 0 e <= 40), temos a certeza que os episódios com classificação 40 são partos, isto porque, nestes casos, as 4 variáveis auxiliares estão em concordância. Para decidir em relação às restantes classificações finais positivas, foram realizados vários testes sobre uma base de dados com 1.258.678 episódios.

O principal objectivo desta fase de testes foi encontrar um limite, a partir do qual todos os episódios fossem declarados como parto. Após esta fase de testes, ficou claro que o *cutoff* mais indicado seria a classificação 20, ou seja, todos os episódios com classificação final maior ou igual a 20 são declarados como partos. As restantes classificações entre 0 e 20, são também declaradas como alertas para problemas de codificação. No entanto, estes alertas positivos não revelam inconsistências como os alertas negativos. Aliás, durante a fase de testes, os casos declarados como alertas positivos, foram alvo de avaliação criteriosa, tendo-se chegado à conclusão que alguns destes eram excepções às regras implementadas. Desta análise, resultaram algumas regras específicas para que estes casos fossem também declarados como episódios de parto. Um exemplo deste tipo de regras, construídas *a posteriori,* é o caso de episódios com diagnóstico principal 'V240', admissão após o parto (que aconteceu em casa ou a caminho do hospital), com produto de parto registado e código de procedimento de parto manual ou de cesariana. Estes episódios devem ser considerados como correspondendo a episódios de parto, no entanto, sem o recurso a esta regra específica, devido ao código de diagnóstico principal, este episódio teria uma classificação inferior a 20 e, portanto, não seria considerado, pelo algoritmo, como parto.

Em seguida, são descritos, para cada variável ou grupo de variáveis, os agrupamentos de códigos utilizados para construir as regras.

Os códigos de diagnóstico ICD-9-CM, considerados como definindo a existência de um episódio de parto, são todos os códigos entre 640 e 679.14, desde que o 5º dígito seja igual a 1 ou 2. Se, por outro lado, o 5º dígito for igual a 3, estes códigos correspondem a episódios com condição anteparto, ou seja, o episódio de parto não chegou a acontecer. Da mesma forma, se o 5º dígito for 4, trata-se de um episódio de internamento em que o parto ocorreu antes da admissão ou num episódio anterior, ou seja, é uma condição pós-parto. No caso do 5º dígito ser 0, o diagnóstico é de gravidez, mas não se sabe se o parto ocorreu ou não durante o episódio internamento em análise. Os códigos que definem uma gravidez inviável ou ectópica, são todos os códigos entre 630 e 633.91. Em relação aos episódios de interrupção da gravidez, foram considerados os códigos entre 634 e 639.9. Todos os outros códigos de diagnóstico são considerados como não obstétricos.

Considerámos como procedimentos obstétricos, ou seja, procedimentos que estão associados a episódios de parto, os seguintes códigos ICD-9-CM: 72.xx, 73.1, 73.22, 73.51, 73.59, 73.6, 73.8, 73.93, 73.94, 73.99, 74.0, 74.1, 74.2, 74.4, 74.99. Considerámos que os códigos de procedimento 73.01, 73.09, 73.4, 73.91, 73.92 sozinhos não definem um episódio de parto, no entanto, quando associados a um diagnóstico de gravidez e/ou um diagnóstico de produto de parto e/ou um GDH de parto, estes procedimentos definem também um episódio de parto. Os códigos de procedimento 73.21 e 73.3 foram considerados como não definindo um episódio de parto, enquanto os códigos 74.3 e 74.91 foram considerados como procedimentos de interrupção da gravidez e, portanto, não definindo um episódio de parto. Todos os outros códigos, para este grupo de variáveis, são considerados como procedimentos não obstétricos.

Em relação aos outros diagnósticos, todos os códigos definidos para produto de parto, vivo ou morto, nascimentos múltiplos ou não, são considerados como definindo um episódio de parto. Os códigos ICD-9-CM em questão são: V27.0, V27.1, V27.2, V27.3, V27.4, V27.5, V27.6, V27.7 e V27.9. É importante notar que, no caso de nascimentos múltiplos, apenas é considerado um episódio de parto. Todos os outros códigos, para este grupo de variáveis, são considerados como não obstétricos.

Quanto aos GDH, os códigos que definem a existência de um episódio de parto, na versão AP-DRG 21.0, são: 371, 372, 373, 374, 375, 650, 651 e 652. Os GDH 380 e 381 foram considerados como definindo um episódio de interrupção da gravidez. Foram, também, considerados os códigos 467, 468 e 469 que, apesar de não definirem um parto, surgem, muitas vezes, associados a este tipo de episódios, uma vez que são GDH de erro. De uma forma geral, os episódios são agrupados nestes códigos GDH, sempre que a codificação não permitir o agrupamento num GDH específico. Estes casos, geralmente, ocorrem quando existem inconsistências na codificação. Todos os restantes códigos GDH são considerados como não obstétricos.

Após a exposição da metodologia adoptada, serão apresentados alguns dos resultados mais importantes.

III. RESULTADOS

A fase de testes decorreu sobre uma base de dados com 1.258.678 episódios, correspondendo aos doentes saídos desde 1 de Janeiro de 2007 a 31 de Dezembro de 2008, nos hospitais pertencentes à ARS Norte. Após a fase de testes, o algoritmo foi aplicado a uma base de dados de maior dimensão e que se refere a todos os doentes saídos desde 1 de Janeiro de 2000 a 31 de Dezembro de 2007, nos 96 hospitais portugueses. Esta base de dados, com 9.079.177 episódios, foi gentilmente cedida pela ACSS no âmbito do projecto HR-QoD.

A. Auditoria da codificação clínica em episódios obstétricos

Como referido anteriormente, o processo iniciou-se com a implementação de um conjunto de regras, que auditam os dados relativamente a problemas de codificação em episódios obstétricos. No total, foram implementadas 23 regras, que permitiram um olhar crítico sobre este conjunto de dados, fornecendo informações importantes para o consequente desenvolvimento do algoritmo ObsCount. No total, foram detectados 308.410 (3,8%) de problemas de codificação, relacionados com episódios obstétricos. Dos problemas detectados destacam-se apenas os mais relevantes. Foram detectados 102.109 (33,1%) registos com um código de procedimento referenciando um parto, mas não foi identificado qualquer diagnóstico que, também, o referencie, nem o produto do parto. Foram, também, observados 82.751 registos, nos quais foi codificado o procedimento de episiotomia [(1)] mas não foi codificado o procedimento de parto.

Verificou-se, também, a existência de 34.093 registos de prematuridade, onde não foram codificadas, com código adicional, as semanas de gestação. Em relação à imaturidade extrema, observaram-se 23.245 registos com incoerência no peso registado. Embora com outra ordem de grandeza, foram detectados outros problemas, como registos de: parto normal e complicado simultaneamente; episiotomia simples associada a fórceps ou ventosas; parto referenciado em mulher sem diagnóstico de parto; peso à nascença em registos de "não recém-nascidos"; codificação de parto assistido e por cesariana simultaneamente; entre outros.

Todos os problemas de codificação enumerados são considerados pelo programa Auditor mensagens críticas relativamente à qualidade da codificação destes episódios. Como anteriormente mencionado, a existência de problemas desta natureza pode influenciar o agrupamento dos episódios em GDH. Estes desvios, no agrupamento, podem significar elevados prejuízos, quer para os Hospitais, quer para as entidades financiadoras.

B. Algoritmo ObsCount Vs GDH

Face aos resultados apresentados na subsecção anterior, justifica-se a utilização do máximo de informação possível, para contabilizar episódios de parto. É exactamente esse o objectivo principal do algoritmo ObsCount: considerar toda a informação presente nos códigos de cada episódio, para decidir se corresponde ou não a um episódio de parto.

Na Tabela I, mostram-se os resultados conseguidos pelo ObsCount em comparação com o obtido considerando apenas o GDH, quando aplicados ao conjunto de dados em análise.

TABELA I. COMPARAÇÃO ENTRE CONTABILIZAÇÃO DE EPISÓDIOS OBSTÉTRICOS ATRAVÉS DO OBSCOUNT E DOS GDH

ObsCount Vs GDH				
		GDH		
		Não parto	***Parto***	***Total***
ObsCount	***Não obstétrico***	8.163.001	0	8.163.001
	Parto	**1.874**	752075	**753.949**
	Interrupção da gravidez	97.104	**12**	97.116
	Alertas negativos	2.087	**3**	2.090
	Alertas positivos	62.980	**41**	63.021
Total		8.327.046	752.131	9.079.177

Como se pode observar na análise da Tabela I, em relação aos episódios considerados como não sendo obstétricos, existe total concordância entre o ObsCount e a contabilização com base no GDH. Ambos os métodos contabilizam um total de 8.163.001 episódios não obstétricos.

Em relação aos episódios de parto, como se pode verificar, o ObsCount contabiliza 753.949. Destes episódios, 1.874 não são considerados, a partir do código GDH, como sendo episódios de parto. Voltaremos a estes episódios mais à frente, pois estes episódios discordantes justificam uma análise mais profunda.

B1. Casos de interrupção da gravidez com GDH de parto

Continuando a análise dos resultados apresentados na Tabela I, foram detectados 12 episódios com GDH de parto, no entanto, segundo o ObsCount, estes referem-se a episódios de interrupção da gravidez. Estes 12 episódios correspondem a uma das regras específicas do ObsCount, construídas *a posteriori*, para considerar algumas situações de excepção. Nestes episódios, foi codificado o procedimento 73.4 (indução médica do parto) por 11 vezes e o procedimento 73.01 (indução do parto através de rotura artificial de membranas) uma vez. Como referido, na descrição dos métodos, estes procedimentos sozinhos não definem um episódio de parto, no entanto, associados a outros códigos de obstetrícia, nas outras variáveis, poderão, ou não, significar a ocorrência de um parto. Para estes casos, basta que uma das variáveis auxiliares não classifique o episódio como parto, para que este seja declarado como interrupção da gravidez. Em particular, em 11 dos episódios não foi codificado o produto do parto, enquanto no outro episódio, o código de diagnóstico tem o 5º dígito zero, ou seja, não diz se o parto ocorreu, ou não, no respectivo episódio de internamento.

B2. Alertas do ObsCount com GDH de parto

No total, foram emitidos 65.111 alertas pelo ObsCount, que correspondem, como já explicado anteriormente, a inconsistências nos códigos, no caso de alertas negativos, ou a episódios com informação insuficiente para serem classificados como episódios de parto, no caso dos alertas positivos. Dos 2.090 alertas negativos, 3 têm GDH de parto e, portanto, entram, erradamente, para a contabilização de partos com base no GDH. Dizemos erradamente pois, sendo estes episódios declarados como alerta negativo, implica a existência de algum código de diagnóstico ou de procedimento associado a

[(1)] A episiotomia é um corte cirúrgico feito no períneo, a região muscular localizada entre a vagina e o ânus. O corte é feito durante o parto normal, com a ajuda de uma anestesia local (se a mulher já não estiver anestesiada), para facilitar a passagem da cabeça do bebé.

interrupção da gravidez e, assim, não deveriam estar a ser agrupados em GDH de parto. Especificamente, estes 3 episódios têm diagnóstico de gravidez, produto de parto e foram agrupados em GDH de parto; no entanto, os únicos procedimentos obstétricos codificados correspondem a procedimento de remoção de gravidez ectópica extratubar, ou seja, interrupção da gravidez. Assim, estes 3 episódios correspondem a inconsistências de codificação e, por isso, não devem ser considerados episódios de parto.

Dos 63.021 alertas positivos, 41 apresentam GDH de parto. Estes episódios estão associados à seguinte mensagem crítica do Auditor: registo com parto referenciado, falta o produto e o procedimento. Isto quer dizer que, todos têm um diagnóstico de gravidez, no entanto, o 5º dígito do código é zero, ou seja, não diz se houve parto no respectivo internamento. Nenhum dos 41 episódios tem o produto do parto codificado, da mesma forma que não existe qualquer procedimento obstétrico associado; portanto, não existe informação suficiente para declará-los como episódios de parto. Percebe-se, pelos resultados apresentados, que o ObsCount detecta com maior precisão e sensibilidade episódios de parto, para além de alertar para possíveis problemas de inconsistência na codificação dos episódios. No entanto, é necessário descrever, com maior detalhe, os 1.874 episódios de discordância referidos anteriormente, procurando perceber as razões que levam ao não agrupamento em GDH de parto.

B3. Casos classificados como parto pelo ObsCount sem GDH de parto (código 'V' como diagnóstico principal)

Dos 1.874 episódios de situação de gravidez, não agrupados em GDH de parto, 1.243 (66,3%) têm diagnóstico principal de gravidez, 369 (19,7%) têm como diagnóstico principal um código 'V' enquanto os restantes 262 (14%) têm outros diagnósticos. Na descrição detalhada deste conjunto de episódios começa-se por descrever os que têm códigos começados por 'V' como diagnóstico principal.

Como referido, verificou-se a existência de 369 episódios (19,7%) com código 'V' como diagnóstico principal. Deste grupo de episódios, 124 (33,6%) têm um código de diagnóstico principal do tipo 'V27.x', ou seja, especificação do produto do parto. Trata-se de uma violação das regras de codificação pois o produto de parto deve ser codificado como diagnóstico adicional, não como principal; resulta que estes episódios são todos agrupados no GDH 467 (outros factores com influência no estado de saúde e contactos com os serviços de saúde). Nos 245 restantes episódios, 82% têm o produto de parto referenciado correctamente como diagnóstico adicional e 18% têm, no mesmo grupo de variáveis, um diagnóstico de gravidez. Em relação ao diagnóstico principal, estes episódios referem-se a casos de portador de doenças infecciosas, supervisão de gravidez, história de alergias ou de neoplasias malignas. Tratam-se de episódios que, apesar de referenciarem a existência de parto, têm como diagnóstico principal códigos que se sobrepõem aos de gravidez ao nível de consumo de recursos. Por esta razão não são agrupados em GDH de parto. Neste conjunto de episódios foram também detectados casos de pessoa sadia acompanhando pessoa doente e de indivíduo simulando doença. Em particular, estes episódios referem-se a erros da codificação ou de introdução de códigos, uma vez que o diagnóstico principal não está associado à gravidez.

B4. Casos classificados como parto pelo ObsCount sem GDH de parto (diagnóstico principal de gravidez)

Analisam-se, agora, os episódios cujo diagnóstico principal é de gravidez. As percentagens apresentadas são calculadas sobre os 1.874 episódios analisados nesta secção, salvo algumas excepções, cujas proporções são apresentadas de acordo com o contexto.

Neste conjunto, foram detectados 7 casos (0,37%) associados a episódios obstétricos cujo sexo é Masculino. Estes episódios foram agrupados no GDH de erro 470 (episódios não agrupáveis), com excepção de um caso que foi agrupado no GDH 638. Este último refere-se a um recém-nascido fora do hospital, morto antes de um dia de vida; ou seja, trata-se de um erro de codificação pois o episódio (materno) de gravidez/parto surge, erradamente, associado ao recém-nascido (a codificar em registo independente). Os outros 6 episódios neste conjunto são claramente erros de introdução na variável sexo resultando num agrupamento de erro.

No conjunto de casos em análise, foram detectados 765 episódios (40,8%) cujo diagnóstico principal apresenta o 5º dígito 3. Estes episódios são situações de pré-parto, ou seja, indicam que a utente teve alta sem ocorrer o parto. Contudo, todos estes episódios apresentam, como diagnóstico adicional, o produto de parto, o que é, claramente, uma incoerência. Podemos assumir que se tratam de erros de introdução ou codificação do diagnóstico principal. Certo é que o agrupamento destes episódios não resulta num GDH de parto. Mais precisamente, 476 episódios (62,2%) são agrupados no GDH 384 (outros diagnósticos pré-parto sem complicações médicas) e 237 (30,9%) no GDH 383 (outros diagnósticos pré-parto com complicações médicas). Os restantes 52 episódios foram agrupados nos GDH 379 (ameaça de abortamento) e GDH 382 (falso trabalho de parto).

Observou-se a existência de 63 casos (3,4%) cujo diagnóstico principal apresenta um código com o 5º dígito 0. Este diagnóstico principal não indica se o parto ocorreu no internamento em causa ou se se trata de um caso de pré-parto ou de pós parto. As regras de codificação são claras no intuito de evitar a utilização do 5º dígito 0, pois perde-se informação sobre a altura da ocorrência do parto e obtém-se um agrupamento em GDH que não especifica a natureza do episódio (pré-parto, parto ou pós-parto). Concretizando, o agrupamento destes episódios resultou da seguinte forma: 38 casos (60.2%) no GDH de erro 469, 18 (28,5%) no GDH 379 (ameaça de abortamento) e os restantes nos GDH 382, 383 e 384.

Foram detectados 225 episódios (12%) com 5º dígito 4 no código de diagnóstico principal. O quinto dígito 4, nos códigos de obstetrícia, define situações de pós-parto. Todos estes episódios apresentam o produto de parto registado como diagnóstico adicional, o que, uma vez mais, traduz uma incoerência com o diagnóstico principal. Estes casos resultaram num agrupamento em GDH 376 (diagnóstico pós-parto ou pós-aborto sem procedimento em bloco operatório) e 377 (diagnóstico pós-parto ou pós-aborto com procedimento em bloco operatório).

Neste conjunto de episódios sobre os quais se efectuou a análise detalhada, 183 apresentam diagnóstico de gravidez com o 5º dígito 1 ou 2 ou, nalguns casos, o código de diagnóstico 650 (parto normal). Esta será a forma correcta de codificar os

episódios de parto ocorridos no internamento em causa e, como tal, deveriam resultar num agrupamento em GDH de parto. Contudo, existindo um procedimento cirúrgico, não obstétrico, associado aos episódios em causa, este procedimento poderá sobrepor-se ao diagnóstico de gravidez. Assim, para esses casos, o GDH resultante reflectirá o procedimento cirúrgico e não o episódio de parto. Verificou-se a existência de 166 episódios com procedimento cirúrgico, não obstétrico, sendo que 81,3% destes episódios foram agrupados no GDH 468 (Procedimentos extensos, em bloco operatório, não relacionados com o diagnóstico principal) e os restantes 18,7% no GDH 477 (Procedimentos não extensos, em bloco operatório, não relacionados com o diagnóstico principal). Neste conjunto de episódios, que apresentam diagnóstico de gravidez com o 5º dígito 1 ou 2 ou, nalguns casos, o código de diagnóstico 650 (parto normal), foram detectados 17 episódios que não apresentam qualquer procedimento cirúrgico, não obstétrico. Observa-se, neste conjunto, a existência de 12 diagnósticos de gravidez associados a indivíduos nascidos entre os anos 2000 e 2007. Claramente são casos de recém-nascidos, nos quais foi codificado, erradamente, o episódio materno. O agrupamento destes episódios resultou, em 10 casos, no GDH de recém-nascidos 629 (Recém-nascido normal). O agrupamento não parece correcto pois, nos episódios em causa, os diagnósticos são de gravidez e não de recém-nascidos. Os outros 2 casos foram agrupados no GDH 623 (Recém-nascidos normal, com procedimento significativo em bloco operatório). Dos restantes 5 episódios, 3 foram agrupados no GDH de erro 470, um foi agrupado no GDH 629 e o outro no GDH 483 (Traqueostomia).

B5. Casos classificados como parto pelo ObsCount sem GDH de parto (diagnóstico principal não obstétrico)

Dos 1.874 episódios considerados para esta análise descritiva mais profunda, já foram descritos 86% dos episódios. O conjunto de 262 episódios ainda por caracterizar corresponde a casos em que o diagnóstico principal não é obstétrico. Neste grupo de episódios, 197 têm o código de diagnóstico de obstetrícia com 5º dígito 1 ou 2 ou o código 650, erradamente, em *outros diagnósticos* assim como o produto do parto. Têm também códigos de procedimento obstétrico, ou seja, falha apenas o diagnóstico principal, o que origina um agrupamento em GDH não obstétricos. Em 6 episódios percebe-se que, talvez por problemas de inserção dos códigos na aplicação informática usada para o efeito, o diagnóstico de obstetrícia foi recolhido, erradamente, na variável *diagnóstico de admissão*, uma variável de preenchimento não obrigatório. Ao inserir erradamente o diagnóstico principal na variável referida, o agrupamento do episódio não reflectirá a natureza do episódio.

Por fim, os 59 episódios que restam correspondem a casos com informação obstétrica, com excepção no diagnóstico principal, mas muito inconsistente e incoerente, de forma que serão considerados como lixo. Estes episódios darão origem a novas regras, forçando que estes sejam declarados como alertas de anomalias na codificação.

IV. Conclusão

O objectivo principal deste artigo, assim como do algoritmo proposto, foi detectar e alertar para possíveis problemas da codificação em episódios obstétricos. Pretende-se, também, chamar a atenção para as implicações inerentes a estes problemas, em particular, no agrupamento dos episódios em GDH. Neste artigo, ficam bem patentes os problemas encontrados tanto ao nível da codificação como do agrupamento. Neste sentido, o ObsCount apresenta-se como uma ferramenta importante no auxílio à auditoria de episódios obstétricos. Outra mais-valia deste algoritmo, é a contabilização dos episódios obstétricos que, com base nas variáveis mais relevantes, se revela mais precisa e sensível do que considerando as regras geralmente utilizadas pela comunidade científica e administrativa no campo da saúde.

Como trabalho futuro pretende-se implementar diversos indicadores obstétricos tendo como base o ObsCount e comparar os resultados com o obtido considerando as regras originais para o cálculo. Este trabalho passará, também, pela integração deste algoritmo numa ferramenta de cálculo de indicadores utilizada por algumas entidades em Portugal.

V. Agradecimentos

Os autores desejam agradecer à ACSS e ARS – Norte pela disponibilização dos dados utilizados nesta investigação. Os autores gostariam de agradecer, também, todo o apoio disponibilizado pelo projecto "HR-QoD – Qualidade dos dados (casos desviantes, inconsistências e erros) em bases de dados de internamentos hospitalares: métodos e implicações para a modelação, limpeza e análise de dados" (projecto PTDC/SAU-ESA/75660/2006).

VI. Referências

[1] Santana, R., *O financiamento hospitalar e a definição de preços.* REVISTA PORTUGUESA DE SAÚDE PÚBLICA, 2005. (Financiamento hospitalar): p. 93-118.

[2] ESCOVAL, A., *O processo de contratualização na saúde em Portugal*, in *Revista Portuguesa de Saúde Pública*. 2005, Escola Nacional de Saúde Pública. p. 7-24.

[3] Price, J., C.A. Estrada, and D. Thompson, *Administrative Data Versus Corrected Administrative Data.* Am J Med Qual, 2003. **19**(1): p. 38-44.

[4] Iezzoni, L.I., *Risk Adjustment for Measuring Health Care Outcomes.* Health Administrative Press; Chicago, IL. Foundation of the American College of Executives, 1997.

[5] Bentes, M., et al., *Design and Development of a Utilization Review Program in Portugal.* International Journal for Quality in Health Care, 1995. **7**(3): p. 201-212.

[6] Fetter, R., D. Brand, and D. Gamache, *DRGs: Their Design and Development.* Ann Arbor, MI: Health Administration Press, 1991.

[7] Urbano, J. and M. Bentes, *Definição da Produção do Hospital: Os Grupos de Diagnósticos Homogéneos.* Revista Portuguesa de Saúde Pública, 1994. **8**(1).

[8] Fernando, L. *Portal da codificação e dos GDH*. 2010 [cited 2011 13-Jan]; Available from: http://portalcodgdh.min-saude.pt/.

[9] McNair, P., et al., *Prospective payment to encourage system wide quality improvement.* Med Care, 2009. **47**(3): p. 272-8.

[10] Ginde, A.A., et al., *Positive predictive value of ICD-9-CM codes to detect acute exacerbation of COPD in the emergency department.* Jt Comm J Qual Patient Saf, 2008. **34**(11): p. 678-80.

[11] Glance, L.G., et al., *TMPM-ICD9: a trauma mortality prediction model based on ICD-9-CM codes*. Ann Surg, 2009. **249**(6): p. 1032-9.

[12] Freitas, A., et al. *Data Quality issues in DRG databases*. in *26th PCS International Conference*. September 15-18, 2010. Munich.

[13] Freitas, A., et al. *Implications of data quality problems within hospital administrative databases*. in *12TH MEDITERRANEAN CONFERENCE ON MEDICAL AND BIOLOGICAL ENGINEERING AND COMPUTING – MEDICON 2010*. 2010. Porto Carras, Chalkidiki, Greece.

[14] Silva-Costa, T., B. Marques, and A. Freitas. *Problemas de Qualidade de Dados em Bases de Dados de Internamentos Hospitalares*. in *5ª Conferência Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*. 2010. Santiago de Compostela.

[15] (IGIF), I.d.G.I.e.F.d.S., *AUDITOR - Auditoria às Bases de Dados dos GDHs Versão 3.18* 2005.

Third Workshop on Intelligent Systems and Applications

Semi-Automatic Creation of a Reference News Corpus for Fine-Grained Multi-Label Scenarios

Jorge Teixeira
FEUP / LIACC, Labs SAPO UP
Rua Dr. Roberto Frias, s/n
4200-465 Porto
jft@fe.up.pt

Luís Sarmento
FEUP / LIACC , Labs SAPO UP
Rua Dr. Roberto Frias, s/n
4200-465 Porto
las@fe.up.pt

Eugénio Oliveira
FEUP / LIACC
Rua Dr. Roberto Frias, s/n
4200-465 Porto
eco@fe.up.pt

Abstract— **In this paper we tackle the problem of creating a reference corpus for the classification of news items in fine-grained multi-label scenarios. These scenarios are particularly challenging for text classification techniques, and the availability of reference corpora is one important bottleneck for developing and testing new classification strategies. We propose a semi-automatic approach for creating a reference corpus that uses three auxiliary classification methods - one based on Support Vector Machines, one based on Nearest Neighbor Classifiers and another based on a dictionary-based classification heuristic - for suggesting to human annotators topic-related labels that can be used to describe different *facets* of a given news item being annotated. Using such approach, we semi-automatically produce a corpus of 1,600 news items with 865 different labels, having in average 3.63 labels per news item. We evaluate the contribution of each of the auxiliary classification methods to the annotation process and we conclude that: (i) none of the methods alone is capable of suggesting all relevant labels, (ii) a dictionary-based classification heuristic contributes significantly and (iii) the Nearest Neighbor classifier performs very efficiently in the most extreme multi-label part of the problem and is robust to the very unbalanced item-to-class distribution.**

I. INTRODUCTION

Online newspapers are currently making available a large amount of news content in real-time. Users can (freely) access news about a wide variety of topics/themes, and in many cases, consult databases containing news previously published by newspapers. Such large amount of information drives the need for powerful *content filtering techniques*. Automatic text classification methods provide the means for identifying news about a specific topic/theme, thus giving the user the chance of selecting a sub-set of potentially relevant contents on demand.

Most text classification technologies conceived for this purpose are intended to operate under a *supervised scenario*: text classifiers are trained and tested using a set of previously compiled example news, to which relevant topic or theme labels have been assigned by human annotators. However, the availability of such reference corpora may be a bottleneck for experimenting and evaluating new text filtering systems based on automatic classification procedures. First, since most existing corpora have not been designed for this specific purpose, the set of labels used for describing news topics/themes is usually very broad (e.g. "sports", "politics" or "economy"), and is merely indicative of the general theme of the news items. For being of practical use, a news filtering system would have to allow selecting finer-grained topics, such as "Italian Soccer", "Taliban Attacks" or "Greek Debt Crisis", otherwise the users will not be able to quickly select the contents that they are interested in. Secondly, most corpora do not consider the fact that news items can be classified according to *multiple selection* criteria. This includes not only the case where a news items can be assigned to several topics that belong to the same *hierarchy line* (e.g. "A.C. Milan", "Italian Soccer", "European Soccer", "Soccer", "Sport"), but also cases where the news items can be assigned to two different, yet non-incompatible, *topic-related perspectives* such as *theme*, *location*, *specific event* or *agent vs subject*.

The cost and difficulty of *manually* building news corpora for the purpose of experimenting and evaluating fine-grained news filtering technologies is extremely high. Not only the amount of effort involved in manually assigning several topic-related labels to a large number of individual news items is enormous, but also the process of selecting the correct labels becomes more complex and error-prone as the size of the universe of labels grows. Moreover, in some domains, such as medicine and biology, corpora annotation requires experts supported by taxonomies and ontologies (e.g. MEDLINE), bringing additional complexity and cost to the annotation process.

We, thus, propose a semi-automatic method for creating a fine-grained multi-label news corpus. The process has three steps. In the first step we automatically extract one potentially interesting classification topic label by exploiting certain cues that can be found in some specific news items. This allows us to obtain a seed set of <label, news item> mappings. Then, using these mappings we train a set of auxiliary topics classification procedures. Finally, we will use these auxiliary classifiers to suggest additional labels to human annotators to speed up the annotation process of the initial set of news items with multiple fine-grained labels.

II. RELATED WORK

Reuters Corpus Volume 1 [7] is an archive of 806,791 English news stories produced by Reuters journalists between August 1996 and August 1997. A key aspect of this corpus is the extensive use of descriptive metadata, whereby all the stories are fully annotated using category codes for *topics*, *region* and *industry sector*. Topics are organized in 4 top-level nodes: Corporate/Industrial, Economics, Government/Social

and Markets. Under each top-level node there is a specialized hierarchy, leading to a total of 103 topics. There are 870 industry codes, also arranged as a hierarchy, and 366 region codes. The process by which these stories were coded involved a combination of auto-categorization, manual editing and manual correction. In order to build such a complete resource for English, many hours of dedicated editorial effort were used. However, most research teams cannot afford to invest such amount of work.

Hatzigeorgiu *et al*. [3] describe the design and implementation of the ILSP Greek Corpus, a corpus of the Modern written Greek language, totaling 34 million words, where approximately 69% of the texts belong to the newspaper category. Texts are classified as regards to *medium* (book, newspaper, periodical and miscellaneous), *genre* (10 different genres) and one of the 9 possible top-level *topics*. Classification of texts adheres to the PAROLE standards, meaning that news topics were manually assigned to a top-level list of topics. A similar manual topic assignment technique was used by Santos and Rocha [8]. The authors describe CETEMPúblico, a corpus with excerpts from approximately 1500 daily editions of the Portuguese newspaper Público, built in July 2000. The text classification techniques used are essentially based on the reassignment of the news *topics* previously described by the journalist/publisher based on a list of 9 top-level topics. In both cases, topic classification is manually performed from a few broad topic categories.

An alternative approach, supported by semi-automatic methods, was presented by Baroni *et al.* [2]. The authors describe the *La Repubblica Corpus*, which is composed by 224,000 articles (containing 175 million words) published between 1985 and 1993 by the Italian daily newspaper La Repubblica. All texts in this corpus are POS-tagged and categorized in terms of *genre* and *topic*. This categorization was performed using Support Vector Machines, based on a training set of 15,000 manually annotated articles, categorized into 2 genres and 10 top-level topics. 10-fold cross validation tests suggested that the categorization performed rather well in both genre and topic assignment. In topic assignment, this approach achieved an average accuracy of 95% with 86% precision and 73% recall.

Another similar approach is presented by Maria and Silva [5]. The authors built a Digital Library of Web News with automatic topic classification, composed by news from 15 Portuguese online news wires, with an average input of 762 articles per day. The authors identified some challenges regarding this Library: the existence of several correct topic categories for the same article, as in our work; and automatic grouping of articles, that requires very high confidence levels. This Library is composed by two main components, the Retrieval Framework (implemented as a modified Harvest System) and the Classification Framework (classify the harvested articles based on 11 pre-computed Support Vector Machines models, one for each category). The classification mechanisms achieved 94% of accuracy, and approximately 37% of the articles were classified in more than one of the 11 pre-defined categories.

Aronson *et al*. [1] describe a strategy for assigning medical codes (classes) to clinical reports that involves the combination of four different (classification) methods: (i) one based on unsupervised methods for automatic assignment of classes to biomedical literature, the Medical Text Indexer; (ii) one based on Support Vector Machines; (iii) one based on Nearest Neighbor classifiers; (iv) and another based on a pattern-based classifier. There were used two top-level classes, based on generic topics (cough/fever/pneumonia and urinary/kidney), which produced 45 classes. More than one class could be assigned to the same text (a multi-label scenario), totaling 94 combinations. Evaluation for these methods was performed on a corpus of almost 1,000 annotated radiology reports. F-scores obtained show that combining the four complementary methods produces better and more stable results (F-score = 0.89) than the ones obtained by each method separately (F-score ranging from 0.79 to 0.87). The authors, however, refer that the reduced number of classes at stake and the structured and error-free nature of the texts tested may be seen as a possible limitation of the study.

These last three described related works use (semi)-automatic approaches for topic classification. However, the number of topic classes considered is relatively low. Neveol *et al*. [6] describe three methods to automatically assign heading/subheading pairs (or classes, that ranges from 24 thousand to more than 530 thousand) to MEDLINE articles: (i) a dictionary-based method; (ii) expansion rules; (iii) and structural rules. In the dictionary-based method, the headings/subheadings pairs are assigned to MEDLINE articles by searching for words from the title and abstract that are present in a manually built dictionary and the MeSH ontology. The expansion rules assign headings/subheadings pairs to MEDLINE articles by identifying (from the MeSH ontology) expandable terms belonging to one of the three top-level categories (genetics, immunology and metabolism). The structural rules use pre-defined text structures to identify known terms (based on MeSH ontology) on MEDLINE articles, and assign a top-level category to these terms. The three methods were tested on a subset of genetic-related articles from MEDLINE 2005. Separate tests for each of the methods show that results obtained vary considerably depending on the top-level class chosen. Also, the best overall precision (62%) is obtained with the expansion rules and the best overall recall (20%) is obtained with the dictionary-based method.

All these related works have a closed list of known topics. In our case, however, we are dealing with news, so that the number of topics is not only unknown in advance, but it is also constantly changing over time.

III. Corpus Development

Our goal is to develop a corpus of multi-labeled news for experimenting and evaluating *realistic* news filtering systems. The labels we wish to assign to news should describe as many possible *facets* of the news as possible, since any of these can

eventually be used as criteria for filtering. These facets include the topic of the news (at different levels of specialization) and other related perspectives such as theme, location, event type, and relevant agents.

Consider a set of news items $N = \{n_1, n_2, ..., n_i\}$ published by online newspapers. Let each news item be a tuple $n_i = \langle t_i, b_i, L^{editor}(i) \rangle$ composed by a title t_i, a body b_i and a list of topic/theme labels explicitly assigned by the journalist/editor, $L^{editor}(i)$. Ideally, $L^{editor}(i)$ would contain several labels, covering all possible relevant facets. In practice, however, L^{editor} is either inaccessible (metadata is internal to the newspaper), or is too generic for being of practical use (e.g.: "economy" and "sports"). We thus decided to explore an alternative source of labels information that can be found in the title of certain news items. Some of these news items have a typical title structure of the form $t_i = "l_i : t_i^r"$, where l_i represents a classification label describing the topic/theme of the news item t_i (which is explicitly given by the journalist) and t_r the remainder of the title (see Table I). Although only one of such labels can be found per news item, they are very useful since they can cover many facets with varying levels of detail.

TABLE I. NEWS TITLES WITH IDENTIFIED LABELS

1	**Sports:** Cristiano Ronaldo is considered by the press as the fourth best of the year
2	**Soccer**: Sporting demands Vítor Pereira demission
3	**Portuguese Cup**: F. C. Porto against the winner team Guimarães-Estrela
4	**Justice/Porto**: "Gangue das perucas" trial will start on 21th January in Matosinhos
5	**Oporto Aeroport**: 40 enterprise associations arrive to an agreement

Also, it is quite frequent for two news items from two different newspaper publishers covering the same event (thus with a very similar content) to be *tagged* with different, yet non-incompatible labels. Since different journalists/editors may have different perspectives regarding the same event, they may tag the news item according to different facets (e.g.: "Soccer" and "Referees Trial"). We wish to make use of these "inconsistencies" to propagate such labels to other similar news items. This propagation process will enrich news items description in different perspectives. In order to propagate these labels, we intend to use automatic classification methods that will assist the annotators in the annotation process.

Potentially, we could use synonyms of the labels already assigned by the journalists as additional valid labels. However, this approach has one main drawback: the majority of the labels assigned by journalists refer to names of locations or events, so synonymy relations do not apply. Alternatively, we could use the hypernym information contained in an hypothetical ontology of news topics. Still, building and maintaining such ontology automatically is a difficult task, and performing the same task manually may be too time consuming and is certainly not practical.

A. *Obtaining High Quality Label Information from Titles*

We have mined Portuguese news items available online and we have identified that about 30% of these generic content news items have the typical title structure $t_i = "l_i : t_i^r"$ previously presented. However, the label l_i of each news item n_i does not always describe its topic or facet, so we have created two different filtering techniques. In some cases, the title refers to a quotation and the supposed label actually refers to the name of the person (e.g.: "**Obama**: Economy improving, crisis not over"). For these cases, we used a dictionary containing names of entities that are frequently mentioned in news for filtering these erroneous labels. On other cases, typical *status* labels are used, as "Update" or "Correction" (e.g.: "Correction: Held two women who tried to board a plane with a dead body"); for these cases, we used a *list of stop words* to avoid these miscellaneous labels. As a result of the extraction and filtering process previously described we built a dataset $N_0 = \langle t_i, b_i, L_i \rangle$, where L_i contains only one label, i.e. the one identified in the title structure. The set of all distinct labels found for all news in N_o results in the dictionary of labels, $L_0 = \{l_1, l_2, ..., l_{|L^U|}\}$.

B. *Auxiliary Classification Methods*

For assisting the annotation process of the news corpus, we developed three auxiliary classification methods: one based on Support Vector Machines, one based on Nearest Neighbor Classifiers and the another using a dictionary-based classification heuristic that we propose. One must note that the majority of literature regarding this theme falls on classification of *balanced* data: news items are reasonably well distributed over a relatively small number of topics (classes). However, this work deals with a very unbalanced scenario: we have not only a very large number of topics, but also most of the news items belong to a dominant class/topic, following a Zipfian distribution.

Support Vector Machines (SVM) classifiers have consistently proved to be a good news classification method [4][10]. We opted for a *1 versus all* classification model: for each label $l_x \in L^U$, we train a SVM-based classifier SVM_x using as *positive examples* all news items from the training set, $n_i \in N_0$, for which $L^{ex}(i) = l_x$, and as *negative examples* all the remaining elements in N_0 (i.e. $n_j \in N^0$ where $L^{ex}(i) \neq l_x$). The classification stage consists in feeding a test item n_i to each SVM_x (one for each $l_x \in L^U$ label), which will return a classification value $c_x(i) = SVM_x(n_i)$. The higher $c_x(i)$, the more likely can l_x be correctly assigned to n_i. We can thus produce a list of classification values $C(n_i) = \{c_1(i), c_2(i), ..., c_{|L^U|}(i)\}$ that can be ranked in order to find the list of the top most suitable labels for the news item n_i, $L_{SVM}(i) = \{l^1_{SVM}(i), l^2_{SVM}(i), ..., l^{top}_{SVM}(i)\}$.

The Nearest Neighbor (NN) classifier is another well-studied text classification algorithm that is known to achieve good performances in text classification tasks. Yang [11] showed that NN classifiers achieve good performance on text classification task. We use NN classifiers as an auxiliary classification method for the annotation process, based on an

all-against-all model: for each test news item $n_x \in N_0$, the classifier finds the nearest neighbors among the training set N_0. We thus produce a list with the similarity scores (cosine distance) of the Nearest Neighbors text items n_i with the test news item n_x, $D(n_i) = \left\{ d_1(i), d_2(i), ..., d_{|L^U|}(i) \right\}$. This list is then ranked, so that we can find the top nearest labels for the news item n_i, $L_{NN}(i) = \left\{ l^1_{NN}(i), l^2_{NN}(i), ..., l^{top}_{NN}(i) \right\}$.

Additionally, we propose a dictionary-based classification heuristic that is based on the notion of Lexical Inclusion. For each news item n_i, a match operation is performed on both t_i and b_i against all labels from L^U, so that all labels lexically included in the title t_i or the body b_i are suggested as potentially valid classification labels $L_h(i) = \left\{ l^1_h(i), l^2_h(i), ..., l^n_h(i) \right\}$ where $L_h(i)$ represents the list of suggested labels from this auxiliary classification method. Contrary to the SVM-based classifiers and NN classifiers, this method does not return a ranked list of suggestions.

IV. Experimental Set-Up

A. Training Set and Input Dataset

The news corpus annotation process is based on two datasets: the *Input Dataset*, N^{input}, which is going to be annotated, and the *Training Set*, N^0, which is used to train the classifiers that will suggest labels to the annotation.

The training set, N^0, is composed by a set of 10,000 RSS feed items obtained from 16 generic content Portuguese online newspapers between November 2008 and February 2009. From N^0, and using the strategies and restrictions explained in section III-A, we identified and extracted a list of labels L^0 with $|L^0| = 1,972$. The *input dataset*, N^{input}, is composed by a subset of 1,600 news items randomly extracted from the training set, such that $N^{input} \subset N^0$, and a list of labels L^{input} with $|L^{input}| = 356$. Table II illustrates the labels of N^{input} considering the number of news items associated (f_i).

TABLE II. Distribution of Labels on the Input Dataset

#	f_i	l_i	#	f_i	l_i
1	82	Soccer	10	35	Spain
2	65	Music	20	19	Indie
3	53	Crisis	50	9	PS
4	50	USA	100	5	Science
5	40	Middle East	200	1	Douro's House

One can see that labels associated with many news items ("Soccer", "Music", "Crisis", etc.) are top-level topics, while the ones with lower frequency (e.g.: "Douro's House") are usually fine-grained topics or less popular subjects (e.g.: Science). The goal of the annotation process is precisely that of uniforming these label description either by adding *specialized* and *multi-faceted* information (i.e. fine-grained topic labels) to news items that have been assigned to high frequency labels, and by adding *generic content* labels to news items that only have fine-grained labels.

B. Annotation Process

The annotation process is supported by a set of labels suggestions, $L^{suggested}$, which are based on the three auxiliary classification methods previously described. Regarding the classification methods, instead of using the typical *Bag-of-Words* approach to produce the vector representations of news items that are required for the SVM-based and NN classification procedures, we opted for using the count of the *bigrams* (sequences of two consecutive words) that can be found on the title t_i and body b_i of the news item n_i, as result of our previous work [12]. This choice is based on the fact that we want to keep intact the information about the name of entities, which usually have two or more words. For the classifier specific parameters, the SVM-based classifiers use a linear kernel and the NN classifiers use a TD-IDF weighing features function and *cosine* as the similarity metric. For each news item to be annotated, the SVM-based and NN classifiers contribute with a maximum of 20 suggestions each (the top 20 labels ranked by the classifiers). The dictionary-based classification heuristic is not limited but usually contributes with no more than 5 labels. Thus:

$$L^{suggested} = L_{SVM}(i) + L_{NN}(i) + L_h(i)$$

Whenever classifiers suggest the same label, just one of these suggestions is presented to the annotators, but the information regarding which classifiers suggested such label is kept. The annotators can also manually define up to three additional labels that find suitable for the news item being annotated. The average number of suggested labels for the annotation process is 20 for SVM, 15.6 for NN and 4.4 for the dictionary-based classification heuristic. The valid labels, L^v, are those assigned by the annotators, so that $L^v \in L^{suggested}$, and $L^v = L^v_{SVM} + L^v_{NN} + L^v_h$. The assigned labels, $L^{assigned}$, are composed by the validated labels L^v, automatically suggested, and the manually assigned ones: $L^{assigned} = L^v + L_{manual}$. Table III presents an example of an annotated news item n_i, including its title t_i and body b_i, all label suggestions given by the auxiliary classification methods, and the manually assigned labels.

TABLE III. Annotated News Item Example

t_i	"World Cup-2018: Indonesia joins the list of candidates"
b_i	"The asian country, together with Portugal/Spain, England, Russia, Japan and Qatar formalized with FIFA its intention to apply for World Cup 2018 or 2022."
$L_{SVM}(i)$	Literature, Cascais, **World Cup 2018**, Argentina, USA, Maia, Futsal, **Soccer**, Cinema, Music, **Indonesia**, Canada, Azores, Theatre, Évora, Swimming, Country, Afghanistan,
$L_{NN}(i)$	**Soccer**, **World Cup 2018**, **WorldCup2018**, **World Cup 2018/2022**, **FIFA**, Futsal, CDS/PP, Marble, Casa Manoel de Oliveira, Évora, Layoffs
$L_h(i)$	**FIFA**, England, Japan, **World Cup 2018**, Russia, Portugal/Spain, **Indonesia**, Country
L_{manual}	**Sports**

From this example, one can see that: (i) the valid SVM labels are L^v_{SVM} = {World Cup 2018, Soccer, Indonesia}; (ii) the valid NN labels are L^v_{NN} ={Soccer, World Cup 2018,

WorldCup2018, World Cup 2018/2022, FIFA}; and (iii) the labels suggested by the dictionary-based classification heuristic are L_h^v = {World Cup 2018, Soccer, Indonesia}. Also, there is a manually suggested label, L_{manual}= {Sports}, thus totaling 6 distinct suggested labels (apart from the label identified in the title structure, i.e. "World Cup-2018").

V. Annotation Results

The annotation process of 1,600 news items from the input dataset, N^{input}, resulted in 5,798 label assignments, corresponding to 865 different labels. In average we assigned 3.63 labels per news item n_i. The distribution of the number of assigned labels $L^{assigned}$ on news items is presented on Figure I.

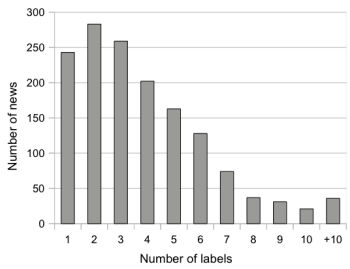


FIGURE I. Distribution of the number of labels assigned to news items

One can see that there are a considerable number of news items (22%) to which 6 or more labels have been assigned, confirming the multi-label scenario we are dealing with. Also, the most common scenario is associated with news items with 2 assigned labels, meaning that the distribution of the number of assigned labels does not strictly follow a traditional *power-log curve*.

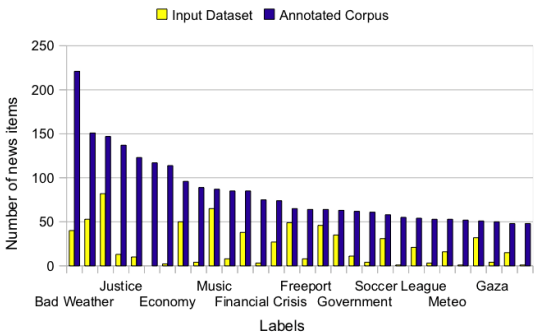


FIGURE II. Comparison of the distribution of labels on news between the initial set and the annotated corpus

Figure II exemplifies the impact of the annotation process on the top 30 assigned labels. It shows the number of news items (y axis) that are associated to each of the initially identified (input dataset) and assigned (annotated corpus) labels (x axis). These results show that in *all* the top 30 labels, the number of assigned labels is consistently higher comparing to the number of labels from the initial dataset.

VI. Analysis of Annotation Methods

Figure III presents the relative contribution of the four sources of labels assigned to the news corpus. The labels suggested by the auxiliary classifications methods (SVM, NN and dictionary-based heuristic) represent 67% of all the labels assigned to the news items. Still, 33% of all the assigned labels were directly suggested by the annotators (manual method). The relative contribution of all the 4 methods is quite similar, which means that none of these methods can solve the underlying classification problem at stake independently (i.e., the methods seems to be complementary). Figure IV details how each of the four different sources of labels contributed to the overall annotation process as a function of the number of labels assigned per news item.

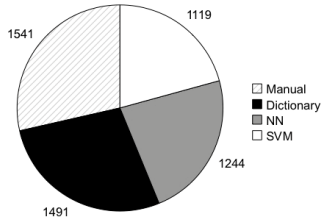


FIGURE III. Ratio between all assigned labels

Three different scenarios can be analyzed. The first scenario, S_1, involves news items with one or two labels assigned. In this case, 35% of labels are assigned by the manual method. This suggests that these news items are particularly *difficult* to describe or are *atypical* taking into account the training set. This may explain why the auxiliary classifiers have problems in suggesting labels.

Scenario S_2 includes news items with 3 to 7 labels assigned. The joint contribution of the auxiliary classification methods (70% of all the assigned labels) greatly overcomes the manual assignment process. Most of the news items fall on this scenario, thus illustrating the *multi-label* news scenario we are dealing with.

Finally, scenario S_3, which includes news items with 8 or more label assignments, indicates that the NN classifier is the one that suggested *more* valid labels. This result is interesting because it shows that NN classifiers are capable of providing a large number of good labels suggestions, even for news items that are highly multi-label. This good performance was already visible in S_2.

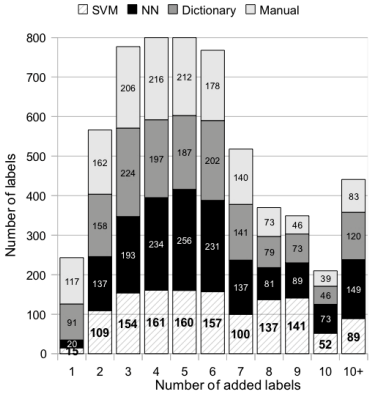


FIGURE III. COMPARISON OF AUXILIAR CLASSIFICATION METHODS

The information about the labels selected by the annotators allows us to evaluate the classification performance of the auxiliary classifiers. Table IV presents the precision, P, at several ranks, obtained by the SVM-based and NN classifiers (*coverage* is the percentage of news items for which the classifiers suggest a label).

TABLE IV. COVERAGE AND PRECISION FOR SVM AND NN

Measure	***SVM***	***NN***
Coverage	*100%*	*91,90%*
P@1	*7,75%*	*20,00%*
P@2	*5,85%*	*16,90%*
P@3	*5,02%*	*14,50%*
P@5	*4,79%*	*11,80%*
P@10	*4,16%*	*7,80%*
P@15	*3,75%*	*6,15%*
P@20	*3,48%*	*5,00%*

Precision values achieved for NN at rank 1 and 2 (P@1 = 20% and P@2 = 17%) are considerably higher than for SVM-based classifier at the same rank (P@1 = 7.75% and P@2 = 5.85%), even though the coverage is slightly lower in NN classifier (92%) than for the SVM-based one (100%). When comparing the SVM-based classifier and the NN classifier, we may conclude that NN performs very efficiently in the most extreme multi-labeled part of the problem, and that the SVM-based classifiers seen to be greatly affected by the largely unbalanced class distribution.

VII. CONCLUSIONS AND FUTURE WORK

We focus on a complex subject that has not been sufficiently studied and for which there is not a satisfactory automatic solution: text classification in a multi-label and highly fragmented news scenario, where the ratio between the number of topics (classes) and news is relatively high. The unavailability of a reference corpus for this scenario has been a bottleneck for experimenting new ideas on text classification.

We proposed a semi-automatic approach for annotating a corpus of multi-labeled news based on three auxiliary classification methods: one based on SVM, one based on NN and another based on a dictionary-based classification heuristic. We were able to semi-automatically build a fine-grained multi-label reference corpus containing 1,600 news items (having in average 3.63 labels per news item) with a smaller (than usual) human effort. This reference corpus will now allow us to test new strategies for news classification in multi-label scenarios.

Results regarding the annotation process show that the automatic methods used are useful but do not solve entirely the problem, since each of these methods has different behavior for a different part of the problem. In practice, we were able to show that the NN classifier performs better in the most extreme part of the spectrum of the classification task, where the number of labels to be potentially assigned to news items is relatively large (greater than 3), confirming results obtained by Tan [9]. Interestingly, this result provides a good clue for subsequent experiments on text classification algorithms for this scenario.

In future work, we wish to extend the comparative study of the classifiers used to other classification methods, as well as try to explore more assertive classification techniques on a multi-label and highly class unbalanced news scenario.

REFERENCES

[1] R. Aronson, O. Bodenreider, *et al*. 2007. From Indexing the Biomedical Literature to Coding Clinical Text: Experience with MTI and Machine Learning Approaches. Computational Linguistics, (June): 105–112.

[2] M. Baroni, S. Bernardini, *et al*. 2004. Introducing the La Repubblica corpus: A large, annotated, tei(xml)-compliant corpus of newspaper italian. In In LREC 2004, pages 1771–1774.

[3] N. Hatzigeorgiu, M. Gavrilidou, *et al*. 2001. Design and implementation of the online ilsp Greek Corpus. In Proceedings of the 2001 Symposium on Applications and the Internet, 33–38, San Diego, California.

[4] T. Joachims. 1998. Text categorization with Support Vector Machines: learning with many relevant features. In Claire Nedellec and Céline Rouveirol, Proceedings of ECML-98, 137–142. Springer.

[5] N. Maria and M. Silva. 2000. Building a digital library of web news. In ECDL '00: Proceedings of the 4th European Conference on Research and Advanced Technology for Digital Libraries, 344–347. Springer.

[6] A. Neveol, S. Shooshan, *et al*. 2007. Multiple approaches to fine-grained indexing of the biomedical literature. Pacific Symposium on Biocomputing. Pacific Symposium on Biocomputing, 292–303.

[7] T. Rose, M. Stevenson,*et al*. 2002. The reuters corpus volume 1 - from yesterday's news to tomorrow's language resources. In Proceedings of the Third International Conference on Language Resources and Evaluation, 329–350.

[8] D. Santos and P. Rocha. 2001. Evaluating CETEMPúblico, a free resource for Portuguese. In ACL, 442– 449.

[9] S. Tan. 2005. Neighbor-weighted k-Nearest Neighbor for unbalanced text corpus. Expert Syst. Appl., 28(4):667– 671.

[10] Y. Yang and X. Liu. 1999. A re-examination of text categorization methods. In SIGIR '99: Proceedings of the 22nd annual international ACM SIGIR conference on Research and development in information retrieval, pages 42–49, New York.

[11] Y. Yang. 1999. An evaluation of statistical approaches to text categorization. Information Retrieval, 1(1-2):69– 90.

[12] L. Sarmento, S. Nunes, J. Teixeira, E. Oliveira. 2009. Propagating Fine-Grained Topic Labels in News Snippets. In the Workshop Intelligent Analysis and Processing of Web News Content integrated in IEEE/WIC/ACM 2009. pp.515-518, Milan, Italy, 15 September 2009.

HoldemML: A Framework to generate No Limit Hold'em Poker Agents from Human Player Strategies

Luís Filipe Teófilo
DEI/FEUP - Dep. Engenharia Informática, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal
LIACC - Laboratório de Inteligência Artificial e Ciência de Computadores, Universidade do Porto, Portugal
Porto, Portugal
luis.teofilo@fe.up.pt

Luís Paulo Reis
DEI/FEUP - Dep. Engenharia Informática, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal
LIACC - Laboratório de Inteligência Artificial e Ciência de Computadores, Universidade do Porto, Portugal
Porto, Portugal
lpreis@fe.up.pt

Abstract—**Developing computer programs that play Poker at human level is considered to be challenge to the A.I. research community, due to its incomplete information and stochastic nature. Due to these characteristics of the game, a competitive agent must manage luck and use opponent modeling to be successful at short term and therefore be profitable. In this paper we propose the creation of No Limit Hold'em Poker agents by copying strategies of the best human players, by analyzing past games between them. To accomplish this goal, first we determine the best players on a set of game logs by determining which ones have higher winning expectation. Next, we define a classification problem to represent the player strategy, by associating a game state with the performed action. To validate and test the defined player model, the HoldemML framework was created. This framework generates agents by classifying the data present on the game logs with the goal to copy the best human player tactics. The created agents approximately follow the tactics from the counterpart human player, thus validating the defined player model. However, this approach proved to be insufficient to create a competitive agent, since the generated strategies were static, which means that they are easy prey to opponents that can perform opponent modeling. This issue can be solved by combining multiple tactics from different players. This way, the agent switches the tactic from time to time, using a simple heuristic, in order to confuse the opponent modeling mechanisms.**

Poker; Data Mining; Machine Learning; Opponent Modeling; Artificial Intelligence (Keywords)

I. Introduction

Poker is a game that is increasingly becoming a field of interest for the AI research community on the last decade. The way to develop agents for Poker is rather different than developing for games like chess or checkers – complete information games. In these games, most methods are based on decision trees (e.g. minimax) in combination with heuristics to score each decision. Notable results in complete information games were achieved in the past. For instance, one of the most famous cases of success was the computer Deep Blue [1], which was the first A.I. to beat a Chess champion in a series of games.

Unlike Chess, Poker is an incomplete information game, because each player can only see its cards or the community cards. For this reason, the decision trees in Poker are probabilistic, which means that each branch of the tree has a probability of occurring, considering the type of opponent. Therefore, a competitive agent must model the opponents, to identify the probability of each possible action. By identifying the opponents playing style, it is possible to predict their possible actions and therefore make a decision that has better probability of success [2, 3].

The main goal of this work is to determine on how strategies used in the past by good human players can be used to support the creation of Poker agents. This work is distributed in the subsequent steps:

- Extract a good amount of games between good human players;
- Determine the best players present on the database;
- Define a classification problem: game state variables that can influence player's decision and the possible outcomes;
- Create a strategy by classifying game state instances;
- Create a framework that facilitates the replication of the above steps;
- Create and test generated agents.

The rest of the paper is structured as follows. Section II briefly describes Texas Hold'em Poker. Section III describes related work about approaches followed earlier to create Poker agents. Section IV describes the characteristics of the dataset that was used in this work. Section V presents the classification problem and the comparison of the machine learning algorithms that were used to solve it. Section VI describes the architecture of the HoldemML framework that was created to generate agents from game logs as well as some details about the implementation of the agent. Section VII describes tests and results of the games played by the produced agents. Finally, the section VIII presents the paper main conclusions and some pointers for future work.

II. Texas Hold'em Poker

Poker is a generic name for literally hundreds of games, but they all fall within a few interrelated types [4]. It is a card game

in which players bet that their hand is stronger than the hands of their opponents. All bets go into the pot and at the end of the game, the player with the best hand wins. Other way of winning is forcing all opponents to forfeit the hand, by raising the current bet. This work is focused on No Limit Texas Hold'em Poker, the most popular Poker variant nowadays.

A. Hand Ranking

A poker hand is a set of five cards that identifies the strength of a player in a game of poker. The hand is composed by the player pocket cards and the community cards – cards that belong to all players. Joining the pocket and community cards, if there are more than 5 cards, the hand rank is the best possible rank of all 5 card combinations.

The possible hand ranks are (stronger ranks first): Royal Flush (top sequence of same suit), Straight Flush (sequence of same suit), Four of a Kind (4 cards with same rank), Full House (Three of a Kind + Pair), Straight (sequence of cards), Three of a Kind (3 cards of the same rank), Two Pair, One Pair (2 cards with same rank) and Highest Card (when does not qualify to any other ranks).

B. No Limit Texas Hold'em

No Limit Texas Hold'em is a Poker variation that uses community cards. At the beginning of every game, two cards are dealt for each player. A dealer player is assigned and marked with a dealer button. The dealer position rotates clockwise from game to game. After that, the two players to the left of dealer post the blind bets. The first player is called small blind, and the next one is called big blind. They respectively post half of minimum and the minimum bets. The player that starts the game is the one on the left of the big blind.

After configuring the table, the game begins. The game is composed by four rounds of betting (Pre-Flop, Flop, Turn, River). In each round, in its turn, the player can perform the following actions: Bet, Call, Raise, Check, Fold or All-In.

In any game round, the last standing player wins the game and therefore the pot. If the River round reaches the end, the winner is the one with the highest ranked hand.

This variation of Poker is No Limit, which means that at any round of the game everyone is allowed to bet any amount above the minimum bet.

III. Related Work

Most noticeable achievements in Computer Poker are from the Computer Poker Research Group (CPRG) [5] from University of Alberta, mostly in the variant Limit Texas Hold'em. One of the most renowned publication of the group is [6] where is described a complete analysis of the evolution of artificial poker agent architectures, demonstrating strengths and weaknesses of each architecture both in theory and in practice. Another significant publication is [7] where a perfect strategy was defined for a very simple variant of Poker (Rhode Island). Another near-perfect strategy was achieved in [8] for Heads-Up No Limit variant, using the Nash Equilibrium Theory. More recently, it should be emphasized the article [9], which describes a new and more effective technique for building counter strategies based on Restricted Nash Response. Some achievements were also made using data mining classifiers like in [10] where were studied evolutionary methods to classify in game actions.

Despite all the breakthroughs achieved by known research groups and individuals, no artificial poker playing agent is presently known capable of beating the best human players.

A. Opponent Modeling in Poker

A large number of opponent modeling techniques are based on real professional poker players' strategies, such as David Sklansky, who published one of the most renowned books on poker strategy [4].

One possible classification is tightness and aggressiveness of the players. A player is tight if he plays 28% or less hands, and loose if he plays more than 28% of the times. With regard to aggressiveness, the player is aggressive if he has an aggression factor (Equation 1) over 1.0; otherwise it is a passive player.

$$\text{AgressionFactor} = \frac{\text{Number of Raises}}{\text{Number of Calls}} \tag{1}$$

B. Poker Hand Rank Evaluation

Hand rank evaluation consists in checking if a given Poker hand is better than another. Usually, the Hand Rank Evaluator takes a poker hand and maps it to a unique integer which is the score of the hand. Hands with equivalent rank have the same score and ands with lesser rank have a lower score. For poker AI, it is absolutely critical to have the fastest hand evaluators possible [11]. Any poker agent may have to evaluate thousands of hands for each action it will take. The fastest known evaluator is *TwoPlusTwo Evaluator* [12], which can evaluate about 15 millions of hands per second.

C. Odds Calculation

Evaluating the rank of the hand is giving a score to a set of cards. A Poker AI normally uses hand rank formulas to determine the hand odds. Hand odds measure the strength or the potential strength of a hand. This can be done by comparing the hand with the possible opponents' hands. This prediction is used to help measuring the risk of an action.

There are various known ways to determine the odds of a hand:

- Chen Formula [13]: this formula can determine the relative value of a 2 card hand.
- Hand Strength [6, 11, 14]: determines how many hands are ahead of ours, only taking into account the current available community cards.
- Hand Potential [6, 11, 14]: The hand potential is an algorithm that calculates PPOT and NPOT. The PPOT is the chance that a hand that is not currently the best improves to win at the showdown. The NPOT is the chance that a currently leading hand ends up losing. Therefore, they are used to estimate the flow of the game.

- Effective Hand Strength [6, 11, 14]: Combines the hand strength and the hand potential formulas in an unique measure.

D. Agent development tools

There are some software tools that can aid the development of a Poker agent. Most notable is the Meerkat API [11] that easily allows the creation of Poker agents. The Meerkat agents can be tested using game simulators that support this API. The original simulator is Poker Academy [15], but there are other open source solutions like Open Meerkat Test Bed [16].

IV. Poker Data Extraction and Analysis

To create player models from past human games we required a great amount of Poker games to analyze. The selected data source is composed of game logs from online casinos. The Poker game logs represent the list of actions of the players during the games on a given Poker table. These files don't represent the state of the game. So, to analyze the game it is necessary to replay the game with the same actions and card distribution. For each action, the game state and the action is stored in a database.

Obtaining information from these documents is difficult since these files typically do not contain an organized structure, making it difficult to parse the information. Moreover, there is no standard to represent game movements: each online casino has its own representation of logs. For this reason, to combine data from multiple sources, a new parser is needed for each game log format. The logs were converted to a common format that is presented in section VI.

The package of game logs that was used in this work can be found here [17]. Some characteristics of the game logs can be found on table 1.

TABLE I. Game logs characteristics

Characteristic	Value
Number of games	51.377.820
Number of players	158.035
Number of showdowns	2.323.538
Number of players with 500 or more showdowns	183

To characterize a game state, from the standpoint of the player, in order to learn his tactic, it is necessary to know which cards the player had. As it can be seen on table 1, the percentage of games in which card exposal occurs is very reduced, and only 183 players showed their cards more than 500 times. These were the players that were selected for this work.

After obtaining the game data, we selected the best players available in order to learn the best tactics. For this task, a player list was generated containing some information about each player. The criteria used to choose a good player was its earnings as, for instance, a player with high negative earnings probably doesn't have a good tactic.

TABLE II. Characteristics of the extracted players

Name	Game Count	Number of shows	Earnings	Winning expectation
John	15.763	638	1.003$	+ 0.06$
Kevin	20.660	838	30$	+ 0.00$
David	77.598	2.103	14.142$	+ 0.18$
Jeff	33.257	882	-4.945$	- 0.15$

The table II presents the players that were analyzed on this paper. Players with different expectations (average money per game) were chosen, to conclude if players that won more money on the past generate agents with better game performance. It should be noted that a player with negative earnings was included (Jeff). This served for testing purposes, to check if a tactic generated from a theoretical bad player loses against a tactic from a theoretical good player.

V. Learning Poker Strategies

To learn the tactics of the players, we used supervised learning algorithms. To facilitate both the learning process and the implementation of the agent, WEKA [18] software was used. For each player it was obtained an ARFF file with all game states, of the chosen players, in games with showdown. The characteristics used to classify the players' tactics were the ones that might influence the players' decisions during the game: position in table, money, last opponent's action, Sklansky classification of last opponent.

```
@relation poker
@attribute positionScore numeric
@attribute effectiveHandStrength numeric
@attribute percentageMoneyToBet numeric
@attribute percentageMoneyOnTable numeric
@attribute possibleWins numeric
@attribute lastOpponentAction {call,raise}
@attribute isLastPlyrAggres {true, false}
@attribute isLastPlyrTight {true, false}
@attribute action {call, raise5, raise10,
raise15, raise20…}
```

The position score attribute represents the value of the position of the player on the table. The value is greater if the player is closer to the dealer. When the player is the dealer, the position score value is 1. The effective hand strength [6, 11, 14] attribute characterizes the odds of the player winning the round with the current cards. The percentage of money to bet represents the percentage of the player's chip amount that he has to put on the table to call the hand. The percentage of money on table defines the percentage of chips that the player has already put on the table, in the current game. The possible wins attribute represents how much chips the player can win comparatively to his own stack. Next, we have the last opponent action (call or raise) and the Sklansky classification

of the last opponent: aggressive or passive (equation 1) and tight or loose [4].

The last attribute is nominal and it represents the player's action, being, for that reason, the class attribute. Another important fact to note is that each player has four ARFF files associated with it, each one representing a game round (Pre-Flop, Flop, Turn, River) . This is because tactics used during the game tend to be different in each game round, due to factors such as the varying number of community cards available.

Different classifiers were tested to build this model. The classifiers that obtained a smaller average error (using tenfold cross validation) were search trees, more particularly Random Forest Trees (Figure 1). The errors were relative high as was expected as players tend to change tactic during the game, making it difficult to find a consistent pattern.

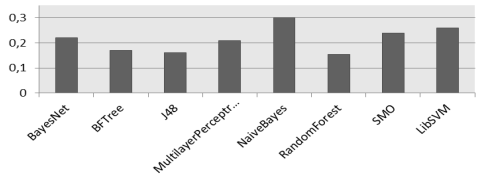


Figure 1. Average classifier error rate.

The classifiers error rate was also analyzed per round (Figure 2). It can be observed that the error is much higher in Flop and Turn rounds than in Pre Flop and River rounds. This was expected for Pre Flop round, since there are no communities cards, the tactics tend to be simpler. As for River round, this can be explained by the lower number of players that reach this round.

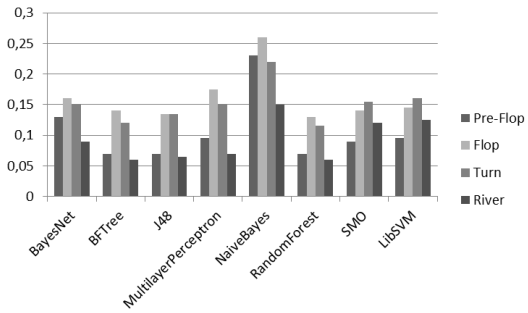


Figure 2. Average classifier error per round

VI. HOLDEMML FRAMEWORK

The **HoldemML Framework** global architecture can be seen in Figure 3. Initially we have different data sources that contain poker game data. Since each data source can represent the data in a different way, we must convert the data into a common format in order to combine the information from different logs, because the same player might play in different online casinos.

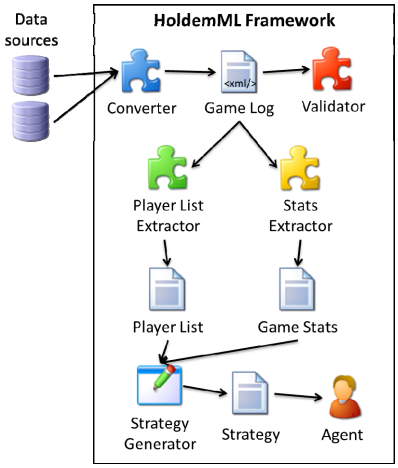


Figure 3. HoldemML Framework

The role of converting data into a common format is played by **HoldemML Converter**. The output files are in XML format and follow the following tree scheme (Figure 4).

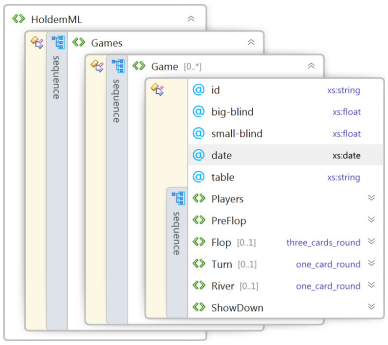


Figure 4. HoldemML XML Schema

It is also possible to verify whether the documents from data sources are already in the format set as default, using the **HoldemML Validator** module.

Having the data ready to process, the next step was to extract the game variables that define the game state and the action performed by the players to use as training set for the classifier. The module that extracts the game variables is **HoldemML Stats Extractor**, generating a game stats file. **HoldemML Stats Extractor** requires as input the games logs and a player list. The player list is created by **HoldemML Player List Extractor** and it contains the list of all players present on the set of game logs as well as information about the player performance in the games that it participated. The player list is also used to determine players with little game

participation which, for that reason, should not be used to train the classifiers.

After generating the game stats file and the player list file, they are used by **HoldemML Strategy Generator** to create a strategy file. The game stats file is the main source of information to generate a strategy, but the player list is also useful to give information about opponents.

After generating the player models, it is possible to use the **HoldemML Strategy Generator** to create an agent, by choosing the tactics by which the strategy of the agent to be generated is composed and the heuristic that changes the tactic through the game. Three simple heuristics were included: random tactic change; time to time tactic change; change tactic when the agent is losing money with the current one.

The generated agents use the Meerkat API [11]. The agent's strategy is described in Figure 5. The agent contains various tactics and a tactic chooser module. The tactic chooser module recovers information about the events that occur on the game table and when is called for action it chooses one of the tactics to determine the action.

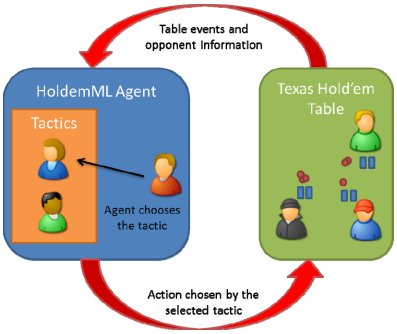


Figure 5. HoldemML agent behaviour

One potential problem with this player model is that the agent never folds its hands, since these actions weren't considered on the training set because the players don't show their cards when they fold. To solve this problem, a criterion was defined to fold some hands. The defined criterion was that if the hand strength [6] is below 50%, than the agent has a probability of folding equal to its tightness level. The agent also folds when it can't find any class with high significance level.

VII. Tests and Results

After the implementation of the framework, four types of tests were used to validate this approach: behavior tests, tests between generated tactics, tests against other agents previously developed and strategy tests. All tests were made using the Open Meerkat Test Bed, with 1.000 cash games per test and table seat permutation. The players used on the test are described on table II. The behavior tests are presented on table III. As it can be observed, the agent approximately conserved the real player Sklansky's classification.

TABLE III. Agent Behaviour Testing

Name	Agent AF	Real player AF	Agent tightness	Real player tightness	Agent classif.	Real player classif.
John	4,77	5,12	0,32	0,31	L.Agg.	L.Agg.
Kevin	1,55	1,49	0,25	0,23	T.Agg.	T.Agg.
David	16,04	13,22	0,19	0,19	T.Agg.	T.Agg.
Jeff	9,42	8,40	0,44	0,33	L.Agg.	L.Agg.

In Figure 6 it is presented the bankroll evolution in a series of games between HoldemML agents. The humans that won more money in real life generated a better agent.

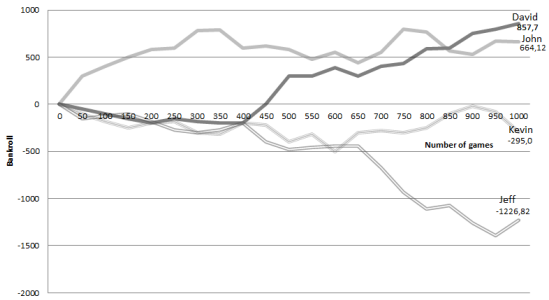


Figure 6. Games between HoldemML agents

Next, we tested HoldemML John agent against HSB Bot (Figure 7) which is an agent that chooses his actions based on its effective hand strength [6]. HoldemML John clearly won the match by a large margin of 1.677, 30$. HoldemML John was also tested against an agent that always calls its hands, achieving similar results.

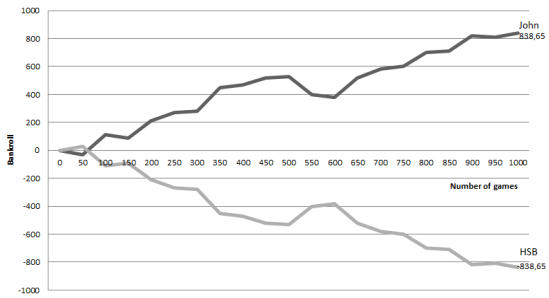


Figure 7. Games between HoldemML John and Hand Strength Bot

Finally, we tested HoldemML John agent against MCTS Bot [19]. The HoldemML agent was totally defeated (Figure 8), because the MCTS Bot is capable of opponent modeling.

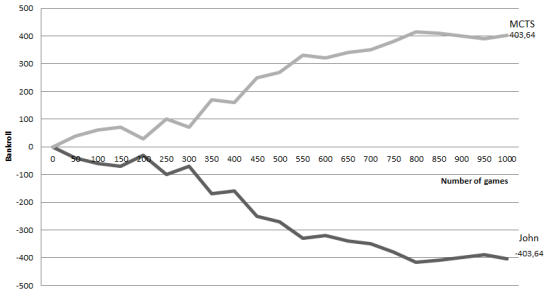


Figure 8. Games between HoldemML John and MCTS Bot[19]

The results improved a lot by using a strategy that combines multiple tactics of generated agents (Figure 9). The tactic changes when the agent is losing money, therefore it confuses the opponent modeling mechanisms of MCTS Bot. We can observe some cycles on the chart due to this fact. When the agent starts losing money, it changes its tactic, and after a little while it starts winning again, until the moment that the MCTS Bot discovers the new tactic.

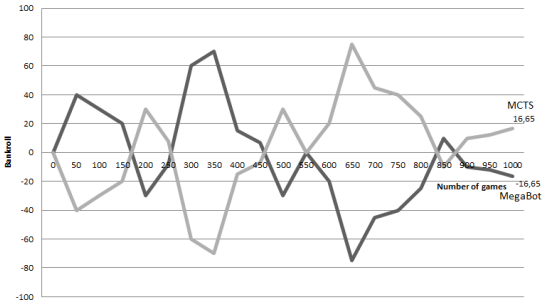


Figure 9. Games between HoldemML MegaBot and MCTS Bot [19]

VIII. Conclusions and Future Work

There is still a long way to go to create an agent that plays poker at the level of the best human players. This research presented an approach based on supervised learning methodologies, where the agent relies on pre learned tactics based on past human experience to decide upon its actions. The created agents are not competitive against good poker players that are capable of opponent modeling. However the results greatly improved after combining various tactics, which means that an agent should not use a static tactic in a game like Poker.

This approach can be promising for good human players, since they can create an agent based on their logs that will play like for them, autonomously. Plus, since these players have access to their own logs, they have much more information to create more representative player models.

The generated agents could be improved in the future, by defining a more complex player model or by specifying better heuristics to change tactic along the game.

Acknowledgements

I would like to thank Fundação para a Ciência e a Tecnologia for supporting this work by providing my PhD Scholarship SFRH/BD/71598/2010. Finally, I thank to Departamento de Engenharia Informática and ProDEI for providing financial support for the conference registration.

References

[1] Feng-Hsiung Hsu, Behind Deep Blue; Building the Computer that Defeated the World Chess Champion. Princeton University Press (2002)

[2] Darse Billings, Dennis Papp, Jonathan Schaeffer J, Duane Szafron; Opponent modeling in poker. In proceedings of AAAI '98/IAAI '98, Madison, Wisconsin, United States, 1998. pp 493-499

[3] Aaron Davidson; Opponent modeling in poker. M.Sc., University of Alberta, Edmonton, Alberta, Canada (2002)

[4] David Sklansky; The Theory of Poker: A Professional Poker Player Teaches You How to Think Like One. Two Plus Two (2002)

[5] Computer Poker Research Group (CPRG) Homepage http://webdocs.cs.ualberta.ca/~games/poker/. Accessed 10 January 2011

[6] Darse Billings Algorithms and Assessment in Computer Poker. Ph.D., University of Alberta, Edmonton, Alberta, Canada (2006)

[7] Andrew Gilpin, Tuomas Sandholm; Better automated abstraction techniques for imperfect information games, with application to Texas Hold'em poker. In proceedings of 6th international joint conference on Autonomous agents and multiagent systems, Honolulu, Hawaii, 2007. ACM, pp 1-8

[8] Peter Bro Miltersen, Troels Bjerre Sørensen; A near-optimal strategy for a heads-up no-limit Texas Hold'em poker tournament. In: 6th international joint conference on Autonomous agents and multiagent systems, Honolulu, Hawaii, 2007. ACM, pp 1-8

[9] Michael Johanson, Michael Bowling; Data Biased Robust Counter Strategies. In proceedings of AISTATS, 2009. pp 264-271

[10] Brien Beattie, Garrett Nicolai, David Gerhard, Robert J. Hilderman; Pattern Classification in No-Limit Poker: A Head-Start Evolutionary Approach. In proceedings of 20th conference of the Canadian Society for Computational Studies of Intelligence on Advances in Artificial Intelligence, Montreal, Quebec, Canada, 2007. Springer-Verlag, pp 204-215

[11] Dinix Felix, Luís Paulo Reis; An Experimental Approach to Online Opponent Modeling in Texas Hold'em Poker. In proceedings 19th SBIA: Advances in Artificial Intelligence, Savador, Brazil, 2008. Springer-Verlag, pp 83-92

[12] Poker Bot Artificial Intelligence Resources. http://spaz.ca/poker/. Accessed 18 January 2011

[13] Bill Chen, Jerrod Ankenman; The Mathematics of Poker. Conjelco (2006)

[14] Dinix Félix, Luís Paulo Reis; Opponent Modelling in Texas Hold'em Poker as the Key for Success. In proceedings of 18th ECAI 2008, Amsterdam, Netherlands, 2008. IOS Press, pp 893-894

[15] Poker Academy. http://www.poker-academy.com/. Accessed 28 December 2010.

[16] Opentestbed. http://code.google.com/p/opentestbed/. Accessed 28 December 2010

[17] Out Flopped Poker Q & A – Obfuscated data mined hand histories. http://www.outflopped.com/questions/286/obfuscated-datamined-hand-histories. Accessed 18 January 2011

[18] Mark Hall, Eibe Frank, Geoffrey Holmes, Bernhard Pfahringer, Peter Reutemann, Ian H. Witten; The WEKA data mining software: an update. SIGKDD Explor News, 2009, pp 10-18

[19] Guy Broeck, Kurt Driessen, Jan Ramon; Monte-Carlo Tree Search in Poker Using Expected Reward Distributions. In proceedings 1st Asian Conference on Machine Learning: Advances in Machine Learning, Nanjing, China, 2009. pp 367-381

Foundations for Creating a Handball Sport Simulator

Catarina B. Santiago
DEI, FEUP and Robis, INESC-Porto
Porto, Portugal
catarina.santiago@fe.up.pt

Luís Paulo Reis
DEI, FEUP and LIACC
Porto, Portugal
lpreis@fe.up.pt

Rosaldo Rossetti
DEI, FEUP and LIACC
Porto, Portugal
rossetti@fe.up.pt

Armando Sousa
DEEC, FEUP and Robis, INESC-Porto
Porto, Portugal
asousa@fe.up.pt

Abstract— **Recently there has been a growing interest by the sports' community (educators and coaches) in analyzing efficiently the performance of handball players and teams. The information collected from such analysis is used to better understand the difficulties of trainees, players or even entire teams and formulate adequate training and strategic plans. Usually this evaluation is too self contained and does not explore the many tools there are available nowadays. This paper proposes a simulation tool to tackle this problem and establishes the bases for a Handball Sport Simulator. The simulator developed has its origins on the Soccer Server simulator used on the RoboCup competition and includes the main handball game rules and player actions. This paper establishes the ground foundations for a Handball Simulator and results show that the handball rules and actions can be modeled.**

Keywords-Simulation; modelling; team sports; handball;

I. INTRODUCTION

Analyzing complex systems such as collective sport games can be a very hard task, especially because it is a real world complex problem characterized by having several agents co-existing and interacting with each other (players of the same team and of opposing teams) that can make unpredictable decisions or actions when confronted with the same situations. In order to better understand these dynamics and try new tactics to improve a team's performance, simulation and modeling tools may be used. The information collected from such analysis is very valuable to educators and coaches since it allows them to better understand the difficulties of a player or team, perform tactical analysis, appraise playing decisions, understand other teams' behavior and formulate adequate training and strategic plans. It also enables the possibility to create test scenarios that can help during teaching.

The usage of simulation and modeling tools also brings the added advantages of experimentation in compressed time and visual demonstration. The experimentation in compressed time allows performing multiple runs of each simulated situation which increases the statistical reliability of the analysis. Visual demonstration represents a user friendly way of representing the outcomes of the simulation process that can be easily understood by the sport's experts which are not used to deal with high level computational systems.

This paper proposes adapting the Soccer Server [1] simulator to the handball scenario. Due to the different characteristics of the two sports several changes had to be implemented and will be described in the following sections.

The remainder of this paper is organized in 5 sections. The following section introduces the topic and provides a description of the work that has been made in this area. Section III explores the characteristics of the handball environment and the Soccer Server in order to define the simulator requirements. Section IV gives a detailed explanation of the implemented architecture. The last two sections show the results achieved so far and draw some conclusions and future work.

II. RELEVANT WORK ON THE AREA

In recent years there has been a growing interest on performing collective sports' analysis using simulation tools. One of the first systems developed was the Soccer Server [1, 2, 3]. The Soccer Server is based on a physical soccer simulation system that "*supports competition among multiple virtual soccer players in an uncertain multi-agent environment, with real-time demands as well as semi-structured conditions*" [2]. It has been used by many researchers [4, 5, 6, 7] and is the official simulator of the RoboCup Simulation League.

The Soccer Server architecture is multi-agent as illustrated on Fig. 1. The Soccer Server receives commands from the players (actions they intend to perform), simulates the players and ball movements and sends back to the players the environment perceptions. Each client controls its own movements and connects to the server via UDP/IP sockets. The server runs in real-time with discrete time intervals.

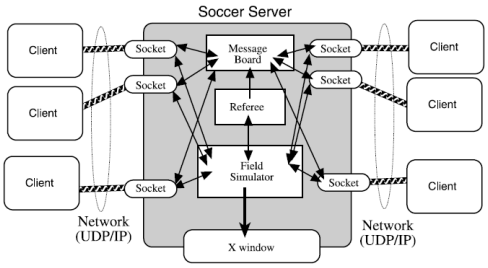


Figure 1. 2D Soccer Server architecture [3].

Yu Zhang proposed another soccer simulation environment, the TAO of Soccer (TOS) [8, 9] which consists on a simplified client/server interface. TOS is a multi-player real time soccer simulation game where humans can control soccer players and compete or cooperate with Artificial Intelligent soccer players. The simulator is composed of five main classes (Fig. 2): *soccer world* represents the TOS environment (soccer field, player teams, ball and groups of viewers), *host* is a thread that waits for connection requests and actions from the clients, *heart of world* calculates and provides perceptions to the agents and

updates the Soccer World at each simulation step, *soccer rules* simulates and calculates the soccer rules (acting like a referee), *soccer physics* simulates the players and ball movements. Players are modeled as circles, have visual and aural perceptions and are able to perform drive, kick and broadcast actions.

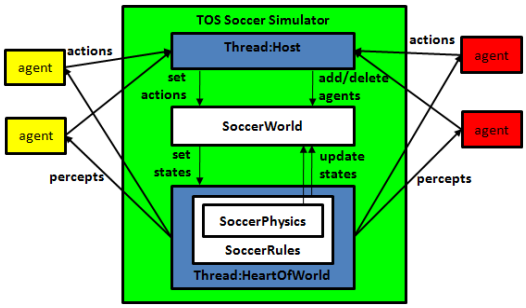


Figure 2. TAO of Soccer architecture [9].

There are also simulators for hockey, Micro Robot Hockey Simulator [10, 11], and basketball, RoboNBA [12].

The Micro Robot Hockey Simulator does not model human behavior however it provides a realistic model of robotic systems playing hockey. The architecture is object oriented and based on a single process. It consists of six major components (Fig.3): *current state* stores all state variables (positions, velocities and accelerations) at each simulations step, *strategy* defines actions for each robot based on information from the current state, *inverse kinematics* converts high-level commands into low-level robot control commands, *motion scheduler* keeps track of a list of low-level robot commands that need to be executed at each simulation step, *forward kinematics* calculates the game elements' state for the next step and *event dynamics* checks for collisions and verifies the new system's state. Players (hockey robots) are modeled as rectangles with two wheels and a kicker while the puck is modeled as a line segment. The perceptions correspond to the current state of the system and actions are shoot to goal, pass to teammate, move with the puck and move to offense waypoint.

RoboNBA uses the Soccer Server [1] as basis, however players can perform simpler actions and receive more accurate perceptions (without noise). This simulator has three main components, the *server environment* with players, ball and field, the *player's actions* shoot, pass, run, turn direction and catch and finally the *sensor model* that provides accurate information about the other players and ball as long as they are in a given range. With this test bed the authors intend to study the relationships between local behaviors of agents and global performance of multi-agent systems.

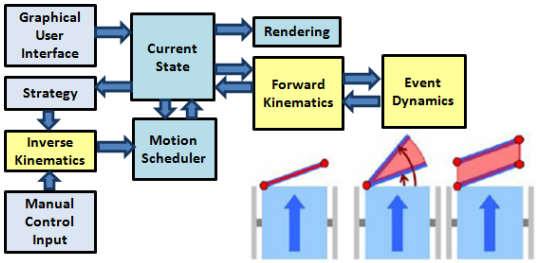


Figure 3. Micro Robot Hockey Simulator architecture and robot model [10].

A comparative overview of the characteristics of these four team game simulators is presented on Table I. From the existing literature it is possible to verify there is a lack on simulators applied to the handball game domain. In this paper we propose to adapt the existing Soccer Server structure, since it is the one that, at the moment, best models the human behavior (including actions and perceptions), to the handball world. In order to achieve this goal several features must be changed, namely the environment (field characteristics), the players' behavior (add new actions) and some rules as will be seen on the following section.

III. Simulation Requirements

This section provides an explanation of the handball game environment so that the requirements necessary to develop the Handball Server can be identified. Additionally, a detailed explanation of the Soccer Server is given in order to understand the main changes highlighted in section IV.

A. Handball Game

Handball [13] is usually played indoor (although there is a beach variant) on a field of 40x20 meters as can be seen on Fig. 4. It is played by two teams of seven players each (six court players and a goalkeeper). The objective of the game is to throw the ball into the opponent's goal and defend one's own goal from attack. The team with most goals after two periods of 30 minutes wins.

TABLE I. Game Simulators Overview

Characteristics	***Soccer Server***	***TOS***	***Hockey Simulator***	***RoboNBA***
Simulation	2D	2D	2D	2D
Perceptions	Visual, aural, referee and body	Visual, aural and referee	Current state of the world	Own info., ball and holder info.
Actions	Turn, dash, kick, turn neck, say, point to, pay attention to, tackle	Drive, kick, broadcast	Shoot, pass, move with puck, move to	Shoot, pass, run, turn direction, catch
Visualizer	2D	2D/3D	3D	2D
Physical Model	Circles with physical equations (noise included)	Circles with physical equations	Rectangles with physical model	Circles
Architecture	Client/Server, Multi-agent	Client/Server, Multi-thread	Single process program	Multi-agent

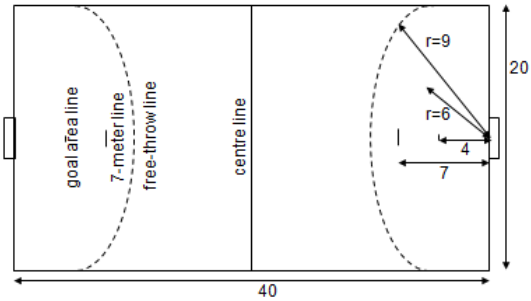


Figure 4. Handball field dimensions (m) and characteristics.

Handball has five different throws: throw off, throw in, goalkeeper throw, free throw and 7 meter throw. The most important rules applied in the game are summarized on Fig. 5.

The attacking players

ALLOWED	NOT ALLOWED	CONSEQUENCES
Throw and catch the ball using hands and arms	Block or kick the ball using the foot	Free throw for the defending team
Pass the ball to a team mate	Hold the ball for more than 3 seconds	Free throw for the defending team
Bounce the ball with one hand and catch it again	Bounce the ball, catch it and bounce it again = Dribble fault	Free throw for the defending team
Take a maximum of 3 steps with the ball	Take more than 3 steps with the ball	Free throw for the defending team
Move outside the goal areas	Enter the goal area	Goalkeeper throw
Touch the ball in the air above the goal area	Touch the ball lying inside the goal area	Goalkeeper throw
Break though the defence	Charge the opponent or run into a defending player = Offensive foul	Free throw for the defending team
Pass the ball in order to create a scoring chance	Keep the ball in the team's possession without creating a scoring chance = Passive play	Free throw for the defending team

The defending players

ALLOWED	NOT ALLOWED	CONSEQUENCES
Use the hands and arms to block the ball	Pull or hit the ball out of the hands of the attacking player	Free throw for the attacking team
Make a frontal body contact with the attacking player	Hold the attacking player's body/ shirt, push run or jump into him/her	Free throw/progressive punishment
Stay outside the goal area	Use the goal area as a defence position/ prevent a clear scoring chance	7 metre throw
Stay at least 3 metres away from the attacking player when executing a throw to (re)start the game	Interfere with an attacking player when executing a throw to (re)start the game	Progressive punishment

The goalkeeper

ALLOWED	NOT ALLOWED	CONSEQUENCES
Touch the ball with any part of the body inside the goal area	Take the ball into the goal area from outside the 6m line	Free throw for the attacking team
Leave the goal without the ball and play as a field player	Leave the goal area with the ball	Free throw for the attacking team

Figure 5. Handball rules (in [14]).

Table II describes the personnel punishments given in handball.

TABLE II. HANDBALL PERSONNEL PUNISHMENTS

Punishment	*Description*
Warning	Given for offensive fouls and fouls that are to be punished progressively. Indicated by a yellow card.
Suspension	The foul committed is severe, the player already had a warning or the ball is not put down immediately by a player when a free throw is called against his/her team. A suspension implies the team will play with less one player for 2 minutes.
Disqualification	Given to players that commit fouls which endanger the opponent's health or if the player already had three suspensions. The player is forbidden to play during the rest of the game and the team will play with less one player for 2 minutes.
Exclusion	The severest punishment a player can get. It is given to players that commit infractions or unsportsmanlike conduct during free or 7 meter throws. The team will play with less one player until the end of the game.

B. *Handball Server Requirements*

Given the handball game characteristics the Handball Server requirements can be subdivided in three areas: moving objects, environment and game rules as stated on Table III.

TABLE III. HANDBALL SERVER REQUIREMENTS

Area	*Requirements*
Moving objects	Both the players and the ball must be present. Object movement should be realistic. Players should be able to perform the handball actions (throw, catch, dribble and step). Players should be able to interact with the environment and receive information from it.
Environment	Reflect the field area, spaces and lines as defined on Fig. 4.
Game rules	Provide mechanisms to detect fouls (as defined on Fig. 5). Punish players for not following the rules (Table II).

C. *Starting Platform Choice*

Taking into consideration the characteristics of the platforms highlighted on section II (Relevant Work on the Area), the Soccer Server seems to be the best option as a starting platform, not only because it contains a very realistic structure to model the players' behavior which includes the movement model with added noise, the actions they are able to perform and the perceptions they are able to perceive but also the possibility to have players with distinct characteristics that perform actions differently (heterogeneous players).

D. *Soccer Server Characteristics*

The Soccer Server *environment* is represented by the field with lines and specific flags to help players locate themselves. These flags are percept by players through a visual sensor.

Players have three types of *sensors*: aural, visual and body sensors. The aural sensor detects messages sent by the referee, coaches and other players. The visual sensor detects visual information on the field of view of the player but can also sense objects that are behind the player. The body sensor detects the current physical status of the player (stamina, speed and neck angle). In order to provide a more realistic perception of the world sensors have added noise and both the aural and visual sensors have limited distance range and limit bandwidth, respectively.

Players can perform several *actions*: turn direction, dash to move throughout the field, kick the ball, turn the neck, say messages to other players, point to a location, pay attention to an area and tackle. The goalkeeper can also catch the ball with a probabilistic model. By performing dash commands the player consumes a certain amount of stamina that gets replenished slightly each cycle. This recovery rate is diminished if the player stays with a low stamina value for a long time. Also if the player gets into effort (for example when it sprints) the effectiveness of its actions gets reduced.

The object *movement model* includes velocity (v_x^t, v_y^t) and acceleration (a_x^t, a_y^t) and obeys to (1). To reflect unexpected movements, the model adds noise to the objects' movement and checks for collisions at the end of each simulation cycle. The player/ball intersection obeys to a probabilistic model.

$$\begin{aligned}
&\left(u_x^{t+1}, u_y^{t+1}\right) = \left(v_x^t, v_y^t\right) + \left(a_x^t, a_y^t\right) : accelerate \\
&\left(p_x^{t+1}, p_y^{t+1}\right) = \left(p_x^t, p_y^t\right) + \left(u_x^t, u_y^t\right) : move \\
&\left(v_x^{t+1}, v_y^{t+1}\right) = decay \times \left(u_x^{t+1}, u_y^{t+1}\right) : decay\ \ speed \\
&\left(a_x^{t+1}, a_y^{t+1}\right) = (0,0) : reset\ \ acceleration
\end{aligned} \qquad 1$$

The acceleration (2) is obtained from a Power parameter used on the dash and kick action commands.

$$\left(a_x^t, a_y^t\right) = Power \times power\_rate \times \left(\cos\theta^t, \sin\theta^t\right) \qquad 2$$

The server also contains a referee that is responsible for observing the rules of the game and a coach that can give instructions to the players. The referee is able to detect some situations such as goals, ball out of field, players incorrectly placed during kick offs, back passes and free kick fouls. Coaches are privileged clients used to provide assistance to the players and can be of two types: online coach and trainer. The trainer can only be used during the team development stage and has more control over the game. The online coach may connect to official games to provide additional advice and information to the players.

Some of the requirements established for the Handball Server are already inherent to the Soccer Server, namely the ones concerning the object movement and the referee engine. However, some new functions had to be implemented and others adapted as will be seen on the following section.

IV. Implementation

This section describes how the requirements established on the previous section were implemented on the Soccer Server simulator to build the Handball Server.

A. Environment

In order to adapt the environment for handball it was necessary to change not only the field size and field lines (Fig. 6) but also the position of the flags (visual perceptions) as well as to implement new mechanisms to detect if the players or the ball are in areas of the field where they are not allowed, such as goal and free throw areas and to remove them out or put them into those areas (*truncateToPitch*, *moveIntoGoalArea*, *moveOutOfGoalArea*, *inGoalArea*, *moveIntoFreeThrowArea*, *moveOutOfFreeThrowArea, inFreeThrowArea*).

Figure 6. Handball field provided by the handball monitor.

In handball the coach can perform as many substitutions as desired and the player substituted can be used again afterwards. In order to accomplish these two features the restrictions on the number of substitutions and on disabling a player whenever it is substituted were removed from the Soccer Server.

B. Moving Objects (Players' actions)

Although handball is played with hands and soccer with the feet the great majority of moves used in soccer can also be used for handball in a 2D simulation. So actions like dash, turn direction, turn the neck, say messages, point to, pay attention to and tackle are still valid and can be used for handball. On the other hand it does not make sense to use the kick command that was renamed to throw command.

For players to progress with the ball throughout the field two main moves are allowed in handball: dribble and step. The dribble movement can be achieved by performing throw and dash commands in sequence. To perform the step move, that is quite common during attack situations, it was necessary to implement a new action called *step*. Using the step action the player is able to move with the ball in his hand (which makes it impossible for other player to grab the ball) to a given direction with a given power. The player is allowed to give a maximum of three step commands otherwise it will commit a foul highlighted by the referee which results in a free throw for the opponent team (IV-C Game Rules). The number of steps a player performs consecutively is therefore recorded. Like the dash command, the step command also consumes stamina, however by issuing the step command the player can progress on the field quicker than using the dribble.

Contrary to soccer fielders, handball fielders can catch the ball and hold it for a maximum of 3 seconds. To do it, they have at their disposal a command, *catch*, similar to the *goalieCatch* of the Soccer Server. However the fielders cannot catch the ball so far away as the goalkeeper. The simulator is

able to keep the track of how many seconds the player holds the ball while standing (which means it has no velocity). If this time exceeds the 3 seconds the referee highlights a foul and awards a free throw for the opponent team (IV-C Game Rules).

C. *Game Rules*

The game rules engine has to provide mechanisms to detect fouls, punish players and teams and if necessary move players away from irregular positions. Regarding personnel punishments, our simulator is able to issue three of the four different types of personnel punishments: Warning, Suspension and Disqualification.

Warnings are issued to players that perform a tackle to an opponent and touch it. When a player receives a second warning it automatically receives a suspension, is moved to a place outside the game area and disabled from playing for 2 minutes. In case a player accumulates three suspensions it is disqualified and automatically replaced by another player that will wait for 2 minutes before being able to play again.

Concerning fouls the Handball Server is able to detect:

- Hold the ball for more than 3 seconds, for doing that it keeps a record of how many seconds the player is standing (the player has no velocity) with the ball in its possession (it is the ball holder). In case the 3 seconds are exceeded the Server Referee awards a free throw to the opponent team. The free throw is taken from the spot where the foul was committed except if it occurred inside the free throw area, in this case the free throw is taken on the nearest place outside the free throw area. Before a free throw can take place all the players of the throwing team are placed outside the free throw area of the other team.
- Perform more than 3 steps with the ball. A step is only eligible for counting to this foul if the player is holding the ball, which means it is the ball holder. If a 4 step movement is detected then a fault is declared and a free throw is awarded to the opponent team.
- Touch the ball lying inside the goal area. The fielders are not allowed to touch the ball inside the goal area independently of being defending or attacking. Therefore whenever a fielder touches the ball it is checked if the contact happened inside a goal area. If it occurs in the player's own goal area then it is awarded a 7 meter throw to the attacking team, if it occurs in the opponent goal area it is awarded a goal throw for the defending team. These two throws can only be executed if all players except the goalkeeper are outside the goal area and if the goalkeeper is behind the goal line, if that is not true then the Server automatically performs this distribution. For the goal throw the ball is placed 1 meter behind the goal line and for the 7 meter throw the ball is placed on the 7 meter line.
- Charge the opponent. Like in the Soccer Server the tackle command is used to try to gain control of the ball while in possession of the opponent's team, however using this command can incur in a free throw or even in a warning if the foul is more severe (in other words if it is considered an intentional foul).

V. RESULTS

The Handball Simulator inherits the Soccer Server capability of connecting monitors in order to debug and have a better understanding of what is going on. We used a monitor to debug and test the features implemented (Fig. 6). The action commands were tested by placing the ball in front of a player and performing Catch, Dash, Step and Throw commands. The foul detection mechanisms were also tested by simulating the faulty situations and checking if the foul was detected and if the right actions were taken.

In case fielders try to catch the ball inside a goal area the system is able to detect it and change the playing mode either to goal_throw or 7_meter_throw depending if the player committed the foul inside its goal area or inside the opponent's team goal area (Fig.7).

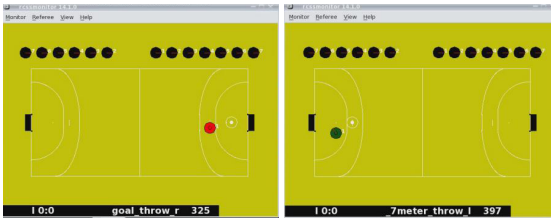
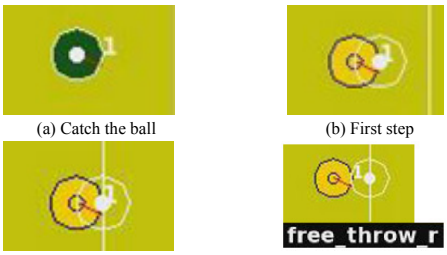


Figure 7. Goal throw (right) and 7 meter throw (left) after the player committed a foul.

Whenever a player performs more than 3 steps holding the ball the referee attributes a free throw to the opponent team (Fig. 8).



(a) Catch the ball (b) First step

(c) Third step (d) Fourth step and foul

Figure 8. Foul for performing more than 3 steps.

Free throws are also awarded to players that stand holding the ball for more than 3 seconds (Fig. 9). Where 30 in the cycle number indicates the 3 seconds.

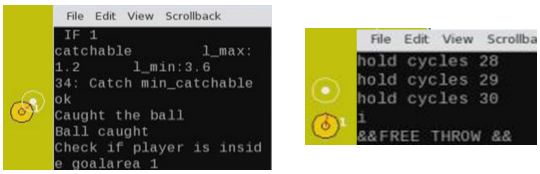


Figure 9. Foul for holding the ball more than 3 seconds.

The personnel punishments of the players are indicated by a yellow card (warning) and a red card (2 minute suspension) as shown on Fig. 10.

Figure 10. Player's personnel punishments.

If a player is given a 2 minute suspension it is removed automatically from the playing area for 2 minutes and disabled from playing.

VI. Conclusions

This paper presented a Handball Simulator based on the Soccer Server of RoboCup competitions which provides very realistic movement and action models and allows developing multi-agent methodologies useful to test complex situations as is the case of sport's games. The main objectives were to adapt and develop new actions and game rules to be used in the handball game environment. To achieve these objectives the main changes had to be identified and implemented in the server, which included not only changing the environment, but adding new action commands and specific rules of handball. With this it was possible to establish the ground foundations for a Handball Simulator.

In order to validate the changes introduced, tests were made using a test player. The outcome of these commands was assessed using the visual information provided by a monitor that shows the state of the world at each simulation step. Table IV summarizes the results achieved.

TABLE IV. Results Overview

Implementation	***Completed***
• Field and area detection • Number of substitutions • Step and player catch commands • 3 second and 3 step fouls • Foul for touching the ball inside the goal area • Foul for charging the opponent • Warning, suspension and disqualification punishments	●
• 3D ball model • Allow "flying" game play inside goal area • Foul for dribbling, stop and dribling • Foul for using the goal area as a defence position • Exclusion punishment • Implement test scenarios • Model a real team and test in game situations	○

Future work will concern on implementing the remainder fouls and developing a team that is able to play in order to effectively validate the actions and rules implemented. Another interesting evaluation would be to perform tests with sport experts in order to test the usability of the simulator and to create test scenarios that can be useful during the teaching process.

It is also intended to turn this project more ambitious by developing teams whose players reflect the characteristics of real handball players so that teachers and sport professionals can use it to assess the usage of specific plays and team formations against a given opponent. Since on handball the ball is always away from the ground, an interesting feature to explore would be modeling the 3D position of the ball (using for example a probabilistic model) in order to make the players/ball intersection more realistic.

Acknowledgment

We would like to thank Fundação Calouste Gulbenkian by the support given trough a PhD scholarship with ref. 104410.

References

[1] "SourceForge.net: sserver", http://sourceforge.net/apps/mediawiki/sserver/index.php?title=Main_Page , accessed 20 March 2010

[2] M. Chen, E. Foroughi, F. Heintz, Z. Huang, S. Kapetanakis, K. Kostiadis, J. Kummeneje, I. Noda, O. Obst, P. Riley, T. Steffens, Y. Wang, X. Yin, "RoboCup Soccer Server" , RobocCup Federation, July 2002

[3] I. Noda, P. Stone, "The RoboCup Soccer Server and CMUnited Clients: implemented infrastructure for MAS research", in Autonomous Agents and Multi-Agent Systems, 2003, vol. 7, pp. 101-120.

[4] N. Lau, L.P. Reis, "FC Portugal - high-level coordination methodologies in soccer robotics". International Journal of Advanced Robotic Systems: Soccer Robotics, I-Tech Education and Publishing, Austria, 2007, pp. 167 –192.

[5] J. Certo, N. Lau, L.P. Reis, "A generic multi-robot coordination strategic layer" in First International Conference on Robot Communication and Coordination. Athens, Greece, 2007.

[6] R. Zafarani, M.R. Yazdchi, "A novel action selection architecture in soccer simulation environment using neuro-fuzzy and bidirectional neural networks", International Journal of Advanced Robotic Systems, 2007, vol. 4(1), pp. 93-101.

[7] R. Nakanishi, J. Bruce, K. Murakami, T. Naruse, M. Veloso, "Cooperative 3-robot passing and shooting in the RoboCup Small Size League", RoboCup 2006: Robot Soccer World Cup X, Lecture Notes in Computer Science, 2007,vol. 4434, pp. 418-425.

[8] Y. Zhang, "The Tao of Soccer", http://soccer.sourceforge.net/soccer/soccer.html, accessed 1 March 2010.

[9] Y. Zhang, "Multi-agent systems: the Tao of Soccer", Tutorial presented at SFU Survey, March 8th 2005.

[10] W.Y. Chen, S. Payandeh,"Micro robot hockey simulator – game engine design", Proceedings of the 2007 IEEE Symposium on Computational Intelligence and Games (CIG 2007).

[11] S. Payandeh, W. Chen, "MIRHOT:::Robot Hockey Tournament", http://www.mirohot.net/, accessed 1 April 2010

[12] B. Hu, J. Liu, X. Jin, "From local behaviors to global performance in a multi-agent system", 2004 IEEE/WIC/ACM International Conference on Intelligent Agent Technology (IAT'04), 2004, pp. 309-315.

[13] International Handball Federation, "Rules of the Game", July 2010.

[14] European Handball Federation, "Handball the Game – A Shortcut to the Rules", August 2008.

Evaluation of taxi services on airport terminal's curbside for picking up passengers

Lúcio Sanchez Passos
LIACC - Artificial Intelligence and Computer Science Laboratory
DEI/FEUP - Faculty of Engineering, University of Porto
Porto, Portugal
pro09026@fe.up.pt

Rosaldo J. F. Rossetti, Luís Paulo Reis
LIACC - Artificial Intelligence and Computer Science Laboratory
DEI/FEUP - Faculty of Engineering, University of Porto
Porto, Portugal
{rossetti, lpreis}@fe.up.pt

Abstract—**Intermodal interfaces are extremely important for the transportation system as a whole. Therefore, designing and dimensioning airport terminals' curbsides are major steps to improve passengers' experience. Indeed, evaluating such design is a critical task that must be performed to point out the best solution. This paper reports our modeling, implementing, and evaluating two curbside scenarios: one as currently applied to the Portela Airport, in Lisbon, and another alternative as proposed by a Transport Consultancy Agency. Our contribution results in the creation of a broader methodology to evaluate various scenarios, in addition to determining the best scenario between the ones presented and discussed in this paper. Some preliminary experiments are carried out, whose results are presented and discussed so as to compare their efficiency. Finally, we draw some conclusions and point out ways in which this work can be further extended.**

Airport Terminals' curbside, queue simulat; agent-based modelling and simulation.

I. Introduction

Airports are important infrastructures of modern life and play a major role in the transportation of passengers with different purposes, such as tourism and businesses. Airport terminal curbsides are critical interfaces between standing vehicles, moving vehicles and pedestrians, and act as the capacity buffer between the road delivery system and the airport terminal building, being one of the main interfaces to access the terminal, either for passengers departing or for those arriving.

A correct design and dimensioning of airport terminals curbsides is a major step for achieving positive passenger experiences since long pedestrian paths, lack of information or long waiting time for transportation may cause passengers discomfort and bewilderment. Positive passenger experiences of airport use are crucial for improving their satisfaction and leveraging demand at airports.

In that concerning this type of multimodal interfaces, GlobalVia, a transport consultancy agency, during the 74th European Study Group with Industry Conference, in Aveiro, presented the challenge of measuring the efficiency of different curbside scenarios. So, we know that design and capacity of curbsides are essential to the successful performance of the airport infrastructure, in which case a question emerges: How to prove the efficiency of new curbside layout designs? Therefore, our aim is to create a broader methodology to model and evaluate curbside design alternatives in different scenarios.

In this work we focus on two scenarios as presented by GlobalVia, which are the Portela Airport current curbside layout and the one proposed by them. Furthermore, we intend to model the problem and replicate all proposed scenarios experimentally, so that we can assess and compare the two alternatives. More specifically, our goal is to evaluate scenarios performance by addressing several issues related to quality of service, in order to analyze the viability of the solution proposed. We want to implement a finer grained perspective based on behavioral models to observe some unusual situations, resulting from the social interactions of passengers, for instance.

Following this brief motivation of the topic, the remaining of this paper is organized as follows. In the next section, we discuss related works on queuing theory to understand how it can be used to simulate systems. In section II is presented a brief discussion focusing on pedestrian simulation. Problem and scenario description are then presented in the third section, finally followed by our methodological framework, experimental results, as well as conclusions and suggestions for future work.

II. Related Works

Queuing Theory is mainly seen as a branch of applied probability theory, which has applications to different fields such as communication networks [3], computer systems [1], machine plants [2], and traffic engineering [4]. The subject of queuing theory can be described as follows: consider a service center and a population of customers, which at some times enter the service center in order to obtain service. It is often the case that the service center can only serve a limited number of customers. If a new customer arrives and the service is not available or saturated, she enters a waiting line and waits until the service facility becomes available again [5].

On the other hand, the initial motivation for much research on pedestrian simulation was to provide better correlation between environment parameters, which is fundamental for planning it. Further, this subject only started to gain relevance a few decades ago, being its initial knowledge basically gathered

from empirical observations. Thus, with the intention of modeling and simulating behaviors two distinct level for pedestrian analysis are considered: the macroscopic level (models the flow of pedestrians using high-level mathematics often derived from fluid dynamics), and the microscopic level (treats individual entities separately at a high level of detail and interactions are usually governed by microscopic behaviors).

Thus, focusing on the microscopic level, which provides more flexibility in constructing passenger behaviors, the agent concept can be applied in pedestrian simulation due to its capacity to represent decision for various perceptions, reasoning, learning, and knowledge processing as well. In this context, the agent-based pedestrian simulation field encompasses modeling different types and level of behaviors, such as rule-based agents [6], social forces [7], and emotion agents [8]. Furthermore, there are a few tools to simulate pedestrian agents. Some of known platforms that use the agent paradigm are: STEPS [9], SimPed [10], Legion [11], Myriad II [12], and AnyLogic [13].

As for the specific problem being addressed in this work, an interesting master thesis [14] gives one example on how queue theory can be applied to curbside scenario. The work models the Portela Airport terminal and analyses the current scenario in a simple form, then proposes different policies and number of cars to use the curbside at a time. However the developed model considers micro-behaviors as simple functions.

Also, to the best of our knowledge, Queue Theory and Agent-based Simulation were never combined to extract the most possible realism of a waiting situation, in this case airport terminals curbside. As said before, the mix of these two approaches has great potential to add valuable information in modeling real systems.

III. Problem Statement and Scenario Description

The common used solution for taxi service provision on passengers arrival curbside, currently implemented at Portela Airport, consists of a set of two parallel lanes next to the door of the airport terminal, with four stop areas that promote the passengers pick up, as shown in Figure 1, followed by taxis queuing and waiting for the departure of the taxis stopped in the stop areas.

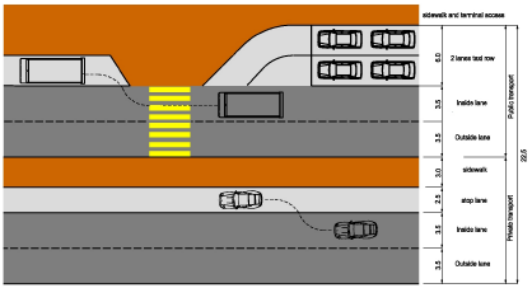


Figure 1. Portela Airport current scenario

This solution allows for a nearly independent functioning of the two groups of (two) taxis at the stop areas, one group in each of the two lanes. However, the service of taxis in the same lane is strongly linked, with a blocking effect occurring in two directions: (a) the presence of a taxi in the front row in a given lane prevents all taxi on the back row in the same lane from departing even if it has completed the picking up of a passenger group, and (b) the presence of a taxi in the back row in a given lane prevents all taxi at the top of the queue in the same lane from moving to the stop area in the front row of the same lane when this stop area is free.

With the increase of air traffic observed over the past few decades, we realize the formation of large queues of customers waiting for taxi during peak hours. Thus, a progressive accumulation of passengers at Portela Airport waiting for taxi service over the second half-hour of a one-hour period is very likely and frequently observed. The formation of long queues is caused by the taxi demand exceeding the taxi departure capacity at the taxi service provision during peak hours. The taxi service provision has not kept pace with the increase in taxi demand over recent years, and such demand service capacity mismatch results in significant undesirable customer delays. As a consequence, in order to mitigate these delays, more efficient taxi service provision designs, to be implemented at least in peak traffic hours, are welcome.

With this very scenario in mind and as an attempt at improving it, Globalvia proposed a new design for taxi service provision. The proposed solution, illustrated in Figure 2 consists of a "spin" design for taxis at arrival terminals (and another one at departure with an identical geometry but for private cars) with a lane parallel to traffic routes from which taxis approach the stopping area. The parking positions are arranged at 45 degrees with respect to the road, aligned parallel to each other.

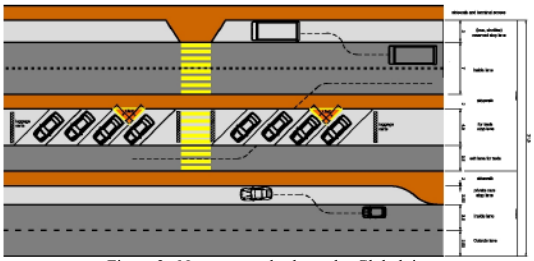


Figure 2. New proposal scheme by Globalvia

Thus, the vehicle coming from the adjacent track, either being taxis (at airport arrivals) or private vehicles (at airport departures), after stopping, follow a route that is dedicated exclusively to them. This creates a traffic flow independent from other cars, thus minimizing all points of conflict between vehicles. Nonetheless, the parallel design of the spots for taxi stops has the drawback of customers being no longer able to wait "in front" of the taxistand. In fact, customers will be informed of the number of the taxistand they should go to for boarding a taxi, and will experience an additional walking time from the queue to that taxi stop.

IV. METHODOLOGICAL FRAMEWORK

A methodological framework was devised, covering aspects as modeling and simulation. In this section, we describe how our problem was model, which abstractions were used to achieve it. Also, complexities and constraints inerrant in this problem were identified. From that a simplified the model of an abstraction of the application domain was created without losing key aspects, such as certain degrees of realism. The manner that this model was translated for use in known simulators is discussed on the following subsections.

A. Modelling

The used strategy to model the problem was to abstract similarities between both scenarios and, by observing Figure 3, we can realize this task more intuitively. The achieved abstraction has three parts: the waiting queue, a mode to route passengers, and taxis. Thus, the dynamic interaction of these parts can be described as:

- the passenger arrives at the waiting queue and waits for his/her turn. When it is his/her turn, they are directed by a generic router (e.g. a display or even passengers self-organization behavior), and will walk to the respective taxi. Further, arriving there they must load theirs luggage, enter in the taxi which has to leave so next taxi can occupy its place.

Therefore, as the goal is to evaluate and compare scenarios performance, the passenger's total waiting time have to be measured. This time was divided in four components:

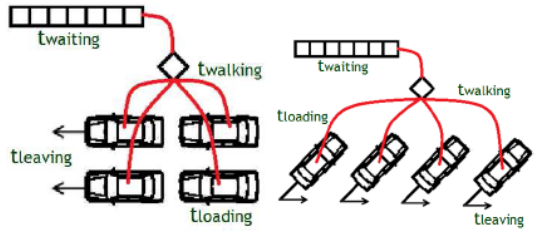
- $t_{waiting}$ - corresponds to the time that the passenger waits in the queue until a taxi is designated;
- $t_{walking}$ - is the time a group of passengers spends from the waiting place until taxi's position. This time is dependent on the building map and person type, respecting the last a normal distribution;
- $t_{loading}$ - indicates the spent time to place the luggage inside the taxi, and also that all group get inside the taxi. Depends on the quantity of luggage and number of people;
- $t_{leaving}$ - this is the time spent during taxi's departure and other taxi's arrival in one curbside. It has a distribution dependent on the ability level of the taxi driver and the current traffic situation.

and being

$$t_{TOTAL} = t_{waiting} + t_{walking} + t_{loading} + t_{leaving} \quad (1)$$

Finally, with t_{TOTAL} we can demonstrate the existence or inexistence of any improvement on time spent in the curbside, specifically on the Portela Airport scenario and the scenario proposed by GlobalVia. Thus, after modeling the problem we need to bring this representation onto a real implementation environment.

In order to implement the model described above, we need to specify how to simulate and extract desired information for each part and then couple them together. Taking into account the modeling approach adopted in this work, the $t_{waiting}$ will be found using the SIMUL8 Simulator. In $t_{walking}$, we had two paths: math analysis to discover the maximum time for walking and how crowded situations can interfere on it. Then, $t_{loading}$ and $t_{leaving}$ were extracted from real measurements from previous study [14]. Excel will sum the factors and plot out graphs of t_{TOTAL}.



(a) Portela Airport scenario (b) GlobalVia proposed scenario

Figure 3. Abstraction of the shown scenarios and, respective, time components

B. Simulating Queues

For the construction of this model, SIMUL8 [15] software was chosen. SIMUL8 is a computer package for Discrete Event Simulation from SIMUL8 Corporation. It is frequently used in the modeling of industrial processes or services such as hospitals, repair shops, gas stations, etc., focusing on queuing systems. This choice was based on two main reasons, the software explicitly considers randomness and variability, also tt is user-friendly and visually simple, focusing on the main elements of a queuing system.

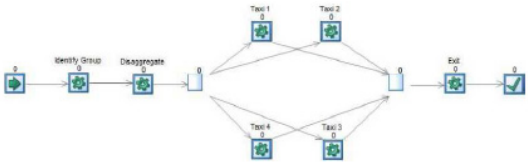
Based on the building block types, their possible attributes and on the relationships between them, the basic system configuration was iteratively built and tested until stabilizing on a final setup (Figure 4). In order to reach this last setup, several conceptual questions were asked about the way to better model the arrival and service of passengers, especially the intention to model groups.

According to this study, customers arrive to the taxistand rank according to a Poisson process with the (exponentially distributed) customer interarrival times having mean λ_G seconds, where $\lambda_G \approx 0.078$. Further, the $t_{loading}$ and $t_{leaving}$ were couple together as individual customer service time (or taxi service time), which is log-normal distributed with m = 75.46s and t = 0.183 for all scenarios.

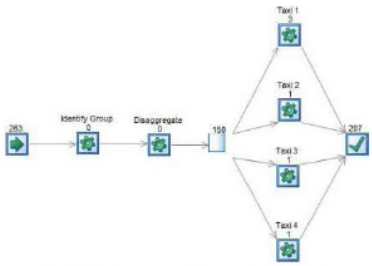
Modeling groups has a relevant impact on the system, either because groups tend to spend more time in coordinating and boarding a taxi or a set of taxis or because they also condition the number of taxis that are required. The characterization of the passenger group size was done based on the Portela Airport study-case provided in [14].

The taxis dependency in the same lane, for current scenario cited in the section IV, was modeled in SIMUL8 in a virtual form using VisualLogic language. Briefly, work items from Work Centers Taxi that are not in the first line can just be released if do not exit a work in all Work Centers in front of it, or when they release their work items. Therefore, simulation

dynamic is: pedestrians groups are created in the Entry Point, and then each individual of the group is created and labeled. Pedestrians are divided and go to the queue, which routes passengers for taxis. Taxis have a work time with Lognormal distribution and all pedestrian are counted in the Exit Point.



(a) Portela Airport scenario for 4 taxis



(b) GlobalVia proposed scenario for 4 taxis

Figure 4. SIMUL8 models for Portela and GlobalVia scenarios

The simulation duration was set to 3600 seconds (1 hour), approximately equivalent to the 3566 second-period (59 minutes and 26 seconds) which the analysis on the collected data was based on, basically representing a whole peak-hour of operation. Walking distances and times were set to zero, because these are going to be treated by other simulation. Also, the Random Sampling methods was used to every run random sampling yields give different set of result.

C. *Finer Grained Simulation*

In order to improve our model, a finer simulation was inserted. The goal of this component is find if the walking time to reach the taxi is significant in the scenario analysis. Also, which components influence this time, for instance, number of cars, their disposition, and the building design. Thus, unusual situations are going to be analyzed in a qualitative form to define its influence level.

Therefore, to calculate $t_{walking}$ we decide to use a mathematical method, because it proved to be enough to model this factor. So, walking time was considered for the worst case, i.e., for the biggest distance which the passenger has to walk. This distance varies with the number of cars and, in Figure 5 we can see the maximum path for 4 taxis scenarios, being all values taken from the floorplan.

After initial experiments, it was observed that the queue length could induce a crowd situation in the path to reach taxis. Thus, we realized that it was necessary some test with these situations, because they could interfere with the system performance, increasing $t_{walking}$. Therewith, the ModP simulator was used to do qualitative analyses, however none of these results can be added to the final result due to the lack of quantitative measurements.

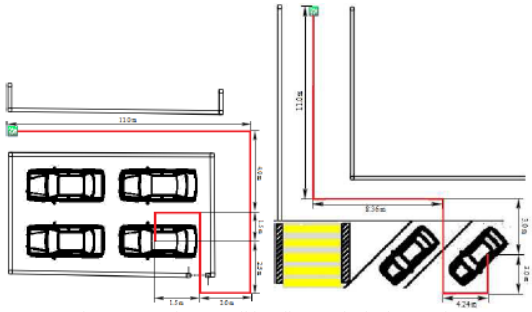


Figure 5. Maximum walking distance for both scenarios

Focusing on ModP, it was devised and has been developed within the LIACC Lab, University of Porto, since 2009 [16]. This simulator was developed as a multi-agent system from scratch, implemented in C++ with the Qt framework [17] for interfaces, the OpenSteer [18] library for implementing steering behaviors and the OpenGl[19] framework for the 3D viewer. Further, it has four main modules, namely a graphic editing interface, a 3D viewer, a simulation engine and a data analyzer.

The passage to a ModP model was made respecting real proportions. The sidewalk's limits and crosswalk were set as walls, because we assume that pedestrians, in ideal situations, always will walk using them. Further, taxis are rooms which certain type of agents was to enter. Exist two types of agent in this simulation: the passenger that has the goal to enter in the taxi (represented by room), and the crowd which agglomerate in determined points to complicate passenger agents to pass. The followed path by the passenger is the demarcated in Figure 5, also experiments proceeding will be described in the next section.

V. Experimental Results and Discussion

With the system modeled and implemented in the respective simulators, we can perform all needed tests. So, five results were extracted, such as taxi stands using rate, comparison between queue length and queuing time for all scenarios, walking time, qualitative analysis of crowd situations and, finally, final results with total waiting time for each scenario. To simplify results understanding, we determine a label for experimented scenarios, as shown in Table I.

TABLE I. Labels of the Studied Scenarios

Label	Description
Scenario I	Current with 4 taxis
Scenario II	Proposed with 4 taxis
Scenario III	Current with 4 taxis
Scenario IV	Proposed with 4 taxis
Scenario V	Current with 4 taxis
Scenario VI	Proposed with 4 taxis

In the Table II are shown taxis stand time percentages for working, waiting, and blocked. Thus, two interesting analysis can be taken from it. First, it can be seen that for the current scenario, in average, 33.4% of the using rate taxis are blocked (except for the ones in front of the line that are always working). This average was presented in all scenarios. Nevertheless, for the parallel scenario, all taxis work with full capacity, because there is no dependency between them.

TABLE II. TAXIS STAND TIME PERCENTAGE FOR ALL SCENARIOS

		Scenario I	Scenario II	Scenario III	Scenario IV	Scenario V	Scenario VI
Taxi Stand Arrivals 1	Working %	65,90	99,61	65,83	99,29	65,49	93,35
	Waiting %	0,37	0,39	0,44	0,71	0,72	6,65
	Blocked %	33,74	0,00	33,73	0,00	33,80	0,00
Taxi Stand Arrivals 2	Working %	99,27	99,26	99,15	98,94	98,74	92,75
	Waiting %	0,73	0,74	0,85	1,06	1,26	7,25
	Blocked %	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Taxi Stand Arrivals 3	Working %	98,92	98,90	98,79	98,57	98,33	92,29
	Waiting %	1,08	1,10	1,21	1,43	1,67	7,71
	Blocked %	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Taxi Stand Arrivals 4	Working %	65,49	98,55	65,22	98,22	64,87	91,86
	Waiting %	1,42	1,45	1,51	1,78	1,87	8,14
	Blocked %	33,09	0,00	33,26	0,00	33,26	0,00
Taxi Stand Arrivals 5	Working %	-	-	65,23	97,87	64,43	91,44
	Waiting %	-	-	1,79	2,13	2,01	8,56
	Blocked %	-	-	32,98	0,00	33,56	0,00
Taxi Stand Arrivals 6	Working %	-	-	65,06	97,51	64,35	90,96
	Waiting %	-	-	2,16	2,49	2,42	9,04
	Blocked %	-	-	32,78	0,00	33,23	0,00
Taxi Stand Arrivals 7	Working %	-	-	-	-	64,25	90,41
	Waiting %	-	-	-	-	2,65	9,59
	Blocked %	-	-	-	-	33,10	0,00
Taxi Stand Arrivals 8	Working %	-	-	-	-	64,05	89,70
	Waiting %	-	-	-	-	3,06	10,30
	Blocked %	-	-	-	-	32,89	0,00

We can observe from Figure 7 average and maximum queue length and, for all scenarios, maximum length is almost the double of average value. However, the difference between maximum and average for current scenarios are bigger than the difference between averages. Also, maximum queue length help us to measure the system's critical point when the service has to be as efficient as possible, so the passenger flow be the highest, increasing the quality of service. Thus, 213 people are the maximum quantity in the queue.

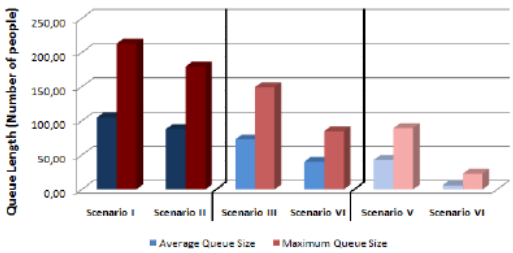


Figure 7. Average and Maximum queue length for each scenario

Furthermore, average and maximum queuing time are presented (Figure 8). This result is the main component of the total waiting time and we can observe that for scenarios I and II the performance difference is just 15 seconds, nevertheless this difference grows for 2 minutes for scenarios III and IV, keeping in V and VI with lower absolute values. Thus, for maximum waiting time can be seen that all values are much higher, being in scenarios I, II and III all times higher than 23 minutes, impracticable in real situations. Also, 3 minutes to wait in scenario VI is acceptable depending on expended resources.

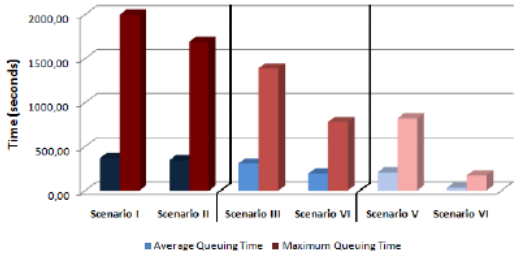


Figure 8. Average and Maximum queuing time for each scenario

Based on the model from previous section and in the person average walking time of 5km/h, values shown in Table III were calculated. So, the distance increases proportionally as the number of cars, also to the proposed scenario, due to cars' disposition and building design, the $t_{walking}$ is always higher. Finally, for scenarios with lower queuing time, the walking time can interfere with the final results, validating its analysis in this study.

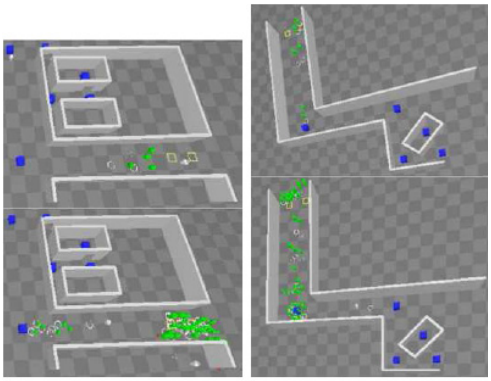
TABLE III. LABELS OF THE STUDIED SCENARIOS

Label	$t_{walking}$ (s)
Scenario I	20.16
Scenario II	23.47
Scenario III	23.76
Scenario IV	26.52
Scenario V	27.36
Scenario VI	29.58

Furthermore, pedestrians' interactions were experimented using a simple method. We set four scenarios: without, little, medium, and big crowd. In Figure 9, snapshots of performed simulation were taken (none and medium crowd), observing the accumulation point and the path (represented by blue points). Thus, current scenario, with a little crowd, presents some problems in passenger flow and, for medium, there is none flux of them. Additionally, for proposed scenario, with medium and big crowd none flux were seen. So, both scenarios have a bad performance in this experiment, however improvements in the simulation realism must be done.

In the following graph, final results are presented, observing the difference in waiting for each scenario, being them grouped in respect of number of taxis. The proposed scenario shows to be always more efficient, as expected due to its parallel nature. Nonetheless, it becomes evident that the performance variation is extremely connected with the number of vehicles, i.e., for the 4-taxi scenario the variation is 15 seconds, and for the 8-taxi scenario, it is noticed increases in the order of 2 minutes and 48 seconds.

Therefore, the average queuing time for current and pro posed scenarios are, respectively: 6.5 min and 6.15 min for 4 taxis, 5.58 min and 3.66 min for 6 taxis, and 3.9 min and 1.02 min for 8 taxis. Thus, the proposed scenario offers an



(a) Portela Airport scenario (b) GlobalVia scenario

Figure 9. Passengers' interaction in both scenarios

improvement in the curbside's quality of service. Furthermore, it is also important to remember that in this analyses we do not take into consideration any factors related to costs and the necessary space to construct each design layout.

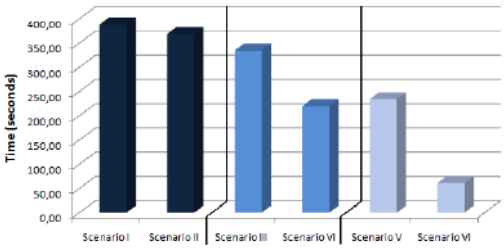


Figure 10. Average global queuing time

VI. Conclusions and Future Work

Intermodal interfaces are extremely important for the transportation system as a whole. Therefore, airport terminals curbsides' design and dimensioning are major steps to improve passengers' experience. However, evaluating their designs has not been a major concern of the scientific community.

A new approach was presented to model curbside scenarios aiming to evaluate their performance. Furthermore, by using this method we show all steps to implement the current scenario as well as the one proposed by GlobalVia in a simulation environment. We determined parameters to compare them and carried out some preliminary experiments. Experimental results show that for a small number of taxis two scenarios present almost the same result, with advantages by the GlobalVia proposal. On the contrary, with high number of taxis the proposed scenario is much better then the current one.

There is a sequence of tasks that could follow up the present work. We point out some of them. First, we need to perform measures for $t_{loading}$ and $t_{leaving}$, for different airports, and try to determine a general function for it. Alternatively, a method to easily infer these times for various scenarios can be devised as well. Also, we intend to improve the ModP environment so as to present quantitative results regarding pedestrian interactions while walking, i.e., we need to use the ModP simulator to determine $t_{walking}$ more realistically and not only on the basis of maximum values. Simulating different types of crowd configuration, such as populations that include children and elderly is a very next step to determine their interference in the system performance.

References

[1] Apte, V.; , "Performance Analysis of Distributed Software Systems: Approaches Based on Queueing Theory," in The Working IEEE/IFIP Conference on Software Architecture, pp.39-39, Jan. 2007.

[2] Shanthikumar, J.G.; Shengwei Ding; Zhang, M.T.; , "Queueing Theory for Semiconductor Manufacturing Systems: A Survey and Open Problems," in IEEE Transactions on Automation Science and Engineering, vol.4, no.4, pp.513-522, Oct. 2007.

[3] Pandit, K.; Schmittt, J.; Steinmetz, R.; , "Network calculus meets queueing theory -a simulation based approach to bounded queues," in Twelfth IEEE International Workshop on Quality of Service, pp. 114-120, June 2004.

[4] Soh, Azura Che; Marhaban, Mohammad Hamiruce; Khalid,Marzuki; Yusof, Rubiyah; , "Modelling and Optimisation of a Traffic Intersection Based on Queue Theory and Markov Decision Control Methods," in First Asia International Conference on Modelling & Simulation, pp.478-483,March 2007.

[5] Willig, A, "A short introduction to queueing theory," Technical University Berlin, July 1999.

[6] Ulicny, B.; Thalmann, D.; , "Crowd Simulation for Interactive Virtual Environments and VR Training Systems," in Proc. Eurographics Workshop on Animation and Simulation, pp.163-170, 2001.

[7] Helbing, D.; Farkas, I.; Vicsek, T.;, "Simulating Dynamical Features of Escape Panic," in Nature, no. 407, pp.487-490, 2000.

[8] Hollmann, C.; Lawrence, P. J.; Galea, E.R;, "Introducing Emotion Modelling to Agent-Based Pedestrian Circulation Simulation," in PED 2010, NIST, Maryland USA, March 8-10 2010.

[9] MacDonald M.; Y. R.;, STEPS software, 2008. Available at http://www.mottmac.com/skillsandservices/software/stepssoftware/.

[10] Daamen W.;, "SimPed: a pedestrian simulation tool for large pedestrian areas," in Conference Proceedings EuroSIW, London, UK, 2002.

[11] L. I. Limited, 2008, Legion software. Available at http://www.legion.com/.

[12] Dynamics, C.; 2010, Myriad II software. Available at http://www.crowddynamics.com/agent-basedmodels-demo.php

[13] Technologies, X.; 2008, AnyLogic – multimethod simulation software. Available at http://www.xjtek.com/anylogic/.

[14] da Costa, D.C.T.; "Performance and design of taxi services at airport passenger terminals," Master Thesis, Instituto Superior Tecnico, Universidade Tecnica de Lisboa, October 2009.

[15] SIMUL8 software, Available in http://www.simul8.com/, October 2010.

[16] Esteves, E.F.; "Utilizacao de agentes autonomos na simulacao pedonal em interfaces multimodais", Master Thesis, Faculty of Engineering, University of Porto, March 2009.

[17] Qt - cross-platform application and gui framework, Available in http://qt.nokia.com/.

[18] Opensteer: Steering behaviors for autonomous characters, Available in http://opensteer.sourceforge.net/.

[19] Group, G.S.; Opengl - the industry standard for high performance graphics, Available in http://www.opengl.org/.

Two Humanoid Simulators: Comparison and Synthesis

Nima Shafii, Luis Paulo Reis, Rosaldo J. F. Rossetti
LIACC - Artificial Intelligence and Computer Science Laboratory, Porto, Portugal
DEI/FEUP - Department of Informatics Engineering, Faculty of Engineering of the University of Porto, Porto, Portugal
{nima.shafii, lpreis, rossetti}@fe.up.pt

Abstract — In this paper an overview of two humanoid simulation platforms is provided: Simspark, a 3D Robocup simulator and the robotics simulator SimTwo. Although these two simulators have different background, today they share the same humanoid robot model, namely the Albaderan NAO robot. According to the fact that developing reliable and robust biped locomotion and low level humanoid behaviors are still challenging tasks, simulation has an important role in improving humanoids movement development approaches. In this paper the two humanoid robotic simulators will be compared in face of simulating Humanoid low level behaviors. The comparison is based on identifying the same role and locomotion approaches. The results show that Simspark is closer to reality than SimTwo.

Keywords-Bipedal Locomotion; Humanoids Simulation; Soccer Humanoid Robots.

I. INTRODUCTION

Humanoids robots try to mimic human-like behaviors and movements. While wheeled robot locomotion is not adapted to many human environments, such as stairs and areas littered by many obstacles, humanoid robots are able to avoid different shapes of obstacles, and attain postures that are more desirable. Therefore, by using biped locomotion, humanoid robots can function and perform their tasks easier than wheeled robots in areas designed for people. According to the fact that biped locomotion is similar to human movement, this similarity causes people to interact with humanoid robots easier as well. Although humanoid robots have lots of motivations behind them, the control of humanoid walking and running is still challenging and has not been solved [1]. Beside, biped locomotion is known as one of the most complicated robotics tasks in the field.

The idea behind a humanoid simulator is to develop a virtual agent capable of thinking and acting. Therefore, acquired knowledge from simulation can be transferred to real robots. Simulation is an easier way to develop biped locomotion methodologies. It makes performing gait optimization [2] and learning phase [3] easier and more efficient. It is also not reasonable to test the algorithm directly on the real humanoid robot since learning needs lots of iterations and humanoids always are very expensive and hard to troubleshoot in the case of falling or breaking. Therefore, Humanoid simulators must emulate the real world in the best possible way. To make this feasible, it is necessary to construct accurate and reliable models of the real robots. On the other hand, physical Simulators always contain some simplifications when it intended to model the real world, meaning the result of simulation and reality is usually not the same [4]. This problem is called the reality gap in the field of evolutionary robotics [5].

Researchers always try to find a simulator which has the least differences between its result and reality [6]. In this case of study, some researchers try to compare different simulators and find the differences between simulators in order to find exact causes of differences between them. It can also lead them to obtain the best model of a simulator that is closer to the reality. Performance of humanoids simulation depends on many factors related to modeling the physical environment and each simulator uses its specific architecture such as physics engine and methods for discretizing time. A clear approach to compare efficiency of simulating humanoid does not exist yet.

In 2009, Shivaram and Stone compared three humanoid robotics platforms [7]. They compared the simulators by analyzing results of robots walking with the same robots model and same approach of walking. For example, they compared the speed of walking in simulators with the speed of walking in reality, so as to conclude which simulator is closer to the real world.

In this paper we choose two different humanoid simulators, simTwo [8] and Simspark (RoboCup 3D league Simulator) [9], which simulate the same model of humanoid robot, NAO [10]. They will be overviewed, then; a methodology will be presented to compare them in order to guide us to find out the better simulator. By implementing the methodology on these simulators, we intend to generate some results that will allow us to carry out appropriate comparison. Finally, comparing these results can lead us to find the exact causes of differences to find out which of these simulators is better to use as a humanoid test bed.

The rest of the paper is organized as follows. Section 2 presents an introduction to the humanoid robot model and platform. Section 3 and 4 present respectively the RoboCup 3d league simulator and the SimTwo simulator. Section 5 presents our methodology for comparing the simulators. Section 6 presents the implementation and results. The paper concludes with some final remarks and pointers for future work.

II. HUMANOID ROBOT MODEL AND PLATFORM

A humanoid robot is a robot with its overall appearance based on a human body and that is able to stand and move on its own two legs. The number of their joint actuators indicates the number of Degree of Freedom (DOF). Like humans, humanoid's body moves in three planes, including transverse (axial), frontal (coronal) and sagittal. Sagittal plane indicates

the vertical plane running from front to back and divides the body into left and right sides. Frontal or Coronal plane is a plane perpendicular to the sagittal plane, running from side to side and dividing the body into front and back.

In the NAO robot model, 12 DOFs are embedded in its legs. There are three DOFs in each legs moving in the sagittal plane: one in the hip, one in the ankle and one at the knee. There is also one actuator in the hip, which can turn and move the leg in transverse plane. In addition to DOFs of legs, the model has 10 DOFs in the upper parts of its body. Fig. 1 illustrates a schematic view of a humanoid robot. As it was described, DOFs 1, 3, and 4 move on Sagittal plane, DOFs 2 and 5 move on Frontal plane and DOF 6 moves on transverse plane.

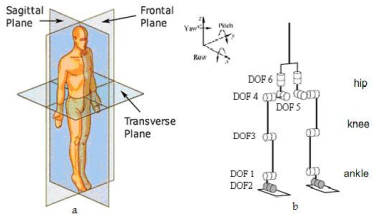


Figure 1. A. Human body planes, B. NAO joint's configuration

III. ROBOCUP 3D LEAGUE SIMULATOR

The Robocup Simulator is a generic simulation platform for physical multi-agent simulations and it is used in the RoboCup 3D simulation league currently. This simulator has been developed by the RoboCup community since 2006. It is designed as a flexible application framework and intends to be a generic simulator, capable of simulating anything, from the launch of a projectile for academic purposes to a big soccer game for scientific research purposes. The framework facilitates exchanging single modules and extending the simulator [11]. The Simulator consists of two important parts: Server, and Monitor.

A. Server

The server is responsible to handle connections from the agents; to receive and to process messages, send reply messages to the agents. The server architecture is illustrated in Fig. 2.

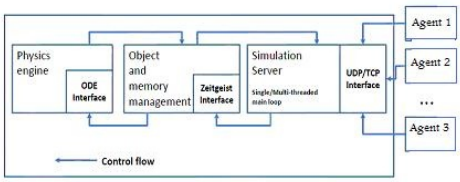


Figure 2. Robocup Simulator Server Architecture [11]

The simulator uses the Open Dynamics Engine (ODE) [12] to simulate the physical environment. ODE is a physical simulation engine, which allows simulating the system's dynamics and the physical properties of the simulated objects. It provides advanced joint types and integrated collision detection with friction. ODE is particularly useful for simulating objects in virtual reality environments. It is cross-platform and provides a user-friendly C/C++ Application Programming Interface (API).

RoboCup simulator is very well-known because it can be seen as a multi-agent environment enabling different types of experiments. Several agents can connect to the server simultaneously. Its object and memory management is based on Zeitgeist [11]. It is a framework for handling data objects and functional components of a system in a uniform way, which strictly follows the object-oriented paradigm using C++ programming language.

The core of the simulator is a simulation server. It receives the messages with actions from the agents, performs the simulation operations and sends a reply message back to the agent with the environment information. The simulation engine acts as a server, handling the messages of the agents and replying on to other messages. In Each cycle of the simulation, agents send a message to the server containing information about their effectors (e.g. joints). The message from the server to the agent contains temporal information and specific information from the application domain (which is soccer). This information includes game state (play mode, time and current result), and information of the preceptors of the robot (e.g. joints, gyroscopes, foot sensors, vision information). The messages are constructed using a LISP-like format.

B. Monitor

The monitor provides a simple graphical interface that allows the user to watch a simulation. Simulations may be watched in real-time, but it is also possible to play simulation log files offline, for post processing assesment. In the particular case of humanoid soccer simulation, it provides additional information such as the team names and the game time, play mode and results. Several shortcut keys can be used to change camera views, to drop the ball, and carry out other useful operations.

IV. SIMTWO ARCHITECTURE

In 2006, SimTwo [8] was developed by Dr. Paulo Costa in the University of Porto. It focused on preparing a simulated environment to test and develop mobile robot approaches and applications.

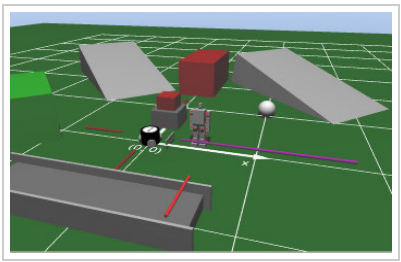


Figure 3. Snapshot from SimTwo environment

The SimTwo system is a realistic simulation where anyone can implement various types of mobile robots with different configurations including the different body mass and shape and

any types of joints, which can be described with a mixture of classic joints and wheels. Therefore, in addition to simulate wheeled robots, humanoid robots can also be simulated. Recently, the model of NAO robots was also added to this simulator. In Fig. 3, the environment of SimTwo is shown

The realism of the dynamics implemented in SimTwo is achieved by dividing a robot in to a system of rigid bodies and electric motors. The "mechanics" associated with bodies is numerically simulated considering their physical shape, and mass moments of inertia, friction and elasticity of the surfaces. Like the Robocup simulator the Physical simulation is performed by using ODE, which was described in the previous section. Certain joints are designed as shaft gimbals typically and as pipeline explicitly. Each of them can have its associated drive system and sensors.

The drive system may consist of a DC motor and gearbox. The DC motor model contains several elements such as nonlinear saturation of the applied voltage, current limit and friction. To define the environmental configurations in the simulator, SimTwo can design any types of obstacles which has different shape and role such as slops, stairs, cubes and so on. Obstacles and robots can also be moved easily during the simulation by dragging mouse on them.

To define and implement the environmental configuration and robot's model, SimTwo has different tools, which allows developers to import their configuration as XML scripts. In order to show the results of the simulation, a graphical viewer based on OPEN-GL is also implemented. A debugger tool is also developed as a graphical viewer, which can draw any graphs and trajectories. In Figure bellow tool-boxes of the SimTwo can be found. The two windows on the right.show the XML-based environment as well as the visual viewer and debugger on the left.

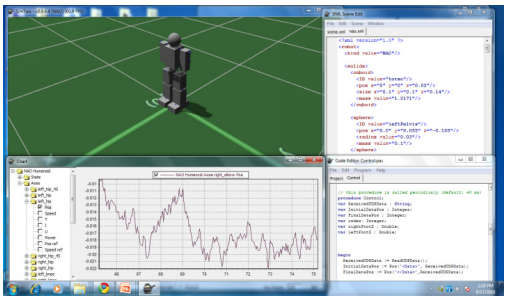


Figure 4. View of SimTwo tool boxes

SimTwo has good capabilities to simulate actuators and to define obstacles and environment features, but it does not have adequate architecture to manage several agents to connect to the simulator as a multi-agent environment.

V. METHODOLOGY TO COMPARE THE SIMULATORS

Such as in [7], our comparison approach is based on a benchmark method. In this method, results and comparisons of running a computer program are achieved by running a number of standard tests and trials against it, in order to assess the relative performance of an object. To choose our standard tests, we run the same humanoid scenarios in different simulators. Therefore, a humanoid scenario must have the same dependencies and characteristics, including:

- Same approach for modeling agents' behavior cycle;
- Same approach for controlling robots;
- Same machine specification to run the simulation.

In this paper two humanoid scenarios will be proposed, which are called Vibrating and Walking. Following the characteristics and dependencies of these scenarios will be explained.

A. *Modeling of Agent's Behavior Cycle*

Performing agent's tasks and scenarios are related to agent's behavior architecture, which is implemented inside the agent. This architecture must be defined as a cycle, since agents must receive sensor data from the simulator, then process it and try to make decision based on it and after that, send an action back to the simulator. The figure below shows the architecture of our agent behavior cycle.

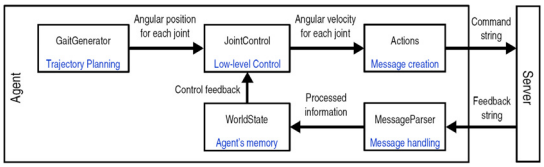


Figure 5. Agent behavior cycle architecture

Sensors from the simulator are received as a string. So, a message parser unit is needed to interpret it and prepare needed information for producing world state. According to the fact that our agent will be implemented in two different simulators, therefore the sensor's string and message parser unit will be different. Because our comparison needs to use the same decision-making structure, it is very important to prepare the same information from sensory input. World state unit processes all information from the world which is needed for agents to perform its decision. In different simulators, the world state of the agent must also be the same. For example coordinate system of joint's angle is not the same in different simulators, therefore these inherent differences must be solved and considered by the world state unit.

In this study, humanoids low-level movements have been chosen as our scenarios, we divided decision-making unit in two separate units: gait generator and joint control. Following related to each scenarios, the model of these two units will be explained.

B. *Modeling of robots walking (First Scenario)*

Based on the work referenced in [7], the main and first scenario which is presented for comparison between simulators is walking, since walking uses lots of actuators and it is known as a very complex motion. According to the fact that all of the physical futures can influence the performance of its simulation directly, it is very hard to simulate biped locomotion, especially some features like friction between surface and robots.

A Biped locomotion approach based on human motion captured data and Truncated Fourier Series is used in this study. In 2007 Truncated Fourier Series Formulation (TFS) method was used as a gait generator in bipedal locomotion [13]. Recently, an optimized gait generator based on TFS was implemented on a simulated humanoid robot and TFS less parameters were also reduced by 2 dimensions (down to 6 dimensions) [14] [15]. According to the fact that this model had least parameters and more simple approach compare to other newer approaches, it is considered for the first scenario. In the following sections its details will be explained more.

In this approach, movements of three DOFs in each leg, which are moved in sagittal plane, will be calculated. Foot in sagittal plane was also kept parallel to the ground by using ankle joint in order to avoid collision. Therefore ankle trajectory could be calculated by hip and knee trajectories and ankle DOF parameters were eliminated.

In this model, legs joint angular trajectories in sagittal plane are divided in two parts; the upper portion and the lower portion. The TFS for generating each portion of hip and knee trajectories are formulated below.

$$\begin{aligned} \theta_h^- &= \sum_{i=1}^{n} B_i.\sin\left(iw_h t\right) + c_h, w_h = \frac{2\pi}{T_h} \\ \theta_h^+ &= \sum_{i=1}^{n} A_i.\sin\left(iw_h t\right) + c_h, w_h = \frac{2\pi}{T_h} \\ \theta_k^+ &= \sum_{i=1}^{n} C_i.\sin\left(iw_k t\right) + c_k, w_k = w_h \\ \theta_k^- &= c_k \geq 0 \end{aligned} \tag{1}$$

In these equations, C_h is offset of hip trajectory and C_k is offset of knee trajectory. The plus (+) sign represents the upper portion of walking trajectory and the minus (-) shows the lower portion. $i=1$ and A_i, B_i, C_i are constant coefficients for generating signals. The h and k index stands for hip and knee respectively. C_h, C_k are signal offsets and T_h is assumed as a period of hip trajectory. Considering the fact that all joints in walking motion have equal movement frequency and stride rates is statistically equal, the equation $w_k = w_h = \frac{2\pi}{T}$ can be concluded. While Left leg is considered as supporting leg, the variation of its knee angle is so minute that can be assumed fixed, This duration of walking is named knee lock phase and $\theta_k^- = c_k \geq 0$.

The amount of shift phase of the two leg trajectories signal is one half of the period of each signal so by producing trajectory of one leg the other leg's trajectory can be calculated. The trajectories for both legs are identical in shape but are shifted in time relative to each other by half of the walking period.

The walking scenario must be implemented as the gait generator unit, in the same way. For generating proper walking trajectory, a robot must learn and find the best value of the parameters which leads a robot to walk more stably and robustly. According to the fact that gait generator will produce angular trajectories, Control unit must control the joint actuators along their references. In the next section we will introduce our optimization method which is used in this project.

C. *Modeling of Vibration skill (second scenario)*

In this scenario, in order to detect differences of actuators simulation, we have chosen the elbow joint, which has the least friction with surface. Therefore, environmental factors have less influent on simulating its movements. After the, in order to find the differences better, a scenario with the biggest change of power of elbow's actuator is presented.

The algorithm of the scenario will be presented below. It commands a robot to move its elbow to reach 50 degree and command to go to the opposite side, -50 degree in the next simulation step and after that repeats the scenario again. Due to a quanta of simulation step is reasonably small, 0.04 and 0.02 second in SimTwo and Simspark respectively, to reach to this angle a robot must utilize the highest power of its elbow's actuator.

```
if changeStep=true then
  begin
        SetAxisPosRef (0, GetAxisIndex
              (0,'right_elbow', 0),-50);
        changeStep:=false;
  end
  else begin
        SetAxisPosRef (0, GetAxisIndex
              (0,'right_elbow', 0),50);
        changeStep:=true;
  end;
```

This scenario will be implemented as the trajectory generator unit of the second scenario with the same configuration on both simulators. As a controlling unit, a PD controller with the same specification will be used.

VI. Implementation and Results

To compare SimTwo and Simspark both of them were tested on machines which have the same machine specification. The specification of machines are Pentium IV 3 GHz Core 2-Duo with 2 GB of physical memory. Scenarios considering the same specification are implemented on the simulators. As it was mentioned before, joints angular trajectories produced by each scenario are used by a simulated robot to test it. In order to utilize them, all individual robot's joints should attempt to drive towards their target angles using proportional derivative (PD) controllers. Same configuration of the PD must be applied for each different simulator, In this project, the P factor was assumed to be 200 and the D was assumed to be 2. In the following, implementation result of two scenarios in different approaches will be discussed.

A. *walking (First Scenario)*

According to first scenario which was shown in the previous section, the best parameters to generate joints angular trajectories for bipedal locomotion must be found. According to [14], for this kind of optimization problem, Genetic Algorithms (GA) can be used. Therefore on RobocupSim, first Robots try to find the best Parameters by using GA. Then results of it will be used for the walking robot which is simulated on the SimTwo. By extracting the relation between motor's command and Joint's angle, and comparing speeds of

walking and joints angular trajectories extracted from simulation, comparison can be done.

1) Simspark Results

For using GA as an optimizer in Simspark, the cross over rate and mutation rate are set to 0.8 and 0.06, respectively. Population for each generation is 100 and selection method is roulette wheel. Termination condition is to have a generation counter greater than 28. Therefore the GA requires 2800 trials to find appropriate TFS parameters.

After 9 hours, since starting GA on the machine, generation exceeded to 28 and the robot could walk 34.5m in 77 s with average body speed of around 0.45 m/s and time period of each step was about 0.41s. GA led the robot to learn how to walk straight, Fig. 6 exhibit biped locomotion is obtained from GA search and in Fig. 7 angular trajectory generated by TFS after learning process is shown. Followed trajectories based on the learned trajectory is also shown in this figure.

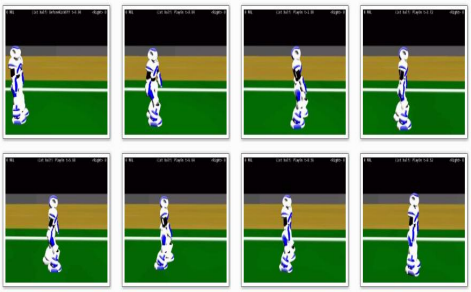


Figure 6. Walking is obtained by GA on the Simspark

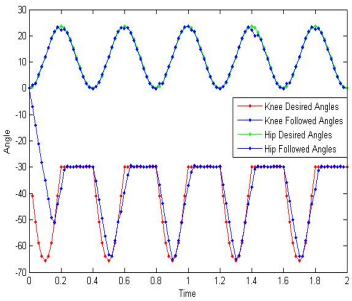


Figure 7. Angular Trajectory generated by learned TFS (Desired angle) and followed one by controller (Followed angle) for left hip and left knee of simulated Nao robot

2) SimTwo Results

The values of the walking parameters achieved by RobocupSim are used for the walking scenario, which is simulated in SimTwo. According to the fact that the Humanoid in SimTwo uses the same controller's configuration and gait generator model, therefore the robot's model must produce same walking trajectories and the results of the walking must be the same in both simulators. But, after implementing first scenario on SimTwo, the humanoid could not walk. This result shows differences between these two simulators. Fig. 9 shows the humanoid robot felt down during its walking in the SimTwo environment. As an additional test, we allowed the humanoid robot to walk above the ground. This scenario can allow a robot to test its walking without environmental friction and ground force. Fig 9 also shows the robot which is walking above the ground. Results were very interesting since showing that the robot can generate and follow the exact joints angular trajectories, which were produced by the model on Simspark. Fig. 10 shows the angular trajectory of the left hip which is performed by SimTwo when robot is walking scenario above the ground.

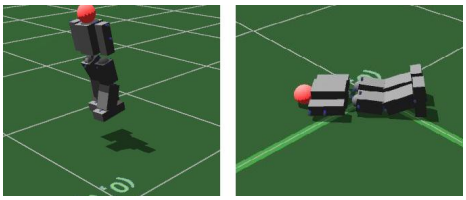


Figure 8. B) Robot walking above the ground **A)** Robot felt in during walking

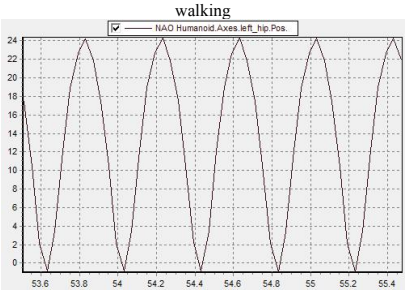


Figure 9. Hip Angular Trajectories, generated by walking above the ground

In conclusion, the results of testing first scenario on both simulators were different. It has also proved that different approaches are used for modeling and simulating actuators especially in the case of facing surface friction and ground forces, because without these environmental elements, generated angular trajectories were the same in both.

B. Vibration Scenario

According to the fact that both simulators achieved different results in the manner of simulating actuators, vibration scenario was very useful in order to study the differences between simulators. It uses the biggest change of actuator each time. It has been implemented on both humanoid simulators with the same controller unit characteristics. In SimTwo, simulation results are not very realistic, since it shows the elbow actuator is very powerful an it can move the elbow to reach 10 degree in duration of one step and in the next simulation step (0.04 s) it can reach -10 degree. Therefore, in this situation the simulated actuator of elbow can create a big torque, which can rotate the elbow 500 degree/sec. It means that the simulated actuator in SimTwo needs to use high power or voltage to produce this huge torque. Therefore, it seems not to be a real simulation since NAO robot has a small lithium

battery to prepare this high power. Fig. 10 shows a snapshot from SimTwo while robot is executing the second scenario. Fig. 11 also shows the angular trajectory of elbow simulated on SimTwo.

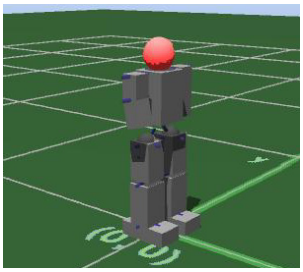


Figure 10. NAO executes the Vibration on SimTwo. It is also shown the elbow moves with big variations.

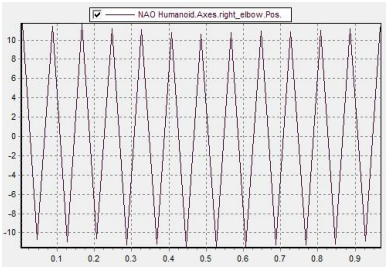


Figure 11. Angular trajectory of elbow with in duration of 1 sec. simulated in SimTwo

However, variation of degree on SimTwo was very big, but implementation of the vibration scenario on Simspark shows the angle of elbow changes varied less than four degree for each step. It means that its actuator can produce power for moving the elbow with the maximum speed of 100 degree/second and it is not utilizing the big power. Therefore, simulated actuator by Simspark is closer to reality than SimTwo. However in the time that this paper has been written, group that developed the SimTwo project was working on it and already achieved better simulation results. So, it is expected that the new SimTwo version may achieve results similar to those achieved today by the RoboCup simulator.

VII Conclusion

In this paper, the RoboCup 3D league Simulator and SimTwo were reviewed concerning their capabilities to simulate humanoid robots. In order to compare them, two different scenario based on benchmark approaches were presented. After implementing these scenarios, the results showed differences in their behaviors mostly in the case of simulating actuators. Analyzing the results led us to conclude that the 3D league RoboCup simulator is closer to reality than SimTwo.

According to the fact that SimTwo is very interesting in what concerns its tools and global facilities, turning it into a more realistic simulator may be a key point for its more global use. In addition, it can be interesting to use the results of these two simulation studies on a real robot to find out which of them is more near to reality through a new set of experiments.

Acknowledgements

The first author is supported by FCT under grant SFRH/BD/66597/2009. This work has been partially funded by FCT Project ACORD - Adaptative Coordination of Robotic Teams (PTDC/EIA/70695/2006).

References

[1] E. Westervelt, “Ask The Experts: Biped Walking,” IEEE Control System Magazine, pp. 20 -23, 2003.

[2] J. E. A. Bertram, “Constrained optimization in human walking: cost minimization and gait plasticity,” The Journal of Experimental Biology, Vol. 208, pp. 979-991, 2005.

[3] K. Wolff, J. Pettersson, A. Heralic, and M. Wahde, “Structural evolution of central pattern generators for bipedal walking in 3d simulation,” Proceedings of the 2006 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC 2006), pp. 227–234, 2006.

[4] J. C. Zagal, J. Ruiz, “Combining Simulation and Reality in Evolutionary Robotics,” Journal of Intelligent and Robotic Systems, Vol.50(1), pp. 19-39, 2007.

[5] S. Koos, J.-B. Mouret, “Crossing the reality gap in evolutionary robotics by promoting transferable controllers,” Proc. 12th annual conference on Genetic and evolutionary computation, pp. 119-126, 2010.

[6] T. Laue, M. Hebbel, “Automatic Parameter Optimization for a Dynamic Robot Simulation,” L. Iocchi et al. (Eds.), RoboCup 2008, LNAI 5399, pp. 121–132, 2009.

[7] S. Kalyanakrishnan, T. Hester, M. Quinlan, Y. Bentor ,P. Stone, “Three Humanoid Soccer Platforms: Comparison and Synthesis,” Proceedings of the RoboCup International Symposium, LNCS/LNAI Springer, pp.140-152, 2009.

[8] J. Boedecker and M. Asada, “SimSpark – Concepts and Application in the RoboCup 3D Soccer Simulation League,” Autonomous Robots, 2008, pp. 174-181.

[9] J. Boedecker, “Humanoid Robot Simulation and Walking Behaviour Development in the Spark Simulator Framework,” Artificial Intelligence Research University of Koblenz, 2005.

[10] “NAO Albedaran,” available at: http://www.aldebaran-robotics.com/en

[11] O. Obst, M. Rollmann, “Spark - a generic simulator for physical multi-agent simulations.” In: LNCS. V. 3187, G. Lindemann, I. J. Timm, R. Unland, 2004, Springer.

[12] R. Smith, ODE _ Open dynamics engine, www.ode.org, 2008.

[13] L. Yang, C. M. Chew, A.N. Poo, “Adjustable Bipedal Gait Generation using Genetic Algorithm Optimized fourier Series Furmulation,” In Proceedings of the 2006 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, pp. 4435-4440, 2006.

[14] N. Shafii, M.H. Javadi, B. Kimiaghalam, “A Truncated Fourier Series with Genetic Algorithm for the control of Biped Locomotion,” In Proceeding of the 2009 IEEE/ASME International Conference on advanced intelligent Mechatronics, pp. 1781-1785, 2009.

[15] N. Shafii, L. P. Reis, and N. Lau, “Biped Walking using Coronal and Sagittal Movements based on Truncated Fourier Series,” RoboCup 2010: Robot Soccer World Cup XIV, 2011, pp. 324-335.

First Workshop in Information Systems for Interactive Spaces

Autonomous Robot Dancing Synchronized to Musical Rhythmic Stimuli

Catarina B. Santiago
DEI, FEUP and ROBIS, INESC – Porto
Porto, Portugal
catarina.santiago@fe.up.pt

João Lobato Oliveira
DEI, FEUP, NIAD&R - LIACC and UTM INESC- Porto
Porto, Portugal
joao.lobato.oliveira@fe.up.pt

Luís Paulo Reis
DEI, FEUP and NIAD&R - LIACC
Porto, Portugal
lpreis@fe.up.pt

Armando Sousa
DEEC, FEUP and ROBIS, INESC-Porto
Porto, Portugal
asousa@fe.up.pt

Abstract—**This paper presents a system that is able to control in real time a humanoid robot to perform dance movements to the rhythm of a music. The movements' coordination is performed with the aid of a music analyzer that estimates the beat of the music and calculates a prediction of the next inter-beat-interval (IBI). During the robot dancing performance, a dance movement is chosen from a pre-defined dance library and is executed on-the-fly by the robot. The movements' velocity, as well as the attended metrical-level, are adjusted in real time so that the movement can be executed within the time interval of two beats, and at the same time taking into consideration the robot motor-rates limitations. Results evince a good synchrony of the movement towards the analyzed rhythm, but points to the need of a careful design of the dance movements so they can be naturally executed on time.**

Keywords-robotics; robot dancing; musical rhythm analysis.

I. INTRODUCTION

Dance had always played an important role on human development and behavior. From a complex point of view dance can be seen as a mean of nonverbal communication, although people are usually only interested in its artistic and playful side. Most of the times dance is strongly associated with music and its movements depend on well-defined music properties. Rhythm is the music element that most influences the dancing performance, and it includes several aspects such as the beat, the meter and the tempo.

Although dance is something commonly done by humans and some animals (*e.g.* bees and birds) it seems appropriate to extend it to robotics. This extension will for sure provide new forms of entertainment. The basis for extending dance into the robotics field lies on the fact that in recent years robotics' manufacturers have devoted a great effort on developing robots that resemble either animals [1], [2] or humans [3], [4], [5], not only in shape but also in the ability to perform movements.

In this paper we present an intelligent system based on a humanoid robot that is able to perform dance movements attuned to the musical beat and conditioned by the surrounding environment. The remainder of this paper is divided in 4 sections. The first section provides some background information and related work. The following section provides a detailed explanation of the implemented architecture. The last two sections show the results achieved so far and draw some conclusions and future work.

II. RELATED WORK

Robotics has suffered a huge development since the first robots appeared and nowadays robots are being used even for entertaining activities. Applications mixing dancing with robotics have been developed with all kinds of robots, from wheeled to legged robots, and finally humanoids.

Auconturier *et al.* [6] developed a simple wheeled mp3-player-robot, Miuro. Their approach is not based on a predefined library but rather on commands generated on-the-fly that control the robot movements. The beats generated by their music analyzer are propagated through a FitzHugh-Nagumo neural network to generate a train of pulses. This train of pulses is afterwards converted into velocities for the right and left wheels of the robot. Indeed they don't have a pre-programmed dancing library, but the physical framework they use, Miuro, is very simple when compared with a humanoid robot (only has two servos, one for each wheel).

A more sophisticated wheeled robot was used by Oliveira *et al.* [7]. Their robot besides having two wheels also used servos to control the arms, the hip and the head of the robot. Their system analyzed rhythmic qualities of the music, in the form of note-onset events, using an onset detection algorithm with adaptive peak-picking, implemented on the MARSYAS framework [8]. Depending on the triggered threshold considered by their peak-picking algorithm, three rhythmic events are sent to the robot: strong, medium and soft. These events in conjunction with two other sensorial events (dance-floor colors under the robot and proximity to an obstacle) define the robot movements to be executed, according to the dance composition user-defined *a priori*.

Several researchers use humanoid robots due to their similarity with humans. For example, Nakahara *et al.* [9] used a "Tai-chi" humanoid robot with 21 servos, which comes with a motion editor that enables the definition of key positions that are saved as text files (21 motor angle positions). To generate the actual movements, angle positions and execution-time between positions must be sent to the robot. Their music analyzer is able to predict the inter-beat-interval (IBI) time of the given musical input on-the-fly, and uses this information to calculate the time needed for transiting between key-positions.

Eldenberg *et al.* [10] also used a low-cost humanoid robot. Their work uses predefined gesture libraries, one for the arms and another for the legs. Based on the song tempo and beat, gesture commands for the right arm, left arm and legs are passed to the robot. The gesture commands are sent to the robot before the predicted beat-time in order to maintain synchrony with the music. To determine the moment to issue the commands they take into consideration the specific execution time of each gesture. This approach can carry some problems namely during the execution of slow commands. If a new gesture command arrives while still performing a slow gesture the new gesture command is ignored and will not be performed.

We also propose to develop a system based on a low-cost humanoid robot that is able to dance attuned to the musical beat, while overcoming its motor-rate limitations. The platform chosen to implement this solution is based on Robonova-I [11] and uses the IBT real-time audio beat-tracker [12] to predict the beats of a musical input.

III. Architecture

As stated before, our robot dancing framework was tested on Robonova and uses a Music Analyzer that is able to track the beat-times of a musical input file. The choice of Robonova is related with being an off the shelf solution and having enough degrees-of-freedom (sixteen) to enable the creation of structured dance movements.

The system is based on a modular architecture composed of two sub-systems: the Music Analyzer, that is responsible for analyzing the musical rhythm; and the High Level Control that performs the bridge between the Music Analyzer and the physical robotic platform, Robonova. An overview of the system architecture, decomposed on its functional modules is presented on Fig.1.

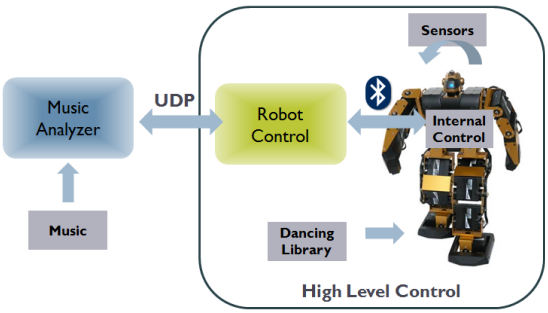


Fig. 1. Robot dancing system architecture.

A. Robotic Platform

Robonova [11] is a small humanoid robot (31cm height) developed by Hitech which is controlled by 16 HSR-8498HB digital servos. It uses a simple microcontroller, CR3024 that runs at 7.81 MHz, making it restrict for performing basic arithmetic and decisions. Yet, it supports serial communication, which enabled the use of a Bluetooth dongle for bi-directional communication between its internal robot control and an external processing device, assuring higher CPU processing by a computer.

B. Music Analyzer

The Music Analyzer consists on an audio real-time beat tracker, IBT [12], based on a competing multi-agent system which considers multiple tempo and beat hypotheses. It communicates its beat estimates and inter-beat-interval predictions to the High Level Control on a real-time basis, which on its hand, if necessary, replies with requests for locking the beat tracking onto a certain metrical-level, in order to assure the robot accomplishes the considered dancing motion in phase (robot's "preferred tempo"), overcoming its motor limitations.

The metrical-level interchange is handled by IBT by generating a leading agent which may follow a tempo hypothesis double or half the one pursuit by the best agent at that moment.

C. High Level Control

In order to control the Robonova movements' execution we integrated a High Level Control interface responsible for analyzing each beat estimate from the Music Analyzer and the robot internal feedback, issuing the necessary adjustment commands for keeping the motion-beat coordination. The communication between these two sub-systems (Music Analyzer and High Level Control) is performed via UDP sockets in order to allow for a fast message interchange. Since this is a local network, and the message flow is not that high reliability issues are not problematic.

The High Level Control sub-system combines four sub-modules: Dancing Library, Sensors, Internal Control, and Robot Control which are described in the following subsections:

1) Dancing Library

The dancing library is composed by several basic dance movements, which are accessed through the Internal Control module, and are stored inside the robot microcontroller.

This library was manually built using the motion editor software provided by the manufacturer. With this software it is possible to capture all motor values by placing the robot in a desired position. The capture of all the intermediate positions, as key-poses, allowed to basically describing the intended movements, since the robot takes care of the transition between the captured positions, via linear interpolation. In order to create a fluid motion sequence, the movements obeyed to two main characteristics: they were cyclically repeated; and they were composed by four ordered steps, where each step corresponds to the transition between two key-poses, which must be performed within an inter-beat-interval. Fig. 2 exemplifies a basic movement for an arm of the robot, described into a cyclic repetition of four ordered key-positions.

Each step of a movement is in such way characterized by its initial and final positions, by a normal velocity and a delta velocity. The normal velocity corresponds to the velocity on what a given step should be performed in order to be completed within 0.5s (a "medium-sized" IBI). The delta

velocity allows increasing or decreasing the velocity at which each step is performed in order to accommodate the robot velocity to the next predicted IBI.

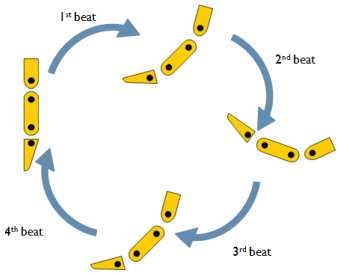


Fig. 2. Example of a cyclic movement described for the robot arm.

2) Sensors

Robonova can be equipped with several different sensors that include gyroscopes, distance, light, tilt, touch and sound sensors. The developed application made use of a sonar (MaxSonar EZ1 ultrasonic range finder) for detecting objects that may be near the robot, in order to provide a sort of interaction between the robot and its surrounding environment. Therefore, whenever the robot detects a close-by object, it stops dancing and starts tapping one of its feet in order to inform that it doesn't have enough space to dance. This kind of behavior provides some personality to the robot, enhancing the animacy of its live performance.

3) Internal Control

The Internal Control module receives commands directly from the Robot Control and acts accordingly. Since the Internal Control is encoded in the robot microcontroller and the Robot Control on a desktop computer, the communication between the two modules is wireless, so that the robot can move freely without having any wires. As stated, the communication is performed through a Bluetooth module using the Cable Replacement Protocol (RFCOMM) which allows emulating a RS-232 serial communication.

The Internal Control can receive "issue movement" and "change velocity" messages and reply with "movement done" and "impossible to change velocity". There is also a sub-command of the "issue movement" which calls for "continue movement". Whenever a serial command arrives, the Internal Control first of all checks the sonar value and verifies if the robot has space to dance. If an object is too near the robot it starts tapping its foot and ignores the command. Otherwise it will analyze the command received from the Robot Control module, as referred above.

In case of a "change velocity" request, the delta velocity variable (see Dancing Library subsection) is updated so that the robot can perform the movement faster or slower in order to keep up with the beat estimate. This delta velocity can range within defined upper and lower limits so that the robot continues to move while keeping its balance. Whenever the maximum or minimum delta velocities are reached the Internal Control module informs the Robot Control module by issuing an "impossible to change velocity" command.

If the command received is an "issue movement" then the Internal Control requests the robot to perform the basic movement. The "issue movement" command can be of different sub-types which depend on the dancing movement selected from the Dancing Library. The Internal Control module is not responsible for choosing the basic movement but only to issue the instructions needed to perform it. The Robot Control module is the one responsible for choosing the specific movement.

Fig. 3 illustrates the BASIC code of a sample movement described in the Dancing Library, including the handling of the motion velocity adjustment and the signaling of completed steps and movements.

4) Robot Control

The interface between the Music Analyzer and the Internal Control modules is performed via the actual Robot Control module. When the first beat information arrives from the Music Analyzer an "issue movement" command is sent to the Internal Control through the serial communication channel.

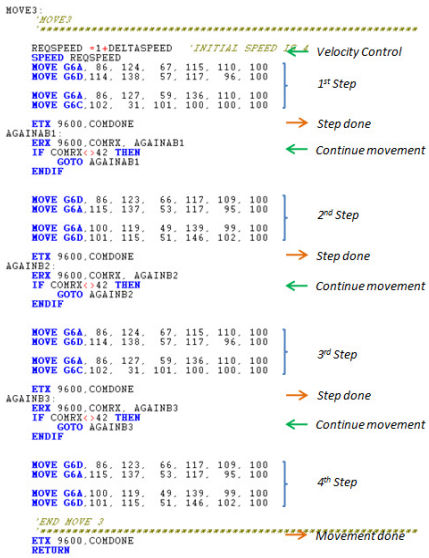


Fig. 3. BASIC movement code sample.

Once the robot finishes the first step of the movement it informs the Robot Control by issuing a "movement done" command. With this exchange of messages it is possible to determine the time the robot took to perform the step (physical time) which corresponds to the current time minus the time when the issue command was sent. By comparing this physical time with the next inter-beat-interval predicted by the Music Analyzer it is possible to determine if the robot is synchronous with the beat or not, and if there is the need to change the velocity of the robot.

Although the synchrony is verified in all the four steps of a movement, the actual "change velocity" command is only issued when the entire movement has been completed, this way avoiding to have a too nervous control of the robot velocity. The "change velocity" command can either request to increase or decrease the velocity. Besides evaluating the need to change the robot's velocity, the Robot Control module is also responsible for issuing the "issue movement" or the "continue movement" commands, depending if the entire movement has been completed or not. These commands are only sent to the robot if meanwhile a beat arrived from the Music Analyzer. In fact, if the robot finishes the step/movement before a new beat arrival it will stay stopped until then.

The Robot Control can also receive an "impossible to change velocity" command that signals the impossibility of the robot to further increase or decrease its motor velocity. If this is the case the Music Analyzer module is informed to adjust its attended metrical-level. Diagram of Fig. 4 illustrates how the Robot Control module works and gives an insight of the data-flow and messages' exchange between the three main modules: Internal Control, Robot Control and Music Analyzer.

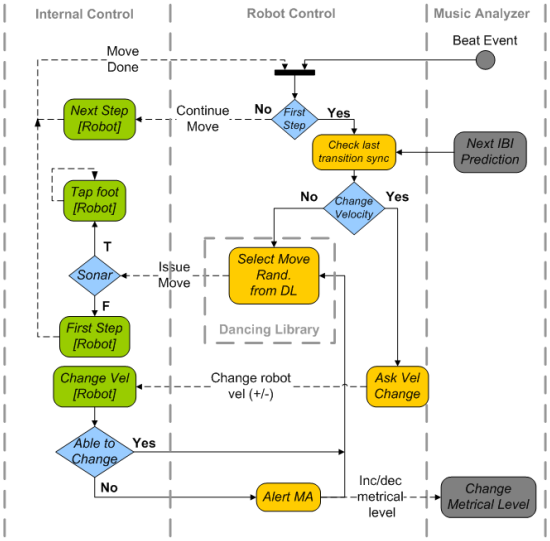


Fig. 4. Data-flow and messages' exchange between the main modules of the proposed robot dancing control architecture.

IV. Results

Preliminary tests shown that, although it is easy to capture the key-positions using the motion editor software provided by Robonova, special attention must be paid during the interpolation between poses so that the robot can keep its balance. When composing the gesture library it is also necessary to keep in mind that the motion steps must be simple enough to be transited within one inter-beat-interval, in order to keep the rhythmic synchrony.

In order to evaluate such synchronism between the robot performance and the estimated beat-times, retrieved by IBT, we tested not only if the robot started the movement in phase with the beat but also how well the robot and IBT could adapt to each other (change motors velocity versus change metrical-level). Tests were conducted with two different movements and two different songs. The four key-positions of the two evaluated dance movements, *mov1* and *mov2*, can be seen on Fig. 5. Both songs correspond to excerpts of Pop/Rock music with rather stable tempi, identified as *music1* and *music2*.

Fig. 5. *mov1* (up) and *mov2* (down) description in key-positions.

Besides *mov2* being more complex than *mov1* it also takes more time for each of the steps to be executed. Figs. 6 to 9 show plots comparing the phase alignment between the estimated beats (in blue), by the Music Analyzer, and the triggered key-poses by the Robot Control (in red). The green arrows describe requests of the Robot Control to the Internal Control for increasing (by arrows without borders) or decreasing (by arrows with borders) the velocity of the movement execution. Finally, the orange dots represent requests made to the Music Analyzer for increasing (by dots without borders) or decreasing (by dots with borders) its attended metrical-level.

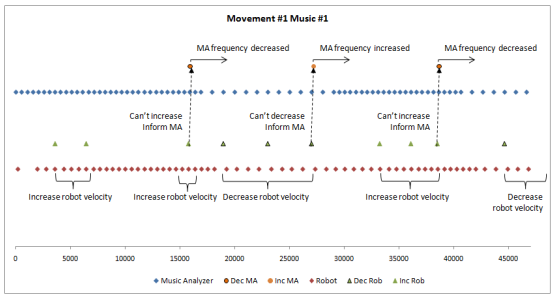


Fig. 6. Performance of the robot for *mov1* with *music1*.

On the first music (Fig. 6), the robot started to dance but it was not able to keep in phase with the beat estimates, which caused the Robot Control to request a velocity increase to the robot actuators. During the following 9 seconds the robot was able to keep up with the beat. After these 9 seconds the Robot Control detected that the robot was again not synchronous and issued another velocity increment of the robot movement. However, this time, the robot was not able to increase its velocity further, which caused the Robot Control to inform the Music Analyzer to decrease its attended metrical-level. Since the robot was at its maximum speed when the Music Analyzer decreased its velocity this caused the robot to become not

synchronous again, which resulted on a new "decrease robot velocity" request. This cycle of increase and decrease velocity (robot)/metrical-level (Music Analyzer) continued until the music ends.

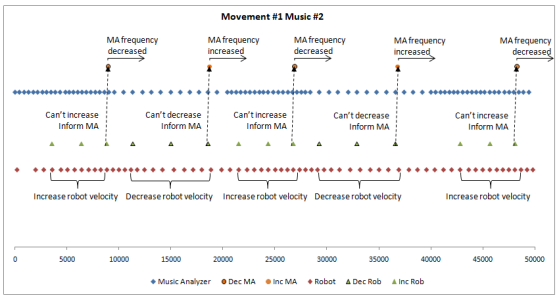


Fig. 7. Performance of the robot for *mov1* with *music2*.

The second music has a more variable tempo which caused more changes on both the velocity of the robot movement as well as on the considered metrical-level by the Music Analyzer (Fig. 7).

As stated before, *mov2* is more complex and each step takes more time to be executed. These two factors contributed to a worse performance over both *music1* and *music2*, as evinced in Figs. 8 and 9.

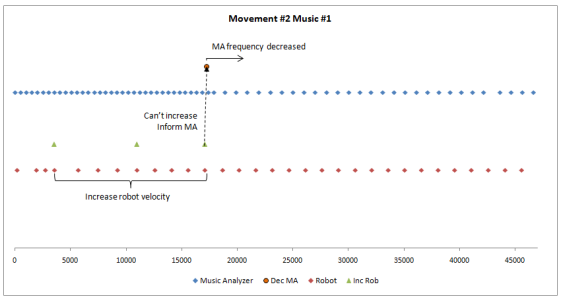


Fig. 8. Performance of the robot for *mov2* with *music1*.

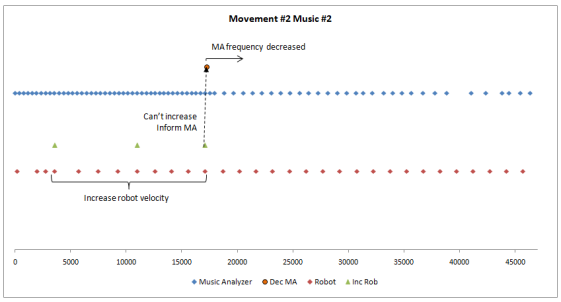


Fig. 9. Performance of the robot for *mov2* with *music2*.

In fact on both musics some beats were simply ignored by the robot since the time of step execution took half or more the time of the current inter-beat-intervals.

V. Conclusions

In this paper we presented a method for controlling a dancing Robonova. The main objectives were to develop a system that could control the robot movements based on real-time beat estimates (phase) and inter-beat-interval predictions (period). The developed system is composed by two main sub-systems, one responsible for analyzing the musical rhythm, the Music Analyzer and the other responsible for controlling the dancing performance – High Level Control. The High Level Control sub-system on its hand combines several modules: Dancing Library, Sensors, Internal Control and Robot Control.

The Gesture Library is composed by a set of simple movements, each composed by four key-steps. The Internal Control module is responsible for sending low-level commands to the robot motors as well as to collect information related with the end of a movement, or the velocity of the robot, and even to assess information from the robot sensors. With this information as well as with the beat estimates supplied by the Music Analyzer, the Robot Control module is able to control the robot with musical synchrony. This control consists not only on requesting the robot to perform a movement but also to change its velocity in order to keep it in phase with the beat. Such coordination is achieved in two ways: either by changing the velocity at which a movement is executed or by changing the Music Analyzer metrical-level.

Results showed that in order to have a satisfactory control of the robot the movements must be carefully designed, taking into consideration not only the balance of the robot, but also the time each step takes to execute. It was also possible to verify that a control based not only in movement commands but also in velocity commands can achieve very good results. These results are further improved with the ability to change the Music Analyzer metrical-level accordingly.

This work established the basis for an autonomous Robonova Dancing platform, synchronized to musical rhythmic qualities. Despite using the sonar for interacting with the robot during its dancing performance, it would be interesting to explore other kinds of sensors, namely gyroscopes to detect if the robot is standing up or cameras to detect possible obstacles or objects the robot could interact with. It would also be interesting to enlarge the Dancing Library with more dance movements, also enhancing their level of expressiveness and style.

Although we were able to plot metrics for quantitatively evaluating the level of beat-synchrony of the robot dancing performance, we believe that visual effect plays an important role on this kind of work, and therefore we are aware that we still need to perform a qualitative analysis of the system by collecting people's opinion about the robot overall performance.

ACKNOWLEDGMENT

This work was supported by a PhD fellowship endorsed by Fundação Calouste Gulbenkian, with ref. 104410, and another endorsed by FCT, with ref. SFRH/BD/43704/2008.

REFERENCES

[1] "Genibo", http://www.plasticpals.com/?p=2111, accessed 15 February 2010.

[2] "Sony AIBO Europe – Official Website", http://support.sony-europe.com/aibo/index.asp , accessed 15 February 2010.

[3] "Honda Worlwide | ASIMO", http://world.honda.com/ASIMO/, accessed 20 February 2010.

[4] "Aldebaran Robotics, the creators pf NAO | Aldebaran Robotics", http://www.aldebaran-robotics.com/eng/, accessed 20 February 2011.

[5] "Robonova – MABL_Wiki", http://mablresearch.rit.edu/wiki/index.php/Robonova, accessed 20 February 2011.

[6] J. J. Aucouturier, Y. Ogai, T. Ikegami, "Making a Robot Dance to Music Using Chaotic Itinerancy in a Network of FitzHugh-Nagumo Neurons", in Neural Information Processing, Lecture Notes in Computer Sciences, 2008, vol. 4985, pp. 647-656.

[7] J. Oliveira, F. Gouyon, L. P. Reis, "Towards an Interactive Framework for Robot Dancing Applications", in Proceedings of the 4th International Conference on Digital Arts, 2008, Porto, Portugal.

[8] "Marsyas", http://marsyas.info/, acessed on 15 February 2010.

[9] N. Nakahara, K. Miyazaki, H. Sakamoto, T. Fujisawa, N. Nagata, R. Nakatsu, "Dance Motion Control of a Humanoid Robot Based on Real-Time Tempo Tracking from Musical Audio Signals", in Entertainement Computing – ICEC 2009, Lecture Notes in Computer Science, Springer, Heidelberg, 2009, vol. 5709, pp. 36-47.

[10] R. Ellenberg, D. Grunberg, Y. Kim, P. Oh, "Exploring Creativity through Humanoids and Dance", in Proceedings of the 5th International Conference on Ubiquitous Robotics and Ambient Intelligence, Seoul, South Korea, 2008.

[11] Hitec Robotics, "Robonova-I 16 Servo Edutainment Robot Box Kit Instruction Manual", English Language 1.00.

[12] J. L. Oliveira, F. Gouyon, L. G. Martins, L. P. Reis, "IBT: A Real-time Tempo and Beat Tracking System," in International Conference on Music Information Retrieval (ISMIR), 2010, Utrecht, The Netherlands, pp.291–296.

[13] J. Oliveira, "Towards an Interactive Framework for Robot Dancing Applications", Master Thesis at Faculty of Engineering of University of Porto, 2008

DETI-Interact: Interacção com ecrãs num espaço público através de um dispositivo móvel.

Filipe Duarte[1], Paulo Dias[1,2], Beatriz Sousa Santos[1,2]
[1]Dept. of Electronics, Telecommunications and Informatics
[2]Institute of Electronics and Telematics Engineering of Aveiro
University of Aveiro
fmmd@ua.pt, paulo.dias@ua.pt, bss@ua.pt

Abstract — **Este artigo apresenta o estudo e desenvolvimento do DETI Interact, um sistema que permite a utilizadores interagirem com conteúdo exibido em ecrãs de grandes dimensões presentes no átrio de um departamento Universitário. O artigo descreve como se procedeu ao consumo da informação no servidor e sua apresentação nos ecrãs de modo a que permitisse a interacção com o sistema através de um dispositivo móvel.**

Keywords - Dispositivos Móveis, interacção com ecrãs de grandes dimensões, técnicas de interacção, Android.

I. INTRODUÇÃO

Com o desenvolvimento da tecnologia e o aparecimento de ecrãs mais finos e mais baratos, estes começaram a ser comuns em variados espaços públicos: átrios de edifícios, lojas, cafés, museus… Contudo, em muitas situações, estes ecrãs servem simplesmente para apresentar informação sem a possibilidade de interagir com os mesmos. Com o aparecimento destes ecrãs, surgiram também uma série de projectos [1-13] que investigam mecanismos de interacção entre utilizadores e estes ecrãs de grandes dimensões. Estes trabalhos recorrem a diferentes métodos de interacção tais como a utilização de dispositivos móveis; realidade aumentada, e/ou captura de movimentos.

Os mais recentes dispositivos móveis, em particular, vêm equipados com novos sensores (ecrãs sensíveis ao toque, acelerómetro, bússolas digitais) que permitem investigar novos métodos de interacção. Oferecem ainda a vantagem de vir a permitir interagir com ecrãs disponíveis em espaço público sem necessidade de recorrer a *hardware* adicional, dado que cada utilizador pode simplesmente usar o seu telemóvel. Este trabalho pretende utilizar estas tecnologias de forma a estudar novos métodos de interacção com ecrãs de grandes dimensões disponíveis em espaços públicos.

II. ESTADO DA ARTE

Como referido, existem vários projectos que permitem interacção com ecrãs de grandes dimensões, alguns em fase de protótipo, outros já com aplicação comercial. Foram investigados essencialmente projectos que explorassem técnicas de comunicação entre os dispositivos (Bluetooth, Wi-Fi, SMS, etc.) [1-7, 10] bem como projectos que oferecessem métodos inovadores de interacção recorrendo a técnicas de realidade aumentada [8, 9] e captura de movimentos [11-13].

A. Comunicação entre dispositivos

O Gmote [1] é um exemplo de uma aplicação para sistemas Android que permite controlar remotamente um computador utilizando uma rede Wi-Fi. Disponibiliza funções equivalentes às de um controlo remoto, bem como a possibilidade de controlar o ponteiro do rato. A Samsung e a Google oferecem também aplicações para dispositivos móveis (Android e iOS) que permitem controlar os seus serviços de TV: Internet@TV [2], no caso da Samsung, e GoogleTV [3] para o sistema da Google.

Outros mecanismos de interacção podem ser encontrados no MAGICBoard[4, 5]. Este constitui um ecrã colaborativo, onde vários utilizadores podem participar usando mensagens escritas (SMS). O mesmo sistema foi utilizado para desenvolver um jogo, o Polar Defence [5].

O Touch & Interact [6, 7], visível na Figura 1, permite a interacção com um *display* que use marcadores NFC (Near Field Communication) como por exemplo RFID. Este sistema usa um telefone equipado com essa tecnologia e permite que os utilizadores toquem em determinadas zonas do ecrã, interagindo com o seu conteúdo.

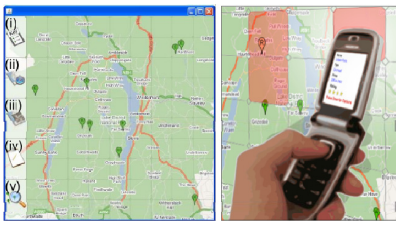


Figura 1 – Aplicação de guia turístico recorrendo ao Touch & Interact [6, 7].

O DETI Guide[10], um projecto anterior ao desenvolvido neste trabalho, estudou a interacção com ecrãs de grandes dimensões através de um telemóvel equipado com o sistema operativo Android. Recorria ao protocolo UDP, numa rede Wi-

Fi, para enviar dados, e permitia a navegação num sistema composto por várias páginas Web. A Figura 2 ilustra a utilização deste sistema.

Figura 2 – Utilizador a interagir com o DETI Guide.

B. *Interacção recorrendo à realidade aumentada*

Existem outros projectos que exploram o conceito de Realidade Aumentada. A realidade aumentada consiste na visualização directa ou indirecta de um ambiente real onde elementos são "aumentados" por computador, usando, por exemplo, som ou imagem. O Touch Projector [8] permite interagir com um ecrã remoto manipulando uma imagem vídeo, captada em directo, num dispositivo móvel. O utilizador usa o dispositivo móvel como uma câmara e interage com o conteúdo do ecrã remoto através do ecrã do telemóvel. O Sistema permite mover objectos num ecrã, ou mesmo transferir objectos entre dois ecrãs.

O sistema desenvolvido por Madhavapeddy *et al*. [9] apresenta outro método de interacção que também recorre à realidade aumentada. Este sistema usa a câmara do telemóvel para identificar controlos manipuláveis no ecrã de grandes dimensões, marcados com SpotCodes (um marcador visual semelhante a um QRCode, que pode ser visto na Figura 3). O utilizador usa o telemóvel, para interagir com cada um dos controlos visuais.

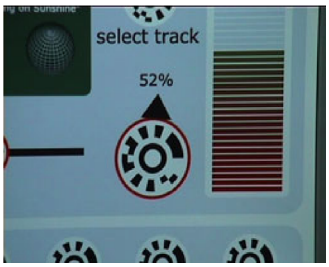


Figura 3 – Exemplo de controlos usados no sistema de Madhavapeddy *et al*. [9]

C. *Interacção através de captura de movimentos*

A captura de movimentos também foi estudada para a interacção com ecrãs de grandes dimensões, dado que permite que o utilizador não precise de *hardware* adicional. Alguns casos de captura de movimentos ainda requerem a utilização de marcadores, mas a inovação nesta área conseguiu remover a dependência em marcadores.

O C-Blink [11] captura o movimento de um telemóvel para controlar o cursor do rato num ecrã. O telemóvel possui uma aplicação que atribui uma sequência de cores ao ecrã que é identificada como marcador a ser seguido. O uso desta sequência difere de telemóvel para telemóvel, permitindo ao sistema reconhecer múltiplos utilizadores.

As operadoras móveis Orange (Figura 4), Vodafone, bem como os fabricantes de equipamentos móveis Samsung e Sony, equiparam recentemente alguns dos seu postos de venda com ecrãs públicos interactivos, permitindo a utilizadores consultar informação acerca dos seus equipamentos recorrendo unicamente a gestos [13].

Figura 4 – Utilizador a interagir com a Orange Interactive Window[13].

O Kinect [12] é a resposta da Microsoft à captura de movimentos para uso em jogos e sistemas multimédia. O sistema consegue reconhecer múltiplos intervenientes simultaneamente reconstruindo modelos tridimensionais do seu corpo. Recentemente foram divulgados controladores para este dispositivo poder ser usado em computadores e a Microsoft planeia integrar o Kinect com computadores equipados com Windows [14] (Figura 5).

Figura 5 – Utilizador controlando uma aplicação gráfica no Windows 7 [14].

III. DETI INTERACT

A. *Introdução*

O Departamento de Electrónica, Telecomunicações e Informática da Universidade de Aveiro possui, à entrada, três ecrãs de grandes dimensões que apresentam informação relativa ao departamento. Este sistema apresenta informação existente no servidor do DSD (Distribuição de Serviço Docente).

O DSD inclui um *backoffice* e um *frontoffice*. O *backoffice* contem a base de dados, onde se mantem informação acerca dos alunos, docentes, turmas, aulas, disciplinas, ocupação de salas, etc. Possui também um conjunto de *Web Services* que permitem aceder a este conteúdo. O *frontoffice* constitui a interface para o utilizador, permitindo a alunos e docentes

consultar horários, inscrever-se em disciplinas, apresentar propostas de dissertação, etc.

Os ecrãs situados à entrada do departamento recorrem aos serviços fornecidos pelo DSD para a apresentação de uma página Web estática que divulga notícias do departamento, bem como uma lista dos docentes e seus contactos. O DetiInteract pretende substituir o actual sistema, permitindo a um utilizador navegar no sistema com um dispositivo móvel e escolher a informação a ser consultada, nesse sentido, são mantidas as funcionalidades existentes. O sistema também permite que futuramente novas funcionalidades possam ser adicionadas com facilidade. Assim sendo, uma das funcionalidades a implementar no DETI Interact é a apresentação de uma lista de docentes. Adicionalmente optou-se por apresentar a lista de horários do departamento, algo que actualmente só está disponível afixado em papel (no átrio do departamento e junto das salas de aula), e na internet.

B. Desenvolvimento do DETI Interact

O DETI Interact é um sistema composto por duas aplicações: uma aplicação que corre em computadores presentes do departamento, aos quais estão ligados os displays, e uma aplicação móvel, utilizada para manipular a informação apresentada nos displays. A aplicação que corre nos computadores do departamento foi desenvolvida em .NET recorrendo ao Windows Presentation Foundation (WPF), dada a sua versatilidade na criação de interfaces gráficas e capacidade de proporcionar inovadoras experiências de utilização. Esta aplicação comunica com os *Web Services* publicados pela plataforma DSD para recolher os dados necessários, processa a informação de modo a extrair a informação pretendida e desenha no ecrã o resultado. A aplicação móvel que comunica com o computador foi desenvolvida para Android OS, e comunica com o sistema através de Bluetooth. A arquitectura geral do sistema pode ser vista na Figura 6.

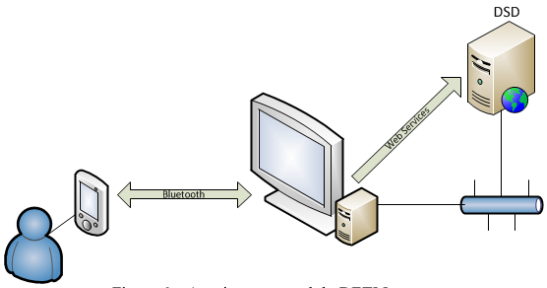


Figura 6 – Arquitectura geral do DETI Interact

No que toca à aplicação que corre nos computadores do departamento, o primeiro objectivo era consumir os *Web Services* publicados pelo DSD de modo a garantir o acesso aos dados necessários. No entanto, os *Web Services* disponíveis na plataforma DSD nem sempre fornecem os dados de um modo utilizável. Por exemplo, para construir a lista de docentes é apenas necessário aceder ao *Web Service* que retorna uma lista de docentes. No entanto, para desenhar os horários não há nenhum *Web Service* adequado, é necessário recorrer a todos os *Web Services* que devolvam listas de disciplinas, turmas, aulas, salas, etc. e posteriormente relacionar os resultados.

Assim sendo foi criada uma aplicação com, inicialmente, duas páginas: uma dedicada à lista de docentes, outra dedicada à apresentação de horários.

A informação apresentada relativa aos docentes inclui o seu nome, uma fotografia, e o número do gabinete, extensão e página Web, e foi arranjada de modo a simular um cartão de apresentação. Os cartões para cada docente ficam dispostos em matriz. Através do WPF é possível fazer com que todo o aspecto gráfico da aplicação seja independente da resolução, isto significa que um ecrã de maior resolução conseguirá mostrar mais informação sem que seja necessário reduzir o tamanho dos dados, o que dificulta a leitura. O resultado pode ser observado na Figura 7.

Figura 7 – DETI Interact: página apresentando a lista de docentes.

A apresentação dos horários tenta simular o aspecto do sistema de horários existente na universidade, dispondo blocos que representam as disciplinas, na sua posição adequada, numa grelha. Cada horário mostra apenas as disciplinas e turmas relativas a cada ano de cada curso. A página que apresenta os horários pode ser vista na Figura 8.

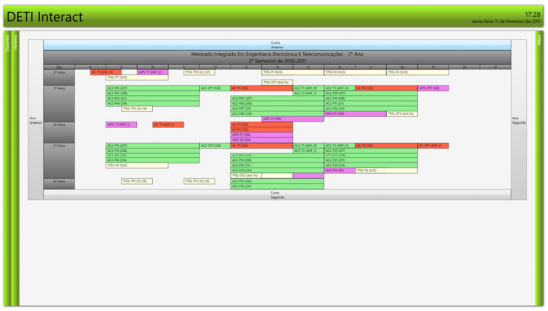


Figura 8 – DETI Interact: página apresentando os horários.

Uma vez que a interacção com o sistema é feita remotamente, através de um dispositivo móvel, o DETI Interact está preparado para receber eventos que manipulem a interface. A página onde se encontra a lista de docentes permite que o utilizador nela navegue, visualizando os docentes que lhe interessarem; a página que apresenta os horários permite ao

utilizador escolher qual o ano ou curso cujo horário pretende ver.

C. *Aplicação móvel*

Para interagir com a aplicação optou-se por usar um dispositivo móvel equipado com Android dada a sua versatilidade de desenvolvimento e facilidade de distribuição das aplicações, aliado ao facto de ser a plataforma móvel actual com maior crescimento tendo-se rapidamente tornado a plataforma móvel dominante no mercado [15].

A aplicação móvel foi desenvolvida para permitir a qualquer utilizador interagir com o DETI Interact. A ligação aos computadores onde se encontra o DETI Interact é feita por Bluetooth, evitando assim problemas de configuração ou atrasos na comunicação devido a muito tráfego na rede. A aplicação recorre às capacidades do ecrã sensível ao toque e à bússola digital para enviar dados ao DETI Interact que permitem interagir com o conteúdo.

IV. INTERACÇÃO

A aplicação que corre nos computadores do departamento está equipada para comunicar por Bluetooth com qualquer dispositivo móvel. Enquanto não há nenhum utilizador a interagir com o DETI Interact, o sistema entra em modo de demonstração, navegando automaticamente pelas páginas e pelo seu conteúdo. Quando um utilizador se tenta ligar através do seu dispositivo móvel, o modo de demonstração é interrompido, e inicia-se uma troca de mensagens entre o sistema e o dispositivo móvel. Tendo em conta o tipo de conteúdos apresentado, o sistema apenas suporta um utilizador de cada vez, de modo a evitar conflitos na utilização. As mensagens enviadas pelo dispositivo têm um formato pré-definido e indicam ao sistema que gestos foram efectuados no dispositivo móvel. O sistema responde de acordo com o gesto efectuado.

A. *Descrição dos gestos suportados*

O conjunto de gestos actualmente aceites pelo sistema incluem: *Scroll*, *Fling*, *Long Press* e Rotação do dispositivo.

1) *Scroll*

O *scroll* é definido no dispositivo como o gesto resultante de poisar o dedo no ecrã, arrastá-lo para outra posição e levantar o dedo. Este gesto encontra-se exemplificado na Figura 9. Quaisquer direcções no eixo XY são válidas e são transmitidas para o DETI Interact.

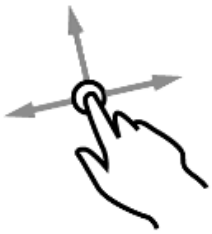


Figura 9 – Ilustração do gesto *Scroll*

Actualmente o único conteúdo que responde a um gesto de *Scroll* no sistema é a lista de docentes. Executando um *scroll* vertical no dispositivo móvel resulta no *scroll* da lista de docentes na direcção pretendida.

2) *Fling*

O *fling*, visto na Figura 10, é um gesto semelhante ao *scroll*, mas executado com maior rapidez. Essencialmente imprime uma aceleração a um objecto.

Figura 10 – Ilustração do gesto *Fling*

No caso da lista de docentes, este gesto resulta em atribuir uma aceleração ao *scroll*, ficando a lista a fazer *scroll*, desacelerando, até parar, efeito conhecido como *Kinetic Scrolling* (*scrolling* cinético).

Quando o sistema se encontra a apresentar os horários, a execução de um *fling* horizontal ou vertical vai alterar o horário actual, mudando o ano ou curso, respectivamente.

3) *Long Press*

Os *long press* consistem em manter o dedo no ecrã durante um período de tempo longo (cerca de 1 segundo), o que o distingue de um toque normal, bem como de toques acidentais. A Figura 11 ilustra a sua execução.

Figura 11 – Ilustração do gesto *Long Press*

A execução de um *long press* alterna a exibição de uma janela de ajuda do sistema.

4) *Rotação*

Os valores da bússola digital são constantemente enviados ao sistema, pois são usados para navegar entre as páginas do sistema. O utilizador pode inclinar o telemóvel para a esquerda ou direita (ver Figura 12) para escolher a página à esquerda ou direita daquela em que se encontra, respectivamente. Sendo assim possível ao utilizador alternar entre a visualização de horários ou da lista de docentes controlando a orientação do telemóvel.

Figura 12 – Ilustracção da orientação da bússola digital processada pela aplicação

B. *Instalação e Ligação*

A ligação ao sistema, como já foi dito previamente, é feita usando Bluetooth. Esta solução, ainda que mais lenta que o Wi-Fi, traz vantagens face ao uso do Wi-Fi uma vez que não necessita que o utilizador configure a ligação. Usando o Bluetooth também se garante que a utilização do sistema é independente da rede da universidade, estando assim isento de problemas de ligação e assegurando a segurança da rede. Ainda assim, a API de Bluetooth incluída no Android não permite que dois dispositivos comuniquem sem que se proceda a um emparelhamento prévio, o que resulta num passo indesejado do lado do utilizador, mas que só terá de ser efectuado uma vez.

Uma vez que para interagir com os ecrãs é necessário ter a aplicação móvel a correr num telemóvel Android, foi também necessário encontrar uma forma de distribuir a aplicação. O Android Market seria uma opção, no entanto, para além da submissão de aplicações ser de um serviço pago, esta aplicação móvel só será usada dentro do departamento, pelo que a sua distribuição pelo mercado internacional não traria nenhuma vantagem. Assim sendo, pelo menos numa fase inicial, optou-se por distribuir a aplicação localmente. Uma vez que o Android permite a instalação de aplicações a partir de um ficheiro (o ficheiro de tipo APK resultante da compilação do código), era apenas necessário colocar o ficheiro num local acessível, tal como, uma página Web. Assim sendo, o ficheiro foi colocado numa pasta pública no Dropbox (um serviço online de alojamento de ficheiros) bastando ao utilizador usar um *browser* no telemóvel para descarregar o ficheiro.

Adicionalmente, para facilitar o descarregamento do ficheiro, o endereço para o ficheiro foi também codificado para um QR Code, facilitando a tarefa para quem tem um descodificador instalado no telemóvel.

Ultrapassados os problemas, a aplicação foi instalada em um dos computadores na entrada do departamento e encontra-se actualmente em fase de testes.

V. Conclusões e Trabalho Futuro

Durante o desenvolvimento do DETI Interact e com a sua instalação na entrada do departamento foi possível reunir alguma informação relativamente ao seu funcionamento, bem como algumas das suas dificuldades.

Como previsto, o acto da primeira instalação da aplicação móvel requer algum esforço por parte do utilizador. Este tem de activar o Bluetooth no telemóvel e emparelhar com o sistema, adicionalmente, dado o modo como a aplicação móvel é distribuída é necessário autorizar o telemóvel a instalar aplicações provenientes de "fontes desconhecidas". O Android fornece modos de automatizar os processos de activação do Bluetooth e emparelhamento de dispositivos, no entanto foram detectadas algumas dificuldades na sua implementação. Quanto ao problema da instalação de aplicações provenientes de fontes desconhecidas a única solução prende-se em submeter a aplicação ao Android Market.

Por outro lado os primeiros testes efectuados revelam que a interacção com o sistema é muito intuitiva o que indica que as escolhas feitas em termos de apresentação de conteúdos e técnicas de interacção com os ecrãs terão sido adequadas ao que se pretende do sistema.

Uma vez que se pretende com este trabalho estudar técnicas de interacção com ecrãs públicos de grandes dimensões, estão-se a implementar funcionalidades adicionais que tirem maior partido do que o dispositivo móvel tem para oferecer, nomeadamente a sua capacidade de interagir com ambientes tridimensionais.

Uma das funcionalidades que se encontra em desenvolvimento consiste na integração de um *plug-in* do Google Earth no sistema, permitindo a um utilizador navegar no globo terrestre. Outra funcionalidade em desenvolvimento prende-se com a implementação de um visualizador de objectos tridimensionais, possibilitando, por exemplo, uma visita virtual, controlada pelo telemóvel. Planeia-se também tornar o sistema sensível ao contexto, permitindo ao sistema identificar o utilizador e apresenter informação relevante, como por exemplo, o horário apenas das disciplinas que lhe dizem respeito.

Referências

[1] Stogaitis, M. and M. Sun. Gmote - Android Remote. 2008 21/11/2010]; Available from: http://www.gmote.org/.

[2] Samsung. Samsung Internet @ TV. 2010 24/11/2010]; Available from: http://www.samsung.com/uk/internet-tv/.

[3] Google. Features - Google TV. 2010 24/11/2010]; Available from: http://www.google.com/tv/.

[4] Tang, A., et al., Designing for bystanders: reflections on building a public digital forum, in Proceeding of the twenty-sixth annual SIGCHI conference on Human factors in computing systems. 2008, ACM: Florence, Italy. p. 879-882.

[5] Finke, M., et al., Lessons learned: game design for large public displays, in Proceedings of the 3rd international conference on Digital Interactive Media in Entertainment and Arts. 2008, ACM: Athens, Greece. p. 26-33.

[6] Hardy, R. and E. Rukzio, Touch \& interact: touch-based interaction of mobile phones with displays, in Proceedings of the 10th international conference on Human computer interaction with mobile devices and services. 2008, ACM: Amsterdam, The Netherlands. p. 245-254.

[7] Hardy, R. and E. Rukzio, Touch \& Interact: touch-based interaction with a tourist application, in Proceedings of the 10th international conference on Human computer interaction with mobile devices and services. 2008, ACM: Amsterdam, The Netherlands. p. 531-534.

[8] Boring, S., et al., Touch Projector: Mobile Interaction through video. Proceedings of CHI 2010, Atlanta, GA, April 10-15, 2009: p. 2287-2296.

[9] Madhavapeddy, A., et al., Using Camera-Phones to Enhance Human-Computer Interaction. Proceedings of Ubiquitous Computing (Adjunct Proceedings: Demos), 2004: p. 1-2.

[10] Palha, R., Interacção entre um dispositivo móvel e um ecrã de grandes dimensões, in Departamento de Electrónica, Telecomunicações e Informática. 2010, Universidade de Aveiro.

[11] Miyaoku, K., S. Higashino, and Y. Tonomura, C-blink: a hue-difference-based light signal marker for large screen interaction via any mobile terminal, in Proceedings of the 17th annual ACM symposium on User interface software and technology. 2004, ACM: Santa Fe, NM, USA. p. 147-156.

[12] Microsoft. Kinect - Xbox.com. 2010 25/11/2010]; Available from: http://www.xbox.com/en-US/kinect.

[13] GIZMODO. Orange Shows Off Gesture Based Interaction Screen, Touch Screens Look On in Horror. 04/11/2010]; Available from: http://gizmodo.com/346845/orange-shows-off-gesture-based-interaction-screen-touch-screens-look-on-in-horror.

[14] Anthony, S. Microsoft Kinect controlling Windows 7, exciting proof of concept. 2010 25/11/2010]; Available from: http://downloadsquad.switched.com/2010/11/22/microsoft-kinect-controlling-windows-7-exciting-proof-of-concep/.

[15] DailyTech. Android Overtakes Symbian as World's No. 1 Smartphone Platform. 2011 14/02/2011]; Available from: http://www.dailytech.com/Android+Overtakes+Symbian+as+Worlds+No+1+Smartphone+Platform/article20787.htm.

Trabalho Cooperativo Suportado por Computador: Um Campo por Cogitar

António Correia
Departamento de Engenharias, Escola de Ciências e Tecnologia, UTAD
Vila Real, Portugal
ajcorreia1987@gmail.com

Benjamim Fonseca, Hugo Paredes
GECAD / UTAD
Vila Real, Portugal
{benjaf, hparedes}@utad.pt

Resumo — **Numa esfera organizacional de grande dinamismo e mutabilidade, a eficácia do trabalho em grupo nas empresas e instituições assume-se como um dos factores de sucesso mais relevantes para alcançar os seus desideratos. A computação tem adquirido uma incumbência estratégica no suporte aos processos de trabalho cooperativo, suscitando uma simbiose profícua entre humanos e máquinas com funções distintas mas fortemente interligadas. Este artigo analisa a natureza holística do Trabalho Cooperativo Suportado por Computador, uma área científica interdisciplinar que tem provocado inúmeras metamorfoses ao nível social e tecnológico, manifestando um carácter polimorfo e multidimensional. Neste contexto, torna-se premente articular a miríade de conceitos e tendências tecnológicas que integram o campo, numa manifesta tentativa de conglomerar um compósito de visões nucleares à sua génese evolutiva.**

Palavras-chave - cscw; trabalho cooperativo suportado por computador; groupware; hci; interacção humano-computador; tecnologias da informação e comunicação; análise transversal

I. INTRODUÇÃO

Com o advento do novo milénio, verificou-se uma efervescente transformação paradigmática na utilização das Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC), fomentando a criação de uma sociedade centrada na informação [1] e regenerando a capacidade de trabalhar remotamente. Os avanços tecnológicos sedimentados na imensidão do "cosmos" colaborativo actual, designadamente a utilização de mundos virtuais para a realização de reuniões e formações específicas com um elevado grau de complexidade, sistemas de *workflow* proficientes, mensagens instantâneas, videoconferência, ou ainda espaços multi-utilizador para partilha e edição efectiva de documentos em tempo real, trazem inúmeras possibilidades ao campo do teletrabalho. Contudo, os progressos supra-referidos acarretam também imensos desafios no que corresponde às diferentes necessidades dos utilizadores para aumentar a transparência, co-presença, privacidade e proficuidade laboral em contextos funcionais, numa manifesta tentativa de cooperar activamente de forma ubíqua. Neste sentido, torna-se premente enfatizar a óptica futurista de Mark Weiser [2] ao introduzir o conceito de Computação Ubíqua na comunidade científica, um paradigma fundamentado na "submersão" de computadores embutidos no mundo real, aumentando o intelecto humano através da utilização de tecnologia de uma forma inconsciente. Com a colocação dos dispositivos computacionais num plano secundário, "*a virtualidade embebida no espaço físico permitiu reverter as forças centrípetas afectantes que os computadores pessoais convencionais introduziram dentro da vida e do espaço de trabalho*". Na senda evolutiva da presente "sinapse" conceptual, Iacucci e Wagner [3] afirmam que um dos grandes desafios da orgânica que compõe a computação ubíqua é tornar a Interacção Humano-Computador (um segmento conhecido por *Human-Computer Interaction* – HCI) invisível e implícita, incorporando a computação nas acções naturais do ser humano.

O paradigma actual dos ambientes colaborativos amplia a metáfora do espaço de trabalho auxiliado por computador e abre novos caminhos à forma como as TIC podem apoiar as dinâmicas processuais de um grupo cooperativo em constante interacção [4]. No entrosamento deste tumulto, surge um campo de investigação designado por Trabalho Cooperativo Suportado por Computador (*Computer Supported Cooperative Work* – CSCW, na nomenclatura anglo-saxónica), um campo científico multidisciplinar [5], centrado no desenvolvimento de novas classes de aplicações cooperativas na envolvente laboral. Embora os investigadores e profissionais tenham muitos interesses em comum, verifica-se uma enorme multiplicidade de definições para este "compósito" científico em constante metamorfose [6], tornando-o polimorfo e ecléctico. As teorias que defendiam a natureza intelectual, mecanicista e metódica das actividades laborais têm sido amplamente questionadas, na medida em que as interacções passaram a ocorrer com maior frequência e com um grau de complexidade mais elevado, num fenómeno contínuo cujo valor se encontra na autenticidade de inúmeras contribuições que estimulam a transmissão absoluta de conhecimento através de redes interpessoais pró-activas [7].

A estrutura do artigo encontra-se subdividida em quatro secções independentes mas interligadas entre si, respeitando um encadeamento lógico e sequencial. Na segunda secção, faz-se um enquadramento conceptual relativo ao tema em epígrafe e apresentam-se algumas taxonomias de classificação efectivas. A terceira secção apresenta uma delimitação histórica sobre as origens do CSCW, foca os seus domínios de investigação e refere a Web Social como uma "plataforma" de colaboração actual com impacto assinalável, procurando a obtenção de uma aproximação coerente sobre a sua principal razão de existência, a inteligência colectiva. Finalmente, na quarta e última secção, são reflectidas algumas considerações e definem-se as linhas de orientação futura para o campo supramencionado.

II. A GÉNESE DO ACRÓNIMO CSCW

Segundo Bannon e Schmidt [8], o CSCW não pode ser definido em termos de técnicas a serem aplicadas, mas sim como uma área de investigação centrada na concepção de sistemas, tendo uma base conceptual em diversos campos das ciências sociais e da computação. Neste prisma, deve ser visto como um esforço para compreender a natureza holística e as características do trabalho cooperativo, com o objectivo de criar tecnologias computacionais adequadas e aperfeiçoadas num esforço sistemático. Por sua vez, Greif [5] define CSCW como "*um campo de investigação identificável, centrado no papel do computador no trabalho em grupo*". O termo "grupo" é utilizado no sentido de definir qualquer tipo de interacção social, podendo ser entendido como um conjunto de pessoas, relativamente fechado e fixo, que partilham objectivos comuns e estão envolvidas num processo de comunicação ininterrupto. A interacção entre os elementos de um grupo pode variar em termos de frequência, desde o simples acto de informar ao caso da cooperação, onde coexiste uma actividade partilhada para a qual é necessário interagir com grande frequência. No caso da colaboração, realiza-se uma acção mútua, mas a comunicação é esporádica. A coordenação não envolve comunicação com o intuito de executar uma actividade comum, mas sim o contacto com o propósito de coordenar as actividades e a informação [9]. O trabalho em grupo designa um tipo específico de relação cooperativa expressa pela partilha de responsabilidades entre os membros, por um planeamento efectivo e por ser premeditada [10]. O conceito de "trabalho cooperativo" é a designação geral e neutra de múltiplas pessoas a trabalhar em conjunto, através de processos que estão relacionados quanto ao conteúdo, para produzir um determinado produto ou serviço [8].

A esfera empírica conducente ao sintagma "CSCW" aborda processos cooperativos unindo indivíduos, assim como grupos homogéneos, para que possam trabalhar em conjunto visando alcançar metas comuns, independentemente da sua localização geográfica e actuando numa configuração temporal síncrona ou assíncrona. Conforme referem Bowers e Benford [11], "*na sua forma mais genérica, o CSCW examina as possibilidades e os efeitos do suporte tecnológico a pessoas envolvidas em processos de comunicação e trabalho colaborativo*". Neste contexto, é importante salientar os dois pares de caracteres que compõem o acrónimo, "CW" na perspectiva do fenómeno social do trabalho em grupo e "CS" como as ferramentas informáticas que o suportam, conhecidas internacionalmente por *Groupware* [12] [13].

Num invólucro conceptual mais estrito, subentende-se por *groupware* "*o conjunto de sistemas computacionais que suportam pessoas envolvidas numa tarefa (ou objectivo) comum e que fornecem uma interface para um ambiente compartilhado*", podendo incluir software, hardware ou serviços de suporte a processos de trabalho cooperativo [9]. A característica nuclear para o sucesso destas aplicações é a partilha de informação entre os membros de um grupo, trazendo coesão aos procedimentos existentes [6]. Enquanto o *groupware* aborda os problemas técnicos para aperfeiçoar a interface homem-computador, fornecendo tecnologias multi-utilizador para um sistema efectivo, o CSCW deve articular o trabalho cooperativo, partilhar um espaço de informação activo e adaptar a tecnologia à organização [8].

Em virtude do compromisso em desenvolver tecnologias de colaboração proeminentes, que suportem eficazmente toda a estrutura interpessoal encapsulada no universo organizacional metamórfico que subsiste actualmente, o CSCW conseguiu situar a tecnologia no "circuito" operacional das actividades funcionais, permitindo a prospecção de quadros conceptuais, estratégias, taxonomias, métodos e técnicas de investigação, que possibilitam agrupar, desenvolver e implementar diversos artefactos num conjunto estrito de novas normas que defendem uma análise rigorosa das práticas reais de trabalho [7]. Neste sentido, torna-se fundamental salientar o esforço de alguns investigadores em avaliar a génese das ferramentas supra-referidas, introduzindo modelos de classificação proficuos que facilitaram a sua interpretação holística. A Matriz Tempo-Espaço (ver Quadro I), introduzida por DeSanctis e Gallupe [14] e desenvolvida em diversos estudos subsequentes [9] [10] [15] [16], começou por apresentar quatro configurações inter-relacionadas que classificavam os sistemas de *groupware* segundo a dimensão do grupo e a proximidade entre os membros. No entanto, a natureza desta taxonomia, tal como o seu desígnio implica, evoluiu para uma perspectiva que substitui a variável do tamanho do grupo pelo tempo em que a cooperação é efectivada, podendo possuir um carácter síncrono ou assíncrono mediante o instante em que se dá a interacção.

QUADRO I. MATRIZ TEMPO-ESPAÇO

Espaço / Tempo	***Mesmo Espaço (Co-localizado)***	***Espaços distintos (Remoto)***
Síncrono (Simultâneo)	Reuniões presenciais[a], sistemas de suporte à decisão, *roomware*	Videoconferência, mundos virtuais, *instant messaging*, chat, editores colaborativos multi-utilizador
Assíncrono (Instantes diferentes)	Gestão de projectos, trabalho efectuado por turnos, salas de equipa	*Workflow*, *e-mail*, *blogs*, calendários de grupo, *wikis*

A categorização de ferramentas *groupware* é uma tarefa extremamente complexa de materializar e exige uma análise rigorosa às dimensões transversais que compõem esta corrente. A classificação segundo os Níveis de Aplicação [9] subdivide os sistemas colaborativos em sete categorias distintas de acordo com a sua funcionalidade genérica, nomeadamente:

1) Sistemas de mensagens: Englobam todo o processo de troca de mensagens entre os membros de um grupo.

2) Editores multi-utilizador: Permitem que várias pessoas trabalhem no mesmo documento.

3) Salas de reunião electrónicas: Salas com capacidade informática e multimédia para a execução de reuniões de trabalho em grupo.

4) Sistemas de conferência: Possibilitam a conversação entre os intervenientes de forma síncrona ou assíncrona.

5) Espaços de informação partilhada: Disponibilizam aos elementos de um grupo diversos ficheiros para consulta e subsequente alteração.

6) Agentes inteligentes: Aplicações que procuram substituir os humanos na execução de algumas tarefas.

7) Sistemas de coordenação (workflow): Facilitam a coordenação de grupos e actividades.

Neste sentido, as categorias supramencionadas podem ser inseridas no Modelo 3C [17], uma taxonomia de classificação de ferramentas colaborativas que insere os domínios anteriores em três aspectos fundamentais: Comunicação, Coordenação e Cooperação. A classificação segundo os níveis de aplicação pode ainda ser incluída no âmbito do Esquema de Comparação para Aplicações *Groupware* [18], que consiste em nove construções arquitectónicas para concepções tecnológicas de génese colaborativa, designadamente: funcionalidade principal, conteúdo, relações, acções suportadas, parâmetros de acção, controlo de acesso, persistência da sessão, indicadores de sensibilização e mecanismos de alerta.

III. Uma Viagem pela Espiral do Tempo

Embora a origem do termo "CSCW" remonte oficialmente a 1984, num seminário organizado por Irene Greif e Paul Cashman [15], a sua ideia central remete-nos até à década de 1940, quando Vannevar Bush propôs o MEMEX, um sistema de memória e comunicação baseado em hipertexto que usaria código binário, foto células e fotografia instantânea para que as pessoas pudessem criar e seguir referências cruzadas de microfilmes [19]. Impulsionado pela visão vanguardista do seu antecessor, Douglas Engelbart desenvolveu o AUGMENT/NLS SYSTEM, o primeiro sistema colaborativo operacional baseado em hipertexto, introduzindo conceitos como teleconferência, *groupware* e aumento do intelecto humano [20]. O surgimento do sistema SABRE, em 1964, veio solucionar os problemas apresentados pelas companhias aéreas americanas ao nível do preenchimento de lugares em voos de avião e da impressão de cheques de pagamento [21], introduzindo uma era denominada por Automação de Escritório (*Office Automation*). Em 1969, é implementada a ARPA NETWORK, que viria a transformar-se na grande catalisadora da Internet. Dois anos mais tarde, surge o sistema de correio electrónico (*e-mail*) pelas mãos de Ray Tomlinson, marcando uma revolução de importância capital ao nível das comunicações [22].

Com a introdução do CSCW, surgiram inúmeros estudos centrados no modo como o software colaborativo poderia articular os processos de trabalho existentes, tornando obsoleta a automação de escritório. No epicentro desta impressionante espiral de mudança, desenvolveram-se diversas aplicações de *groupware* notáveis, nas quais se salientam o COORDINATOR na óptica da troca de mensagens semi-estruturadas [23] e o LOTUS NOTES como um sistema "cliente-servidor" dinâmico [24]. Ao projectar a arquitectura da WORLD WIDE WEB (WWW), Tim Berners-Lee visionou o potencial cooperativo que estava intrinsecamente associado ao que o mesmo descreveu como "*o universo de informação acessível através de uma rede global*" [22], marcando o término de uma era de incompatibilidades frustrantes entre sistemas computacionais e fomentando uma explosão de acessibilidade caracterizada por enormes impactos sociais e económicos. A consolidação deste fenómeno, na década de 1990, globalizou as comunicações e criou uma "auto-estrada" de conhecimento acessível à população em geral, crescendo a partir de uma ferramenta utilizada por uma pequena comunidade de especialistas para uma rede global composta por milhões de utilizadores. As tendências de investigação em CSCW transitaram das infra-estruturas de rede para os ambientes virtuais colaborativos, desde a simples interface de texto às complexas interfaces tridimensionais, suscitando uma evolução com contornos significativos. Nos últimos anos, foi possível observar a utilização de mundos virtuais como o SECOND LIFE e o WORLD OF WARCRAFT para fins de entretenimento e negócios, propulsionando um interesse crescente por parte dos investigadores sobre o impacto que este tipo de tecnologia pode ter sobre os padrões de comportamento ao nível da colaboração electrónica e dos resultados gerais do trabalho colaborativo através da esfera virtual [25].

A. Domínios de Investigação do CSCW

O surgimento de redes sem fios com grande autonomia e a proliferação dos dispositivos móveis no ambiente de trabalho deram lugar a uma subárea de investigação denominada por CSCW Móvel, promovendo a colaboração ao longo do espaço e do tempo e permitindo que as equipas cooperem enquanto se movimentam. No entanto, este domínio enfrenta sérios desafios devido às limitações dos dispositivos móveis no que intenta à capacidade de memória, tamanho do ecrã e energia disponível, podendo traduzir-se em consequências desastrosas para o sucesso da cooperação em caso de interrupção fortuita [26]. O CSCW tem abordado intensamente os aspectos temporais e espaciais no que respeita às inovações tecnológicas que estão congregadas ao seu foco de investigação. Com a utilização de infra-estruturas tecnológicas fixas e móveis, é possível gerir e organizar as actividades relativas ao fluxo laboral com menos restrições, tornando o ambiente de trabalho mais flexível e independente da limitação geográfica e temporal, conglobando uma dimensão importante da mobilidade denominada por "contexto", onde a acção humana está inerentemente situada num contexto particular que é transformado pelo desempenho da actividade de forma recursiva, ganhando uma importância capital para a captação da natureza da interacção [27].

A incorporação de software social no universo empresarial possibilita aumentar a eficácia de uma organização e obter vantagens competitivas assinaláveis. A introdução de módulos colaborativos em sistemas integrados de gestão empresarial e de gestão das relações com o cliente é crítica para a interacção síncrona entre empresas e consumidores [28], perspectivando um paradigma emergente e profícuo denominado por Comércio Colaborativo (*C-Commerce*) [29], um segmento complexo dos Negócios Digitais (*E-Business*) que se direcciona à interacção colaborativa e fluida de uma comunidade de colaboradores, parceiros de negócio e consumidores, projectada para alcançar novas oportunidades de negócio através da Internet.

Extrapolando a vertente empresarial do CSCW para uma rota científica de investigação com grande imponência, a Saúde apresenta-se como um dos domínios de análise mais complexos e altamente cooperativos da prática laboral a nível mundial. Segundo Field [30], a telemedicina pode ser definida como a "*utilização de informação electrónica e tecnologias de comunicação para fornecer e suportar cuidados médicos quando a distância separa os participantes*". O CSCW aplicado ao sector da saúde inclui a análise de registos médicos electrónicos em ambientes clínicos cooperativos, a aplicação de tecnologias colaborativas na saúde, bem como as práticas colaborativas das equipas de assistência médica ao paciente [31]. Em Portugal, verificou-se que no ano 2006 cerca de 23% dos hospitais praticavam, impreterivelmente, actividades de telemedicina, com especial incidência no telediagnóstico e na

teleconsulta [32]. Através desta visão geral sobre a utilização de TIC no sector da saúde, é possível reflectir e gravitar com grande persistência em torno do potencial do CSCW como um catalisador da inovação neste ramo extremamente complexo, facultando novas métricas para a resolução de problemas existentes ao nível da actuação médica em situações de risco, implementando fluxos de trabalho cooperativo e tecnologias de suporte com grande potencial de intervenção, aglutinadores de uma eficácia laboral com preeminências expectáveis.

Numa atmosfera de investigação com motivações distintas, os ambientes virtuais colaborativos transformaram as redes computacionais em espaços tridimensionais navegáveis e habitados, suportando o trabalho cooperativo e a interacção social. Os participantes são providos de incorporações gráficas denominadas por avatares, que transmitem a sua identidade, co-presença, localização e actividade [33]. A Aprendizagem Colaborativa Suportada por Computador (*Computer-Supported Collaborative Learning* – CSCL) assume-se como uma área científica multidimensional baseada em estratégias educativas, onde os recursos informáticos actuam como intermediários de todo o processo de colaboração. A natureza da CSCL encontra-se na melhoria contínua da interacção em grupo, facultando a capacidade recíproca de partilha e subsequente distribuição de conhecimento pelos membros de uma comunidade [34]. Um vasto número de universidades e investigadores na área da educação tem utilizado mundos virtuais para analisar a sua utilidade pedagógica, demonstrando o enorme potencial de aplicação destas plataformas para obter benefícios educacionais em grupos de discussão e fornecer representações visuais mais adequadas para certos tópicos complexos [35].

B. Web Social: Colaborar para a Inteligência Colectiva

Segundo Gruber [36], a Web Social pode ser entendida como "*um ecossistema de participação, onde o valor é criado pela agregação de diversas contribuições individuais*", sendo constituída por uma classe de websites e aplicações que permitem uma colaboração efectiva entre os intervenientes. A Internet está a criar novas construções sociais, comunidades de utilizadores com características distintas que agem em torno de um objectivo comum. Rheingold [37] define comunidades virtuais como "*agregações sociais que emergem a partir da Internet quando um número suficiente de pessoas desenvolve discussões públicas por tempo indeterminado, com sentimentos humanos suficientes para formar redes de relações pessoais no ciberespaço*". Estas caracterizam-se por grupos de pessoas com sistemas de valor, normas, regras e um sentido de identificação e associação comum, capacitadas para obter a sua própria composição cultural [38].

A inteligência colectiva deve ser enaltecida como um objectivo científico e social, onde a Internet é o melhor condimento para transformar este desiderato numa realidade "palpável". A chave, como os visionários viram, é uma sinergia entre humanos e máquinas, onde devem existir diferentes funções para ambos. As pessoas são a fonte de conhecimento, sendo afectadas por problemas e interesses reais. As máquinas constituem os meios de suporte que armazenam, sintetizam, pesquisam e combinam os dados, concebendo inferências lógicas e matemáticas [36]. A inteligência colectiva pode ser definida como a "*informação que é distribuída dentro de um grupo, reflectindo o conhecimento de todos os participantes e adaptando-se continuamente às mudanças no ambiente de opinião ou liderança*" [39]. O capital social ganha proeminência como um conceito que fornece um fundamento para descrever e caracterizar um conjunto de relações organizacionais. A preposição nesta visão é que as redes de relações são um recurso valioso, tanto para o indivíduo como para a organização, transformando a política de aquisição de conhecimento num benefício tangível [40].

IV. Considerações Finais

O ponto nevrálgico deste estudo encontra-se na elaboração de uma análise transversal desde o pré-CSCW até ao presente, referindo algumas das suas principais características e criando uma atmosfera que suscite e amplie o interesse pela área. Este artigo visa ser uma primeira abordagem ao que se pretende efectuar na posteridade, nomeadamente a fundamentação de uma taxonomia evolutiva, baseada em modelos conceptuais, que esquematize concretamente as principais variáveis do CSCW e permita efectuar uma avaliação absoluta às principais mutações verificadas ao longo do tempo.

De um modo geral, o CSCW tem protagonizado um ensaio crítico de suposições e princípios fundamentais em computação e tem promovido várias linhas promissoras de desenvolvimento tecnológico e de teorias comportamentais em domínios como os mecanismos de "consciência" e os fluxos de trabalho. Os desenvolvimentos alcançados ao nível da computação móvel, pervasiva e ubíqua, têm sido acompanhados por um exercício complementar que congloba o aproveitamento do CSCW em contextos que transcendem o espaço de trabalho e se centram em diversos aspectos do quotidiano, como são exemplo os videojogos cooperativos, a domótica, os museus interactivos ou a capacidade de resposta em situações de emergência [7]. Em termos de convergência, a ubiquidade tem a possibilidade de dirigir as fronteiras de apoio à colaboração e oferecer novas oportunidades para alargar o âmbito de actuação dos sistemas cooperativos. Extrapolando para outra dimensão conceptual, a Computação em Nuvem pode facultar a capacidade necessária para trabalhar remotamente através do armazenamento de dados na Web [41]. Neste sentido, com o desenvolvimento da WWW rumo a uma Web Semântica, um conceito que visa permitir aos computadores e humanos trabalhar em cooperação através da introdução de significado aos dados [36], é possível traçar um novo caminho para a área do CSCW.

Num espectro evolutivo, devemos ser capazes de "cogitar" sobre o estado actual do campo em epígrafe, na medida em que o acrónimo "CSCW" perdeu alguma relevância ao deixar de reflectir a actividade de um grupo, devido a factores como o computador ter perdido o estatuto de exclusividade como dispositivo digital de interesse global, a tecnologia não estar confinada unicamente a um papel de suporte, o foco principal do CSCW já não incidir em pequenos grupos para os quais a cooperação era o ónus, levando o mundo digital a englobar ataques de *hackers*, *spam*, preocupações com a privacidade, conflitos e competição, bem como os sistemas capazes de apoiar as tarefas dos grupos em contexto de trabalho terem ampliado significativamente o seu espaço de disseminação e a sua subsequente utilização para além do ambiente corporativo [42]. No que se refere puramente ao conhecimento emergente,

entrelaçado nas texturas das redes sociais e das plataformas colaborativas que proliferam na "era digital", este continua a ser um paradigma complexo e difícil de conceptualizar, na medida em que "*a ciência não é uma colecção ampla de conhecimento, mas um sistema de criação do mesmo*" [36].

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] H. Paredes and F. M. Martins, "Social interaction regulation in virtual web environments using the Social Theatres model," Journal of Network and Computer Applications, 2011, In Press, Corrected Proof.

[2] M. Weiser, "The Computer for the Twenty-First Century," Scientific American, 1991, vol. 265, issue 3, pp. 94-104.

[3] G. Iacucci and I. Wagner, "Supporting collaboration ubiquitously: An augmented learning environment for architecture students," in Proceedings of the 8th European Conference on Computer Supported Cooperative Work, 2003, pp. 139–158.

[4] H. P. Dommel, "The challenges of ambient collaboration," in Proceedings of the Conference on Diversity in Computing, Albuquerque, New Mexico, 2005, pp. 10-13.

[5] I. Greif, "Computer-supported cooperative work: A book of readings," San Mateo, Califoria: Morgan Kaufmann, 1988.

[6] M. Koch and T. Gross, "Computer-supported cooperative work – Concepts and trends," in Proceedings of the 11th Conference of the Association Information and Management, 2006, vol. 92, pp. 165-172.

[7] K. Schmidt, "Keep up the good work!: The concept of 'work' in CSCW," in Proceedings of the 9th International Conference on the Design of Cooperative Systems, 2010, pp. 265-286.

[8] L. J. Bannon and K. Schmidt, "CSCW: Four characters in search of a context," in Proceedings of the 1st European Conference on Computer Supported Cooperative Work, Gatwick, U. K., 1989, pp. 358-372.

[9] C. A. Ellis, S. J. Gibbs, and G. L. Rein, "Groupware: Some issues and experiences," Communications of the ACM, 1991, vol. 34, issue 1, pp. 38-58.

[10] R. Johansen, "Groupware: Computer support for business teams," New York and London: The Free Press, 1988.

[11] J. Bowers and S. Benford, "Studies in computer-supported cooperative work: Theory, practice and design," Amsterdam: Elsevier Science, 1991.

[12] K. Schmidt and L. J. Bannon, "Taking CSCW seriously: Supporting articulation work," Journal of Computer Supported Cooperative Work, 1992, vol. 1, issue 1, pp. 7-40.

[13] M. S. Ackerman, "The intellectual challenge of CSCW: The gap between social requirements and technical feasibility," Human-Computer Interaction, 2000, vol. 15, issue 2, pp. 179-203.

[14] G. DeSanctis and B. Gallupe, "A foundation for the study of group decision support systems," Management Science, 1987, vol. 33, issue 5, pp. 589-609.

[15] J. Grudin, "Computer supported cooperative work: History and focus," Computer, 1994, vol. 27, issue 5, pp.19-26.

[16] A. J. Dix, J. E. Finlay, G. D. Abowd, and R. Beale, "Human-Computer Interaction," Prenctice-Hall, ESM Marketing-Computer Science, 1998.

[17] U. M. Borghoff and J. H. Schlichter, "Computer-supported cooperative work: Introduction to distributed applications," Secaucus, New Jersey: Springer-Verlag New York, 2000.

[18] R. O. Briggs, D. Mittleman, J. Murphy, and A. Davis, "Toward a taxonomy of groupware technologies," in Proceedings of the 14th International Workshop, CRIWG, 2008, pp. 305-317.

[19] V. Bush, "As we may think," Atlantic Monthly, 1945, vol. 176, issue 1, pp. 101-108. Republished in I. Greif (Ed.), "Computer-supported cooperative work: A book of readings," San Mateo, Califoria: Morgan Kaufmann, 1988.

[20] D. C. Engelbart, "A conceptual framework for the augmentation of man's intellect," in P. W. Howerton and D. C. Weeks (Eds.), Vistas in Information Handling, Washington, D. C.: Spartan Books, 1963.

[21] D. G. Copeland, R. O. Mason, and J. L. McKenney, "Sabre: The development of information-based competence and execution of information-based competition," IEEE Annals of the History of Computing, 1995, vol. 17, issue 3, pp. 30-57.

[22] T. Berners-Lee, "WWW: Past, present, and future," Computer, 1996, vol. 29, issue 10, pp. 69-77.

[23] T. Winograd and F. Flores, "Understanding computers and cognition: A new foundation for design," Norwood, New Jersey: Abblex, 1986.

[24] W. J. Orlikowski, "Learning from Notes: Organizational issues in groupware implementation," in Proceedings of the ACM Conference on Computer Supported Cooperative Work, 1992, pp. 362-369.

[25] N. Kock, "E-collaboration and e-commerce in virtual worlds: The potential of Second Life and World of Warcraft," International Journal of e-Collaboration, 2008, vol. 4, issue 3, pp. 1-13.

[26] C. Papadopoulos, "Improving awareness in Mobile CSCW," IEEE Transactions on Mobile Computing, 2006, vol. 5, issue 10, pp. 1331-1346.

[27] M. Kakihara and C. Sorensen, "Mobility: An extended perspective," in Proceedings of the 35th Annual Hawaii International Conference on System Sciences, 2002, pp. 1756-1766.

[28] M. Koch, "CSCW and Enterprise 2.0 – Towards an integrated perspective," in Proceedings of the 21th Bled eConference eCollaboration: Overcoming Boundaries through Multi-Channel Interaction, 2008, pp. 416-427.

[29] C. W. Holsapple and M. Singh, "Toward a unified view of electronic commerce, electronic business, and collaborative commerce: A knowledge management approach," Knowledge and Process Management, 2000, vol. 7, issue 3, pp. 151-164.

[30] M. J. Field, "Telemedicine: A guide to assessing telecommunications in healthcare," Washington, D. C.: National Academy Press, 1997.

[31] Y. Xiao, "Artifacts and collaborative work in healthcare: Methodological, theorical, and technological implications of the tangible," Journal of Biomedical Informatics, 2005, vol. 38, issue 1, pp. 26-33.

[32] INE Statistics Portugal, "Sociedade da informação e do conhecimento – Inquérito à utilização de Tecnologias da Informação e Comunicação nos hospitais," 2006, <http://www.elojas.com.pt/files/ine_hospitais_ti.pdf>.

[33] S. Benford, C. Greenhalgh, T. Rodden, and J. Pycock, "Collaborative virtual environments," Communications of the ACM, 2001, vol. 44, issue 7, pp. 79-85.

[34] L. Lipponen, K. Hakkarainen, and S. Paavola, "Practices and orientations of CSCL," in P. Dillenbourg (Ed.), "What we know about CSCL," Netherlands: Springer, vol. 3, pp. 31-50, 2004.

[35] N. Pinkwart and H. Oliver, "Cooperative virtual worlds – A viable ecollaboration pathway or merely a gaming trend?," Electronic Markets, 2009, vol. 19, issue 4, pp. 233-236.

[36] T. Gruber, "Collective knowledge systems: Where the Social Web meets the Semantic Web," Web Semantics: Science, Services and Agents on the WWW, 2008, vol. 6, issue 1, pp. 4-13.

[37] H. Rheingold, "Virtual community: Homesteading on the electronic frontier," New York: Addison-Wesley, 1993.

[38] J. Fernback, "There is a there there: Notes toward a definition of cybercommunity," in S. Jones (Ed.), "Doing internet research: Critical issues and methods for examining the net," Thousand Oaks: Sage, 1999.

[39] R. Hoegg, R. Martignoni, M. Meckel, and K. Stanoevska-Slabeva, "Overview of business models for Web 2.0 communities," in Proceedings of Gemeinschaften in Neuen Medien, 2006, pp. 23-37.

[40] A. C. Inkpen and E. W. Tsang, "Social capital, networks, and knowledge transfer," Academy of Management, 2005, vol. 30, issue 1, pp. 146-165.

[41] R. Buyya, C. S. Yeo, S. Venugopal, J. Broberg, and I. Brandic, "Cloud computing and emerging IT platforms: Vision, hype, and reality for delivering computing as the 5th utility," Future Generation Computer Systems, 2009, vol. 25, issue 6, pp. 599-616.

[42] J. Grudin, "CSCW: Time passed, tempest, and time past," ACM Interactions, 2010, vol. 17, issue 1, pp. 38-40.

Utilização de paradigmas sociais em computação móvel e computação sensível ao contexto

Vitor Santos

Universidade de Trás os Montes e Alto Douro,

Escola de Ciências e Tecnologia, Departamento de Engenharias, Portugal

vitors@utad.pt

Resumo — **Considerando a crescente utilização de dispositivos móveis e a sua utilização para acesso à internet, localização georreferenciada e consumo de serviços, a capacidade destes dispositivos em estabelecer redes de cooperação e em interagirem de forma inteligente e cooperativa com o ambiente que os rodeia tem crescente importância. Neste artigo, é proposto um conjunto mínimo de funcionalidades e informação, a serem incorporados em dispositivos móveis que possibilitem, dinamicamente, a sua integração em sistemas de computação, com estrutura formal pré-definida. Este conjunto de funcionalidades e informação é inspirado em conceitos originários da teoria das organizações e da sociologia, como, são exemplo, as noções de "papel social", "titularidade" e "responsabilidade".**

Keywords: Computação sensível ao contexto, Computação móvel, Teoria das organizações, Representação de conhecimento

I. INTRODUÇÃO

A computação móvel e ubíqua pode ser caracterizada pela ubiquidade das comunicações e dos dispositivos com poder computacional, que passaram a ser parte integrante do espaço físico em que vivemos e das nossas mais variadas actividades do dia-a-dia [3].

Numa altura em que a utilização de dispositivos móveis se encontra generalizada e a sua utilização para acesso à internet, para localização georreferenciada (Global Positioning System - GPS) e para consumo de serviços se encontra em expansão, a capacidade destes dispositivos em estabelecer redes de cooperação e em interagir de forma inteligente e colaborativa com o ambiente que os rodeia tem crescente interesse. Para Schmidt a forma como as pessoas interagem com dispositivos é fundamental para seu sucesso [6].

A mobilidade dos dispositivos resulta, principalmente, da mobilidade dos seus portadores originando que o ambiente informático que rodeia o dispositivo mude constantemente. Em particular a disponibilização de acessos a redes *wireless* públicas e privadas e de ligações *ad hoc* a outros dispositivos, proporciona oportunidades de integração dos dispositivos em contextos diversificados.

Conseguir perceber e capturar os contextos automaticamente, no que é comummente denominado por computação sensível a contexto, participar e cooperar com os diferentes elementos integrantes do contexto, fornecendo e consumindo serviços e informação, afigura-se relevante.

O principal objectivo deste artigo é propor um modelo capaz de representar eficazmente a estrutura formal de um sistema de computação ou de vários sistemas de computação num dispositivo móvel, pensando no papel que o dispositivo pode desempenhar em cada sistema e no seu relacionamento com os outros dispositivos, de forma a possibilitar a sua integração dinâmica nesses sistemas e a cooperação com outros elementos pertencentes ao sistema.

Para tal, é proposto um conjunto mínimo de funcionalidades e informação inspirado em conceitos originários da teoria das organizações e da sociologia, como, são exemplo, as noções de "papel social", "titularidade" e "responsabilidade", a serem incorporados em cada dispositivo.

É pretendido que o modelo seja suficientemente robusto para poder tolerar diferentes tipos de sistemas, tolerar falhas de desempenho e admitir alterações estruturais e de titularidade dos papéis de forma a ser resiliente às dinâmicas ambientais. e satisfatórias, na área dos Sistemas de Informação afigura-se como sendo desafiante.

II. COMPUTAÇÃO MÓVEL, COMPUTAÇÃO UBÍQUA E COMPUTAÇÃO SENSÍVEL AO CONTEXTO

Usualmente denomina-se por computação móvel o uso de dispositivos de computação de pequena dimensão e de computadores portáteis em redes *wireless* ligadas a servidores privados e públicos, à internet ou a outros dispositivos. Estre estes dispositivos de computação incluem-se os laptops, os notebooks, os tablet PCs, os *palmtops* e os assistentes pessoais (PDAs) .

A computação ubíqua é a forma de melhorar o uso do computador, disponibilizando muitos computadores no meio físico e tornando-os efectivamente invisíveis para o utilizador [7]. A computação ubíqua tem como principal objectivo tornar a interacção pessoa-máquina invisível, ou seja, integrar totalmente a informática com as acções e comportamentos naturais das pessoas. [8]. Por esta invisibilidade entende-se poder interagir com os sistemas computacionais sem se ter a noção de que se trata de máquinas mas antes como se estivesse a entabular uma conversa com alguém. Na computação ubíqua pressupõe-se que os sistemas computacionais que nos rodeiam são proactivos e que estão ligados ou a procurar estabelecer ligações constantemente. Esta característica é, muitas vezes, adjectivada de omnipresença.

A computação sensível ao contexto (*Context-Aware Computing*) surgiu como o ramo da computação ubíqua que estuda a ligação entre as mudanças no ambiente e os sistemas informáticos. Dey et al [2]. É uma área de investigação recente com desafios técnicos de implementação difíceis e que tem sido alvo da atenção de investigadores oriundos de todas as partes do mundo.

Na computação sensível ao contexto os dispositivos computacionais tentam perceber e capturar automaticamente os contextos onde estão imersos de forma a promoverem uma melhor interacção entre o ambiente e o utilizador, seja ela em termos de *hardware*, *software* e ou de comunicação [1].

III. Proposta de Modelo

Para atingir o objectivo de integração dinâmica de um dispositivo num sistema computação sensível a contexto com estrutura formal pré-definida é necessária que exista nesse dispositivo um conjunto de mínimo de funcionalidades e uma representação das estruturas formais dos diferentes sistemas de computação sensível a contexto onde se possa vir a enquadrar.

A representação de estrutura formal de sistema proposta neste artigo baseia-se nos conceitos de Papel, Titularidade e Responsabilidade passíveis de serem reutilizados em diferentes contextos computacionais [5].

Entende-se por Papel a ligação particular de um dispositivo à estrutura cooperativa de um sistema que estabelece, nesse sistema, um determinado número de obrigações e responsabilidades ao dispositivo; por Titularidade a associação de um dispositivo a um papel a desempenhar no sistema; por Responsabilidade a associação de tarefas a papéis que vinculem os titulares dos papéis como responsáveis pelo cumprimento integral das tarefas, independentemente de esse cumprimento ser assegurado por eles próprios ou por outros dispositivos nos quais é delegada a execução.

A Titularidade, (papel/papéis desempenhado(s) pelo dispositivo e por aqueles com quem interage num dado contexto pode ser representada como se mostra na tabela 1.

A Titularidade é uma relação entre um dispositivo e um papel que pode ser expressa formalmente pela forma: Titular(X,P1) em que X é o dispositivo e P1 é o papel desempenhado pelo dispositivo. Um dispositivo pode ser titular de mais do que um papel desde que implemente per si todas as funcionalidades requeridas para o correcto desempenho de todos os papéis. Por outro lado, pode haver mais do que um dispositivo titular de um mesmo papel.

TABELA 1 - TABELA TITULARIDADE

Titularidade	
Papel	***Dispositivo***
Dispositivo X	Papel 1
Dispositivo Y	Papel 2
Dispositivo Z	Papel 3
Dispositivo X	Papel 4

Quando um dispositivo é titular de um dado papel admite-se um princípio de competência: O dispositivo implementa *per si* todas as funcionalidades requeridas para o correcto desempenho do(s) papel/papeís. Isto significa que o dispositivo tem capacidade de executar todas as funções necessárias para cumprir as tarefas pelas quais tem responsabilidade de execução no papel ou nos papéis em que é titular.

A Competência para executar uma tarefa associada a um papel pode ser definida da seguinte forma:

1. Seja Capac_Exec(X,F1) a Capacidade de execução de X para executar a função F1
2. Seja Execução(P1,T1) a Responsabilidade de Execução da tarefa T1 atribuída ao Papel P1
3. Seja Titular(X,P1) a relação de titularidade de X pelo papel P1

Então, se F1 for uma função que satisfaz T1 podemos concluir que o dispositivo X é competente para executar a tarefa T1. A relação F1 satisfaz T1 pode ser expressa por: Satisfaz(F1,T1).

Formalmente, a competência para executar uma tarefa associada a um papel é traduzida por:

Se Capac_Exec(X,F1) □ Execução(P1,T1)

□ Satisfaz(F1,T1) => Competente_Exec_Tarefa(X,T1) ~

A competência para executar todas as tarefas associadas a um papel - Princípio de competência para o desempenho de um papel - é traduzida por:

$\forall_i \in$ n (Execução(P1, Ti) => Competente_Exec_Tarefa(X,Ti)) => Competente_Exec_Papel(X,P1))

Na concepção do modelo de representação do conhecimento considera-se a possibilidade de um dispositivo pertencer simultaneamente a mais do que um sistema, poder mudar de papel e poder representar mais do que um papel dentro do mesmo contexto. Assim, para que o modelo suporte esta possibilidade é necessário contextualizar a representação da titularidade como se ilustra na tabela 2.

TABELA 2 - TABELA TITULARIDADE ESTENDIDA

Titularidade Estendida		
Papel	***Dispositivo***	***Contexto***
Dispositivo X	Papel 1	Contexto Colmeia
Dispositivo Y	Papel 2	Contexto Colmeia
Dispositivo Z	Papel 3	Contexto Colmeia
Dispositivo X	Papel 4	Contexto Colmeia
Dispositivo Y	Papel 1	Contexto Amigos
Dispositivo Z	Papel 6	Contexto Amigos

A titularidade é uma relação entre um dispositivo, um papel e um contexto e é expressa formalmente pela forma: Titular(X,P1, Ca) em que X é o dispositivo, P1 é o papel

desempenhado pela dispositivo e Ca o contexto onde X é titular do papel P1;

Um dispositivo pode ser titular de papéis com o mesmo nome em mais do que um contexto. No entanto ao considerar-se um modelo que inclui mais do que uma um contexto a definição dos papéis passa a ser contextualizada, pelo que os papéis podem ter o mesmo nome em contextos diferentes e terem âmbitos diferente, dependendo esta circunstância da sua definição para cada contexto concreto.

O facto de diferentes dispositivos poderem ser titulares do mesmo papel confere suficiente robustez ao modelo para que seja possível compensar falhas de desempenho e admitir alterações estruturais e de titularidade dos papéis.

Na Figura 1 apresenta-se, esquematicamente, um modelo simplificado da estrutura de representação do conhecimento relativo a um dado contexto.

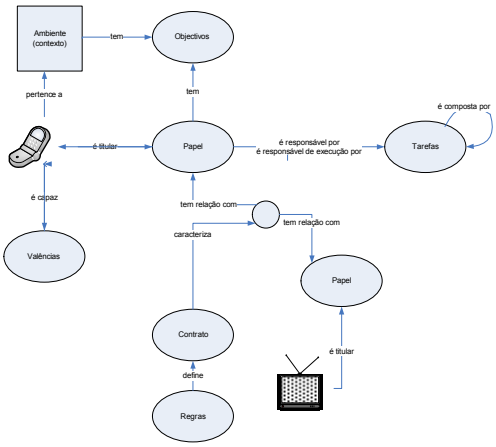


Figura 1 – Modelo simplificado

A associação entre tarefas e papéis existentes num dado contexto pelas quais os Titulares são responsáveis pelo cumprimento, independentemente de esse cumprimento ser assegurado por eles próprios ou por outros aos quais a tarefa é delegada, é designada por Responsabilidade.

TABELA 3 - TABELA RESPONSABILIDADE

Responsabilidade		
Papel	***Tarefa***	***Contexto***
Papel 1	Tarefa 4	Contexto Colmeia
Papel 3	Tarefa 3	Contexto Colmeia

A Responsabilidade é uma relação entre um papel e uma tarefa, num contexto Ca, e pode ser definida formalmente pela forma: Responsabilidade(P1,T3, Ca)

Na Tabela 3, a "Tarefa 4" é da responsabilidade da dispositivo titular do "Papel 1" mas estre pode escolher não a executar directamente. Para isso delega a tarefa, o que significa que tem de obrigatoriamente conhecer quais os papeis responsáveis pela execução da "Tarefa 4".

O modo como a dispositivo escolhe entre delegação e execução deve ser definido previamente. Em termos do modelo é possível implementar qualquer critério. Um possível critério é o que se apresenta:

"Se o dispositivo conhece alguma outro dispositivo que tenha a responsabilidade de Execução da tarefa em causa então delega a tarefa produzindo uma mensagem com uma ordem de execução da tarefa para esse dispositivo. Senão, caso não saiba quem é responsável de execução e tenha a capacidade de executar a tarefa então executa-a."

Ser responsável por uma tarefa, num dado contexto, admite que esta pode ser ou não uma tarefa composta. Se a tarefa é composta então o dispositivo deve ser capaz de controlar e monitorizar a execução das sub-tarefas, garantindo que estas são executadas com sucesso pela sequência correcta e em *timings* apropriados.

Para que seja possível coordenar a execução de tarefas compostas, exercer controlo e monitorização é necessário que a linguagem de comunicação entre os dispositivos suporte primitivas específicas destinadas à gestão e coordenação de tarefas. A discussão de primitivas destinadas à coordenação de tarefas é complexa e não está incluída neste artigo.

Uma outra designação é a de "Responsabilidade de Execução" - Tarefas associadas a papéis existentes no Contexto pelas quais os Titulares são responsáveis por assegurar o cumprimento em termos de execução. No modelo que se apresenta, ser responsável de execução por uma tarefa não admite que esta possa ser uma tarefa composta.

TABELA 4 - TABELA RESPONSABILIDADE DE EXECUÇÃO

Responsabilidade de Execução		
Papel	***Tarefa***	***Contexto***
Papel 1	Tarefa 1	Contexto Colmeia
Papel 2	Tarefa 4	Contexto Colmeia
Papel 2	Tarefa 2	Contexto Colmeia
Papel 3	Tarefa 2	Contexto Colmeia
Papel 3	Tarefa 5	Contexto Colmeia

A Responsabilidade de Execução é uma relação entre um papel e uma tarefa, num contexto Ca e é definida formalmente da seguinte forma: Execução(P1,T1,Ca) .

Na Tabela 4, T2, T4 e T5 são tarefas atómicas, ie: não têm decomposição definida:

Execução(P1,T1,Ca), Execução(P1,T2, Ca).

A "Tarefa 2" pode ser executada pelo titular do "Papel 2" ou pelo titular do "Papel 3"

Entende-se que um dispositivo é responsável por uma dada Tarefa se aquela for responsável pelo seu cumprimento, independentemente de esse cumprimento ser assegurado em

termos de execução por ela própria ou por "subcontratação" de outros dispositivos.

Entende-se que um dispositivo é responsável de execução por uma dada tarefa se o cumprimento da tarefa for assegurado em termos de execução por ele próprio.

Um aspecto particular acontece quando um mesmo dispositivo desempenha um papel em que é simultaneamente responsável pelo cumprimento e pela execução de uma tarefa.

Responsabilidade(P1,T1,Ca) □ Execução(P1,T1,Ca),

Neste caso é necessário definir qual das duas relações é mais forte e se sobrepõe à outra. A definição deste critério deve ser efectuada programaticamente.

Caso a relação mais forte seja Execução(P1,T1,Ca) então a tarefa é executada e Responsabilidade (P1,T1,Ca) é desprezada.

Caso a relação mais forte seja Responsabilidade(P1,T1,Ca), dependente do critério utilizado pelo dispositivo para escolher entre delegação e execução, a relação Execução(P1,T1,Ca) pode ser ou não utilizada.

Se o critério for delegar a tarefa num dispositivo que seja responsável pela execução então é possível que o dispositivo delegue a tarefa em outro ou em ele próprio uma vez que ele também é responsável de execução. Neste caso a relação Execução(P1,T1,Ca) pode ser ou não utilizada.

Caso o critério seja verificar primeiro se o dispositivo é responsável pela execução e só delegar caso não o seja então a relação Execução(P1,T1,Ca), caso exista, é utilizada.

Ao tentar-se caracterizar a delegação surgem três questões importantes [4]:

•Qual a natureza das relações entre quem delega e quem aceita a relação;

•Através de que tipos de comunicação pode ser feita delegação e como é que esta é especificada;

•Sob que condições é possível dizer que a delegação foi realizada com sucesso.

A resposta às duas primeiras questões resulta do especificado no próprio modelo. A resposta à terceira questão é dada pela utilização de dois mecanismos, utilizados separadamente ou em conjunto. O primeiro mecanismo, baseia-se na troca de mensagens e entre o dispositivo que delega e aquele em quem é feita a delegação.

Quando um dispositivo delega uma tarefa produz uma mensagem com uma ordem de execução da tarefa para o dispositivo ao qual delega a tarefa. Esta responde com uma mensagem tipo "Info" indicando que recebeu a ordem e tenta executar a tarefa. Se conseguir executar envia uma mensagem a informar o dispositivo delegante do sucesso da delegação, senão envia uma mensagem a indicar a falha. Este mecanismo pressupõe que o delegante tem confiança em quem delega.

Um segundo mecanismo, mais complexo e falível, consiste na tentativa da observação pelo dispositivo que faz a delegação, da concretização da tarefa que delegou e assim poder tirar conclusões sobre o sucesso da delegação.

Algumas tarefas podem ser decompostas em tarefas elementares, como pode ver na Tabela 5.

TABELA 5 - TABELA DECOMPOSIÇÃO

Decomposição			
Tarefa	***Sub-Tarefa***	***Ordem***	***Contexto***
Tarefa 1	Tarefa1.1	1	Contexto Colmeia
Tarefa 1	Tarefa1.2	1	Contexto Colmeia
Tarefa 3	Tarefa 3.1	1	Contexto Colmeia
Tarefa 3	Tarefa 3.2	2	Contexto Colmeia
Tarefa 3	Tarefa 3.3	2	Contexto Colmeia
Tarefa 3	Tarefa 3.4	3	Contexto Colmeia

Neste exemplo:

•A "Tarefa 1" é composta por 2 tarefas. Uma vez que têm a mesma ordem de execução não existe nenhuma sequência especial na sua execução.

•A "Tarefa 1" só estará terminada quando as tarefas 1.1 e 1.2 estiverem ambas concluídas.

•A "Tarefa 2" não é composta por outras tarefas.

•A "Tarefa 3" é composta por 4 tarefas que têm que ser executadas da seguinte forma:

Tarefa 3.1 → Tarefa 3.2 → Tarefa 3.4

Tarefa 3.3

•As tarefas 3.2 e 3.3 só podem ser executadas depois da tarefa 3.1 estar terminada. Entre elas não existe qualquer sequência especial de execução. Contudo a tarefa 3.4 só pode ser executada depois das tarefas 3.2 e 3.3 estarem ambas concluídas.

A decomposição de tarefas é uma relação entre uma tarefa e outras que a decompõe. Pode ser definida da seguinte forma:

Decomposição(T3,T3.1,1,Ca)

Decomposição(T3,T3.2,2,Ca)

Decomposição(T3,T3.3,2,Ca)

Decomposição(T3,T3.4,3,Ca)

....

A cada relação entre papéis está associado um determinado Contrato (conjunto de regras). Uma relação entre dois papéis é sempre uni-direccionada (Ex: "Papel 1" para "Papel 2"). A definição de relações bi-direcionadas é feita através de duas relações uni-direcionadas com sentidos inversos.

Uma relação entre papéis é definida pela expressão Relação(P1,P2,Contrato,Ca) que significa que existe formalmente uma relação no contexto Ca, entre os papéis P1 e P2, de P1 para P2. Esta relação formal é, neste modelo, denominada "Contrato".

TABELA 6 - TABELA RELAÇÃO

Relação			
Papel	***Papel***	***Contrato***	***Contexto***
Papel 1	Papel 2	ContratoA	Contexto Colmeia
Papel 2	Papel 1	ContratoC	Contexto Colmeia
Papel 3	Papel 2	ContratoB	Contexto Colmeia
Papel 4	Papel 3	ContratoC	Contexto Colmeia
Papel 5	Papel 3	ContratoA	Contexto Colmeia

Um Contrato é definido por um conjunto de regras. As regras definem o contrato relativamente às interacções entre os papéis a que está associado, nomeadamente, no que respeita ao processamento dos diferentes tipos de mensagens. Formalmente teremos:

Caract (ContratoA, Regra1)

Caract (ContratoA, Regra2)

Caract (ContratoB, Regra1)

.....

TABELA 7 - TABELA CARACTERIZAÇÃO DE CONTRATOS

Contratos	
Contrato	***Regra***
ContratoA	Regra 1- Contratação
ContratoA	Regra 2
ContratoA	Regra 3
ContratoB	Regra 1
ContratoB	Regra 4

Para cada mensagem enviada de um emissor para um receptor é feita a verificação por este da aplicabilidade ao tipo de mensagem em questão, das regras associadas à relação emissor-receptor.

Esta verificação é feita em uma ou duas fases. Na primeira fase é verificado se a regra, em função da relação existente entre o emissor e o destinatário e do tipo de mensagem, é aplicável no contexto corrente.

As mensagens entre dispositivos têm o seguinte formato:

Msg(D1,D2,Tm,C)

Em que D1 é o dispositivo emissor, D2 é o dispositivo receptor, T é o tipo da mensagem e C é o conteúdo.

A condição geral de aplicabilidade de uma Regra r ao tratamento de uma mensagem, tipo "Tm", enviada de X para Y, no contexto Ca, pode ser dada pela seguinte expressão:

msg(X,Y, Tm,C) □ Titular(X,P1,Ca) □ Titular(Y,P2,Ca) □ Relação (P1,P2, ContratoA,Ca) □ Caract (ContratoA, r ,Ca)

Caso esta verificação falhe então passa-se à segunda fase em que será executada a verificação da condição de aplicabilidade da regra para um qualquer contexto.

A condição geral de aplicabilidade de uma regra **r** para uma qualquer contexto que determine um dado tratamento de mensagens tipo "Tm" pode ser dada pela seguinte expressão:

msg(X,Y, Tm,C) □ Titular(X,P1) □ Titular(Y,P2) □ Relação (P1,P2, ContratoA) □ Caract (ContratoA, r)

Exemplo: Regra "Contratação"

```
Descrição: Contratação para executar tarefa no âmbito do contexto Ca
Verifica qual é o tipo de responsabilidade que tem sobre a tarefa
  Se tipo= 'Execução'* / Se responsabilidade de Execução / *
          Valida se é competente /se erro: Responde ao originador com a
          msg "Sou incompetente para executar esta tarefa"; termina
          algoritmo
          Responde ao originador com a msg tipo "Info" "Posso aceitar a
          tarefa"
  Senão * / Se responsabilidade / *
          Verifica se a tarefa é composta
          Se "Verdade" então
                    Envia sequencialmente (por ordem de intervenção)
                    para os responsaveis de execução de cada tarefa uma
                    msg tipo Contratação da sub-tarefa a executar por
                    cada titular
                    Responde ao originador com a msg tipo "Info"
                    "Posso aceitar a tarefa em forma de subcontratação"
          senão
                    Responde ao originador com a msg tipo "Info" "Não
                    posso aceitar essa tarefa"
          Fim se
  Fim se
```

Esboço de método para implementação desta regra:

```
Se Execução(P1,C) então
    F( ) * / evoca a função F correspondente à execução da tarefa C / *
Se erro então Msg.envio (Y,X,"Info"," Sou incompetente para executar
esta tarefa"); termina algoritmo
Msg.envio(Y,X,"","," Posso aceitar a tarefa")
Senão se Responsabilidade(P1,C) */ Se responsabilidade/ *
    Se ∃ T, N: Decomposição(C,T,N) então */A tarefa é
        composta */
        i = 1
        Faz enquanto Z<>""
                Var_sub_tarefa = C(T,i)
                Z = Pesquisa(Titular.Responsavel(P,T))
                Se Z= "" então
                        Msg.envio (Y,X," Informação"," Não posso
                        aceitar a tarefa em forma de subcontratação");
                        Informação termina algoritmo
                Fim se
                Msg.envio(Y,Z,"Contratação", Var_subtarefa)
                i = i +1
        Fim faz
          Msg.envio(Y,X," "," Posso aceitar a tarefa em forma de
          subcontratação")
    Senão */A tarefa não é composta */
          Msg.envio(Y,X,"","," Não posso aceitar a tarefa")
Fim se
```

IV. EXEMPLO DE APLICAÇÃO

Uma possível área de aplicabilidade deste modelo é a restauração.

Consideremos, por exemplo, o cenário de uma ida a um restaurante (Restaurante ABC) que pré disponibiliza a sua estrutura formal de computação e sendo portador de dispositivo móvel com poder computacional.

A estrutura de representação de conhecimento a ser passada para o dispositivo móvel poderia ser a que se apresenta nas tabelas 8, 9, 10, 11 e 12:

TABELA 8 - TABELA TITULARIDADE

Titularidade Estendida		
Papel	***Dispositivo***	***Contexto***
Comp. Central	Empregado	Restaurante ABC
Comp. Central	Fornecer Conta corrente	Restaurante ABC
Dispositivos móveis Clientes	Cliente	Restaurante ABC
Dispositivos móveis Gestão	Controlo de gestão	Restaurante ABC
Comp. Central	Empregado	Restaurante ABC
Comp. Central	Fornecer Conta corrente	Restaurante ABC

TABELA 9 - TABELA RESPONSABILIDADE DE EXECUÇÃO

Responsabilidade de Execução		
Papel	***Tarefa***	***Contexto***
Empregado	Disponibilizar Ementa	Restaurante ABC
Empregado	Fazer encomenda à cozinha	Restaurante ABC
Cliente	Consultar ementa	Restaurante ABC
Cliente	Submeter pedido	Restaurante ABC
Cliente	Verificar lista pedidos	Restaurante ABC

TABELA 10 - TABELA DECOMPOSIÇÃO

Decomposição			
Tarefa	***Sub-Tarefa***	***Ordem***	***Contexto***
Disponibilizar Ementa	Índice	1	Restaurante ABC
Disponibilizar Ementa	Páginas HTML	2	Restaurante ABC
Disponibilizar Ementa	Objectos Vídeo	2	Restaurante ABC
Disponibilizar Ementa	Upload	3	Restaurante ABC

TABELA 11 - TABELA RELAÇÃO ENTRE PAPEIS

Decomposição			
Papel	***Papel***	***Contrato***	***Contexto***
Empregado	Cliente	Venda	Restaurante ABC
Empregado	Cozinha	Cozinhar	Restaurante ABC

TABELA 12 - TABELA CARACTERIZAÇÃO DE CONTRATOS

Contratos	
Contrato	***Regra***
Venda	Regra 1 – Informar Preço
Venda	Regra 2 – Receber pgto
Venda	Regra 3 – Emitir recibo
Cozinhar	Regra 4 - Receber e confirmar pedido
Cozinhar	Regra 5 - ….

Para além da inclusão em cada dispositivo desta estrutura de representação de conhecimento é também necessário proceder a inclusão de métodos que implementem as regras relativas aos contratos. Abaixo apresenta-se, a título de exemplo, uma possível regra para informar preço.

```
Regra 1 – Informar preço
Descrição: Informar preço (conta) no âmbito do restaurante (Restaurante
ABC)
*/ Verificar se responsabilidade que tem sobre a tarefa é correcta/*
Se tipo= 'Execução'* / Se responsabilidade de Execução / *
        Valida se é competente /se erro: Responde ao originador com a
        msg "Sou incompetente para executar esta tarefa"; termina
        algoritmo
Senão
        Responde ao originador com a msg tipo "Info" "Posso aceitar a
        tarefa"
        Verificar "Conta corrente"
        Envia msg com a informação do preço
Fim Se
```

V. CONCLUSÕES E TRABALHO FUTURO

Com o modelo transcrito neste artigo, pretende-se contribuir para o debate sobre computação móvel e computação sensível ao contexto propondo um modelo que permita a integração dinâmica de dispositivos em sistemas computacionais distribuídos com estrutura formal pré-definida.

O modelo, estruturando-se sobre conceitos originários da teoria das organizações e da sociologia, aponta um conjunto de mínimo de funcionalidades e informação a serem incorporados em cada dispositivo.

Como trabalho futuro aponta-se a adaptação do modelo para a utilização de *web services*, o desenvolvimento efectivo de um sistema que implemente o modelo proposto e o projecto de construção de um *web site* onde seja possível, segundo este modelo, registar e obter informação sobre as valências de diferentes dispositivos e, definir e importar estruturas formais de sistemas computacionais.

REFERÊNCIAS

[1] A. K. Dey and G. D. Abowd, "Towards a Better Understanding of Context and Context-Awareness," College of Computing, Georgia Institute of Technology, Atlanta GA USA, Technical Report GIT-GVU-99-22, 1999.

[2] Dey, A. K. (2001), 'Understanding and using context', Personal Ubiquitous Comput. 5(1), 4–7.

[3] Greenfield, A. (2006), Everyware : The Dawning Age of Ubiquitous Computing, New Riders Press. URL: http://www.amazon.ca/exec/obidos/redirect?tag=citeulike09-20&path=ASIN/0321384016

[4] Norman, Timothy J.; Preece, A.; Chalmers, S.; Jennings, N. R.; Luck, M.; Dang, V. D.; Nguyen T. D.; Deora, V.; Shao J.; Gray W. A.; Fiddian, N. J.. Agent-based formation of virtual organisations. Knowledge-Based Systems, 17:103-111, 2004.

[5] Santos, V. (2008) "Criação dinâmica de empresas virtuais com estrutura formal pré-definida" – 8ª Conferência da Associação Portuguesa de Sistemas de Informação

[6] Schmidt, A. (2000) "Implicit Human Computer Interaction Through Context" Personal Technologies Volume 4(2&3), pp191-199

[7] Weiser, M. (1993), 'Some computer science issues in ubiquitous computing', Commun. ACM 36(7), 75–84

[8] Wikipedia (2011). "Computação ubíqua" Retirado em 15 de Janeiro de 2011 de http://pt.wikipedia.org/wiki/Computação_ubíqua.

Second Workshop on Automating Test Case Design, Selection and Evaluation

Test Sequence Generation from Classification Trees

Peter M. Kruse
Berner & Mattner Systemtechnik GmbH

Berlin, Germany
peter.kruse@berner-mattner.com

Joachim Wegener
Berner & Mattner Systemtechnik GmbH

Berlin, Germany
joachim.wegener@berner-mattner.com

Abstract—**The classification tree methods allows for the automated test suite generation for given test objects. The important generation of test sequence can only be done manually. In this paper, we present an approach to use classification trees for test sequence generation. We will use existing approaches, e.g. from the field of researches on state machines. First results from our work are presented in this paper, including new dependency and generation rules.**

Keywords-testing; combinatorial; automatic test generation;

I. INTRODUCTION

The classification tree methods [1], together with some tool support [2], allows for the automated test suite generation for given test objects. It allows the generation of simple test cases only, which do not consider sequences of test inputs. Nevertheless, many applications require test cases which are composed by many sequential steps, so called test sequences. The important generation of test sequence can only be done manually. In this paper, we present an approach to use classification trees for test sequence generation. First results from our work are presented in this paper.

II. STATE OF THE ART

Classification tree method is introduced in [1]. The method bases on the category partition method introduced in [3].

The classification tree method describes a systematic approach to test case design. It consists of three steps: the definition of the system under test, the definition of constraints and the selection of test cases. In the first phase, all aspects of interests and their disjoint values are identified. Aspects of interests, also known as parameters, are called *classifications*; their corresponding parameter values are called *classes*.

Any system under test can be described by a set of classifications, holding both input and output parameters. Each classification can have any number of disjoint classes, describing the occurrence of the parameter. All classifications together form the *classification tree*. For semantic purpose, classifications can be grouped into *compositions*.

Additionally, all classes can be refined using new classifications with classes again. This way, these classifications can be limited to the classes, they belong to. If the user adds the classification *c1* to the class *a*, then the classes of *c1* can only be selected, if *a* is selected. If the user selects a sibling-class of *a*, e.g. *b*, then the classification *c1* does not apply, its classes can not be selected.

These limitations are called *implicit dependencies*.

In a second step, *explicit dependencies* can be added to the classification tree. For any test object, there might be invalid parameters combinations. The classification tree method allows specifying these constraints. For example, in the classification tree *t*, if the class *a1* from classification *A* is selected, it can be required that class *b3* from classification *B* must be selected as well. The classification tree method allows to specify any kind of logical dependency rules, containing {*AND, OR, NOT,* $\Rightarrow$, $\Leftrightarrow$, *XOR, NOR, NAND*}.

The third step is the definition of test cases. The user needs to select one class per each classification in the classification tree without violating the existing dependency rules.

Tool support for the classification tree method is introduced in [2]. An editor is presented allowing automatic test case generation instead of manual test case definition. The tool presented allows creating test suites that fulfill certain coverage levels. The supported coverage levels are *minimal* combination, *pairwise* combination, *threewise* combination, and *complete* combination.

III. ENHANCEMENT

Current tools supporting the classification tree method are capable of generating test suites. The generation uses the classification tree itself, dependency rules and generation rules. The classification tree describes parameters and parameter values of the system under test. Dependency rules contain constraints between parameter values. They apply per test case. Within each test case, no dependency rule must be violated. The generation rules describe the desired coverage level for the resulting test suite. The test suite as a whole must respect the generation rule.

For our new approach, we want to enable test sequence generation from classification trees. Analogous to existing approaches, we identify three kinds of parameters for test sequence generation, the classification tree itself, dependency rules and generation rules. Again, the classification tree holds all parameters and their corresponding values of the system under test. For dependency rules, we extend existing rules to new rules describing constraints between single test steps. Our new rules apply per test sequence. Within each test sequence,

This work is supported by EU grant ICT-257574 (FITTEST).

no dependency rule must be violated. The generation rules describe desired coverage levels for the resulting set of test sequences. The set of test sequences as a whole must respect the generation rule.

A. New Dependency Rules

Existing dependency rules allow the user to specify constraints between parameter values of different parameters within one test case. With the new extended dependency rules, it should be possible to specify constraints between parameter values from one test step to another. The following set of dependency rules shall be supported (with $i, j, k, n, o \in \mathbf{N}$; $m \in \mathbf{Z}$):

- If class c_i from classification C is selected in test step t_n, then class c_j from classification C must be selected in the succeeding test step t_{n+1}.
- If $C = c_i$ in t_n, then $C = c_j$ in a later t_{n+m}.
- If $C = c_i$ in t_n, then $C = c_j$ in all t_{n+1} to t_{n+m}.
- If $C = c_i$ in t_n, then $C = c_j$ in all t_{n+m} to t_{n+o}.
- Compositions of any (AND, OR, NOT, NAND, NOR, XOR, ...) combinations, e.g. if $C = c_i$ *OR* $B = b_k$ in t_n, then $D = NOT\ d_j$ in a later t_{n+m}.

The existing dependency rules are a subset of our new dependency rules for t_n and t_{n+m} with $m = 0$.

Classic dependency rules are valid for manually created test cases, too. We want our new dependency rules to be available for manually created test sequences as well.

B. New Generation Rules

Existing generation rules specify the coverage level of the resulting test suite. For our new generation rules, we want to specify the following parameters:

- Desired coverage level.
- (Sub-)Set of all parameter-value combination of the classification tree.
- Minimum and maximum number of test steps per test sequence.
- Set of special starting and ending parameter value combinations.
- Maximum number of test step repetitions.
- Maximum number of parameter value repetitions.

Some of the new generation rules are similar to the original generation rules, e.g. the desired coverage level or set of all parameter-value combination.

C. Approach

Ideally, the approach should be as blackbox as possible. After a user has specified the classification tree and all kinds of rules, the approach should work autonomically. We do however allow user interaction for advanced users to fine tune the results.

The input for test sequence generation consists of a common classification tree, a set of dependency rules and a generation rule. Together, they are used to generate an internal representation of the sequence generation problem. Then, a set of valid transitions and steps from one state in the internal representation to the next one is defined, using the new dependency rules. This results into a set of all valid passes through the internal representation. From this set of all valid passes, a selection is made to create subsets, using the new generation rules. The output is then created by using all remaining sequences.

This obviously leads to numerous sequences.

Even for classical test case generation, it becomes crucial to select subsets from the large set of possible test cases due to test case explosion. For classical test case generation, this can be done both by dependency rules and generation rules.

IV. Implementation

We identified decision trees and finite state machines as possible internal representations.

We decided to implement the new dependency rules using *linear temporal logic* (LTL) with the operators (X, G, F, U, R). LTL-terms do fit well and fulfills most of the requirements defined in the previous section.

For generation rules, we used *computational tree logic* (CTL). CTL rules are not valid per single sequence but refer to the hole set of generated test sequences.

Additionally, we need some approach specific rules. In state machines, we want to limit the number of cycles. For decision trees, this setting is not needed. All other needs in generation rules, not addressed by CTL, will be called approach specific rules.

The set of valid states is the set of all valid test cases. This already can be very large. Therefore, the user starts with the generation of classical test cases and can use these as a subset of all valid test cases for the proceeding test sequence generation.

The transitions of all states are then restricted by the dependency rules, generation rules and approach specific rules. If no dependency rules are given, all transitions are valid in our approach. A transition remains valid as long as there is no contradicting dependency rule. One could however define the opposite way, only transitions specified in dependency rules are allowed, transitions not mentioned in or contradicted by dependency rules could be removed.

A set of valid passes through the internal representation remains after removing all forbidden transitions. By applying generation rules and approach specific rules, we now select a subset. The approach specific rules can for example limit the path length, the number of cycles, or the desired coverage level.

The output is a set of test sequences. Together, they fulfill the generation rule and approach specific rules, each one of them fulfills the dependency rules.

V. Related Work

Related work falls into two parts, combinatorial and pairwise testing on the one hand. On the other side, there is a lot of fundamental work on test sequence generation and validation.

A. Combinatorial Testing

A good overview on combinatorial testing and combinatorial test case generation is given by Grindal et al. in [4] and by Kuhn et al. in [5]. A good survey that focuses on combinatorial testing with constraints is given in [6].

Kuhn et al. present several different empirical studies on the relation between fault detection and level of parameter interaction based on error reports of different systems [7], [8], [9]. They are resulting that a pairwise coverage had led to a fault-coverage of 70% to 97%. A 6-wise combination had led to a fault-coverage of 100% on all software systems under research. They hypothesize that there is a $t < n$, so that the t-wise combination detects all faults. His restriction is, to support his hypothesis, he needs to evaluate more software systems with empirical studies.

Burr and Young do research on branch coverage by pairwise combination of input parameters [10]. The system under test is a tool for email conversion. They gain 97% branch coverage with less than 100 test cases. A complete test would require 27 trillion test cases.

Since finding a minimal test set for any given coverage criterion is known NP-complete, all approaches presented are either approximations or heuristics. They try to find a test suite as small as possible.

Prominent tools are AETG, PICT and CASA, to name just a few: AETG has been developed at Bellcore and is presented by Cohen et al. [11]. AETG uses a deterministic greedy-algorithm. PICT [12] is a combinatorial test case generation tool. It has been used at Microsoft since 2000. A general constraint handling approach is presented in [6]. Their algorithm is called covering arrays by simulated annealing (CASA).

B. Test Sequence Generation and Validation

Model checking aims to prove certain properties of the execution of a program by completely analyzing its finite state model algorithmically [13], [14]. When these mathematically defined properties hold for all possible states of the model, then it is proven that the model satisfies the properties. However, when this property is violated somewhere, the model checker tries to provide a counterexample which is the sequence of states that leads to the situation which violates the property. A big problem with model checking is the state explosion problem, where the number of states can grow very quickly when the program becomes more complex, increasing the total number of possible interactions and/or values. Therefore, an important part of research on model checking is state space reduction, to minimize the time required to traverse the entire state space. The Partial-Order Reduction (POR) method is regarded as a successful method for reducing this state space [14]. Other methods in use are *symbolic model checking*, where the construction of a very large state space is avoided by use of equivalent formulas in propositional logic, and *bounded model checking*, where the construction of the state space is limited to a fixed number of steps.

Two temporal logics are compared and debated extensively [15], *Linear temporal logic* (LTL) and *Computation Tree Logic* (CTL).

Heimdahl et al. [16] briefly surveys a number of approaches in which test sequences are being generated using model checking techniques. The common idea is to use the counter-example generation feature of model checkers to produce relevant test sequences.

Krupp and Mueller [17] introduce an interesting application of CCTL logic for the verification of classification tree test sequences. Using a real-time model checker, the test sequences and their transitions are being verified using a combination of I/O interval descriptions and CCTL expressions.

Several researchers propose other approaches for test sequence generation. Wimmel et al. [18] propose a method of generating test sequences using propositional logic. Ural [19] describes four formal methods for generating test sequences based on a finite-state machine (FSM) description. The question to be answered by these test sequences is whether or not a given system implementation conforms to the FSM model of this system. Test sequences consisting of inputs and their expected outputs are derived from the FSM model of the system, after which the inputs can be fed to the real system implementation. Finally, the outputs of the model and the implementation are compared.

Bernard et al. [20] have done an extensive case study on test case generation using a formal specification language called B. Using this machine modeling language, a partial model of the GSM 11-11 specification has been built. A system of equivalent constraints is then derived from this specification, after which a constraint solver is used to calculate boundary states and test cases.

Binder [21] lists a number of different oracle patterns that can be used for software testing, one of which is the simulation oracle pattern. With this pattern a simulation of the system is done using a simplified version of the system implementation, after which the results of the simulation are compared to the results of the real system. We can regard the formal model of the system as the simulation of the system, from which expected results are derived.

Headings, or heads, are organizational devices that guide the reader through your paper. There are two types: component heads and text heads.

VI. Conclusion

In this paper, we presented an approach for automatic test sequence generation from classification trees. We defined new dependency rules and generation rules. The new dependency rules are a superset of existing dependency rules, extended by expressions for describing constraints between several test steps. The new generation rules contain parameters for the definition of test amount. They can specify the coverage levels

and and number of repetitions. This allows for the systematic generation of test sequences for classification trees.

Finishing the prototype implementation of the test sequence generation in CTE XL Professional, future work will focus on the evaluation of the presented approach, particularly with regard to scalability and performance of the proposed solution.

REFERENCES

[1] M. Grochtmann and K. Grimm, "Classification trees for partition testing," Softw. Test., Verif. Reliab., vol. 3, no. 2, pp. 63–82, 1993.

[2] E. Lehmann and J. Wegener, "Test case design by means of the CTE XL," Proceedings of the 8th European International Conference on Software Testing, Analysis and Review (EuroSTAR 2000), Kopenhagen, Denmark, December, 2000.

[3] T. J. Ostrand and M. J. Balcer, "The category-partition method for specifying and generating functional tests," Communications of the ACM, vol. 31, no. 6, pp. 676–686, 1988.

[4] M. Grindal, J. Offutt, and S. F. Andler, "Combination testing strategies: a survey," Softw. Test., Verif. Reliab., vol. 15, no. 3, pp. 167–199, 2005.

[5] R. Kuhn, Y. Lei, and R. Kacker, "Practical combinatorial testing: Beyond pairwise," IT Professional, vol. 10, no. 3, pp. 19–23, 2008.

[6] M. B. Cohen, M. B. Dwyer, and J. Shi, "Interaction testing of highly-configurable systems in the presence of constraints," in ISSTA '07: Proceedings of the 2007 international symposium on Software testing and analysis. New York, NY, USA: ACM, 2007, pp. 129–139.

[7] D. R. Kuhn, D. R. Wallace, and A. M. Gallo, "Software fault interactions and implications for software testing," IEEE Transactions on Software Engineering, vol. 30, pp. 418–421, 2004.

[8] D. Wallace and D. Kuhn, "Failure modes in medical device software: an analysis of 15 years of recall data," INTERNATIONAL JOURNAL OF RELIABILITY QUALITY AND SAFETY ENGINEERING, vol. 8, pp. 351–372, 2001.

[9] D. Kuhn and M. Reilly, "An investigation of the applicability of design of experiments to software testing," in Software Engineering Workshop, 2002. Proceedings. 27th Annual NASA Goddard/IEEE, 2002, pp. 91–95.

[10] K. Burr and W. Young, "Combinatorial test techniques: Tablebased automation, test generation and code coverage," in Proc. of the Intl. Conf. on Software Testing Analysis & Review. Citeseer, 1998.

[11] D. M. Cohen, S. R. Dalal, M. L. Fredman, and G. C. Patton, "The aetg system: An approach to testing based on combinatorial design," IEEE Transactions on Software Engineering, vol. 23, pp. 437–444, 1997.

[12] J. Czerwonka, "Pairwise testing in real world, practical extensions to test case generators," in Proceedings of 24th Pacific Northwest Software Quality Conference. Citeseer, 2006, pp. 419–430.

[13] D. Boˇsnaˇcki and S. Edelkamp, "Model checking software: on some new waves and some evergreens," Int. J. Softw. Tools Technol. Transf., vol. 12, pp. 89–95, May 2010.

[14] R. Jhala and R. Majumdar, "Software model checking," ACM Comput. Surv., vol. 41, pp. 21:1–21:54, October 2009.

[15] M. Y. Vardi, "Branching vs. linear time: Final showdown," in Proceedings of the 7th International Conference on Tools and Algorithms for the Construction and Analysis of Systems, ser. TACAS 2001, 2001, pp. 1–22.

[16] M. P. Heimdahl, S. Rayadurgam, W. Visser, G. Devaraj, and J. Gao, "Auto-generating test sequences using model checkers: A case study," in 3rd International Worshop on Formal Approaches to Testing of Software (FATES 2003), 2003.

[17] A. Krupp and W. Müller, "Modelchecking von klassifikationsbaum-testsequenzen," 1 Apr. 2005, gI/ITG/GMM Workshop "Methoden und Beschreibungssprachen zur Modellierung und Verifikation von Schaltungen und Systemen", München.

[18] G. Wimmel, H. Loetzbeyer, A. Pretschner, and O. Slotosch, "Specification based test sequence generation with propositional logic," 2000.

[19] H. Ural, "Formal methods for test sequence generation," Comput. Commun., vol. 15, pp. 311–325, June 1992.

[20] E. Bernard, B. Legeard, X. Luck, and F. Peureux, "Generation of test sequences from formal specifications: Gsm 11-11 standard case study," Softw. Pract. Exper., vol. 34, pp. 915– 948, August 2004.

[21] R. V. Binder, Testing object-oriented systems: models, patterns, and tools. Boston, MA, USA: Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc., 1999.

Aplicación del paradigma MDE para la generación de pruebas funcionales

Experiencia dentro del proyecto AQUA-WS

C.R. Cutilla(1), J.A. García-García(1), M.Alba(1), M.J. Escalona(2), J. Ponce(2), L. Rodríguez(3)
(1) Fundación Fidetia. Seville. Spain.
carmen.ruiz@iwt2.org, julian.garcia@iwt2.org
(2) University of Seville. Seville. Spain
mjescalona@us.es, josep@us.es
(3) Emasesa. Seville. Spain
lrodriguez@emasesa.com

***Abstract*—La fase de pruebas es uno de las más críticas en Ingeniería de Software. Durante esta fase, el equipo de desarrollo tiene que asegurar que el sistema cubre las necesidades y las expectativas del cliente y de los usuarios finales. Este trabajo presenta una visión global de NDT (*Navigational Development Techniques*) que usa el paradigma MDE (*Model-Driven Engineering*, ingeniería Guiada por Modelos) para generar casos de pruebas a partir la definición de los requisitos funcionales del proyecto. Este trabajo analiza este proceso y expone cómo se ha aplicado en el proyecto AQUA-WS: un proyecto real que actualmente usa este proceso.**

Keywords- testing, testing temprano y generación pruebas funcionales

I. INTRODUCCIÓN

Durante todo el proceso de desarrollo de un sistema software, éste debe ser comprobado para asegurar que satisface su especificación y que su funcionalidad es la esperada tanto por el cliente como por el usuario final. Con esto, se pretende mejorar la calidad del sistema desarrollado antes de su implantación.

Para cumplir este objetivo, cualquier equipo de pruebas debe disponer de un guión con las pruebas concretas a realizar, ya se ejecuten de forma manual o automáticamente. Este guión o documento se recoge en un plan de pruebas. Las cuestiones claves a analizar son cómo garantizar que las pruebas realizadas cubren completamente la funcionalidad del proyecto y cómo se garantiza que el plan de pruebas recoge todas, o al menos la mayor parte, de las casuísticas posibles.

Una de las principales técnicas para garantizar estos objetivos son las pruebas de sistema: un mecanismo para verificar que el sistema realiza el comportamiento recogido en sus requerimientos durante la fase de Requisitos del proyecto. En este sentido, algunas cuestiones clave sería investigar sobre cómo conseguir los casos de pruebas a partir de los requisitos funcionales de forma sencilla y automática.

Esta generación puede ser una forma adecuada para facilitar la ejecución de la fase de pruebas ya que se ofrecerían procesos sistemáticos para permitir la generación de pruebas de una manera eficiente, reduciendo también el coste del proyecto.

Además, si se utilizan procedimientos automáticos se garantiza la trazabilidad del sistema final con los requisitos iniciales. En [1] se presenta una visión general para cuantificar el grado de madurez, el grado de sistematización y automatización de los trabajos existentes sobre la generación de casos de pruebas a partir de requisitos funcionales.

En la bibliografía existen múltiples planteamientos, como [2], [3] o [4] que ofrece resultados adecuados en la generación sistemática de casos de pruebas. Sin embargo, comienzan con una definición estricta de los requisitos utilizando una especificación formal, lo cual ofrece las mejores soluciones tanto para la generación de pruebas como la validación de requisitos, como se concluye en [5]. Sin embargo, son muy dificiles de aplicar en el entorno empresarial [6].

Según el estudio realizado en [1] muchas de las propuestas para generar casos de pruebas desde los requisitos funcionales presentan una tendencia general a usar el paradigma guiado por modelos adaptado a la fase de pruebas. Esta tendencia, se denomina Model-Based Testing (MBT) [7], y ha sido ampliamente utilizado en diferentes áreas de las pruebas de software.

En [8] se presenta una propuesta basada en el paradigma MBT. El procedimiento descrito en este trabajo, complementan la metodología NDT en cuanto a la generación de pruebas.

En la sección 2 de este documento se presenta una visión general de la metodología NDT, centrándose en el soporte a la fase de Pruebas.

En secciones posteriores se describe la aplicación de esta metodología sobre un proyecto real en una empresa municipal de Sevilla. En concreto, en la sección 3 se presenta una visión general de los objetivos del proyecto AQUA-WS. En la sección 4 se muestra un pequeño ejemplo de aplicación., en la sección 5 se describe cómo se han planteado las pruebas en este proyecto, y finalmente, en la sección 6 se presentan las conclusiones finales y futuros trabajos.

II. NDT- NAVIGATIONAL DEVELOPMENT TECHNIQUES

NDT **Erro! A origem da referência não foi encontrada.** es una propuesta metodológica incluida dentro del paradigma MDE (*Model-Driven Engineering*, ingeniería Guiada por Modelos) que se utiliza principalmente en el desarrollo de sistemas de información orientados a la WEB. NDT ofrece un proceso sistemático atendiendo a las características especiales de los entornos web.

Inicialmente, NDT estaba basado en la definición de metamodelos formales la fase de Requisitos y la fase Análisis. Además, definía un conjunto de reglas de derivación, expresadas bajo el estándar QVT (*Query-View-Transformation*) [10], con las que se generan los distintos modelos de análisis desde el modelo de requisitos. El estándar QVT es un lenguaje declarativo e imperativo propuesto por la OMG (*Object Management Group*) [11] para la transformación de modelos en el contexto de MDE.

Actualmente, NDT abarca todo el ciclo de vida software, definiendo un conjunto de metamodelos formales para cada una de las fases del ciclo de vida: desde la fase de Estudio de Viabilidad del Proyecto hasta la fase de Mantenimiento, pasando por la fase de Requisitos, la fase de Análisis, la fase de Diseño, la fase de Implementación y la fase de Pruebas. Además, establece nuevas reglas de transformación. Entre las nuevas reglas de derivación que ofrece NDT, se encuentra la que permite generar las pruebas del sistema a partir de los requisitos funcionales recogidos durante la fase de requisitos. En el contexto de UML, los requisitos funcionales equivalen a los casos de uso de UML.

Centrándonos en la fase de Pruebas, NDT la considera como una fase temprana en el ciclo de vida del software, es decir, desde el principio del proyecto y de forma paralela al resto de fases, es posible comenzar a definir los distintos casos de pruebas de sistema y articular los planes de pruebas a partir de las necesidades del sistema que han sido capturadas durante las distintas iteraciones de la fase de Requisitos, concretamente a partir de los requisitos funcionales.

NDT propone tres modelos para la fase de Pruebas (ver figura 1): el modelo de pruebas de implantación, el modelo de pruebas de sistema y el modelo de pruebas de aceptación. Cada uno de estos modelos está descrito mediante diagramas UML de casos de uso.

De los tres modelos anteriores, el modelo de pruebas de sistema es el único que puede ser generado sistemáticamente. Como se ha adelantado anteriormente, NDT propone reglas de transformación para generar el modelo básico de pruebas de sistema a partir de los requisitos funcionales definidos en la fase de Requisitos. Esta regla de transformación está representada en la figura 1 mediante el estereotipo *«NDTTransformations»*.

La regla de generación de los casos de pruebas de funcionales, depende de cómo esté definido cada requisito funcional. En NDT, los requisitos funcionales pueden ser definidos de dos formas diferentes: mediante la técnica de escenarios o mediante diagramas de actividades UML.

Si un requisito funcional está descrito mediante escenarios, serán generadas tantos casos de pruebas funcionales como escenarios tenga el requisito funcional, mientras que si está definido en base a un diagrama de actividades, serán generadas tantos casos de pruebas como caminos existan entre la actividad inicial y final del diagrama.

Las reglas de derivación no contemplan únicamente la generación de casos de pruebas de funcionales; también van construyendo un plan de pruebas a partir de las conexiones existentes entre los propios requisitos funcionales (enlaces *«extend»* e *«include»* de UML) y entre los requisitos funcionales y los requisitos de actor (enlaces *«use»* de UML). Los requisitos de actor también son recopilados durante la fase de Requisitos.

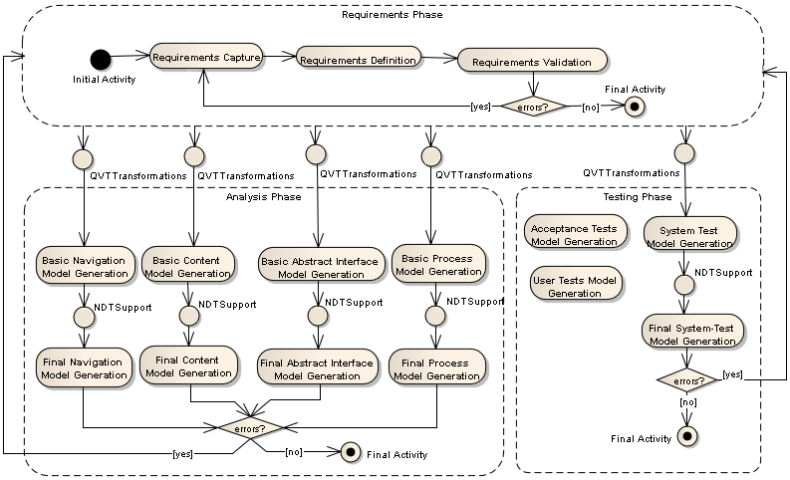


FIGURA 1: GENERACIÓN DE LOS MODELOS DE LA FASE DE ANÁLISIS Y PRUEBAS DESDE LA FASE DE REQUISITOS.

Una vez que ha sido generado el modelo básico de pruebas, el equipo de analistas puede pueden realizar transformaciones controladas con el objetivo de completarlo y enriquecerlo para obtener el modelo final. Este paso no es automático y requiere la experiencia del analista. Estas transformaciones están representadas en la figura 1 mediante el estereotipo *«NDTSupport»*.

La aplicación de MDE y, en particular, la aplicación de las transformaciones de los modelos pueden llegar a ser monótona y suponer un coste elevado si no se dispone de herramientas software que automaticen el proceso.

Para satisfacer esta necesidad, NDT ha definido un conjunto de herramientas libres e implementadas en Java, para dar soporte al ciclo de vida de un proyecto software. Este conjunto de herramientas se distribuyen bajo el nombre NDT-Suite [12].

III. PROYECTO AQUA-WS

Emasesa **Erro! A origem da referência não foi encontrada.** es una compañía local encargada de llevar a cabo la gestión general del ciclo del agua en la ciudad de Sevilla y en algunas de sus localidades limítrofes. Esta empresa tiene como objetivos proporcionar y garantizar la calidad del suministro de agua a los ciudadanos de estas localidades, resolviendo cualquier posible problema que pueda surgir en el mismo y controlando la correcta utilización del agua.

Actualmente, para garantizar estos objetivos, Emasesa dispone de un conjunto de sistemas informáticos independientes y desarrollados con tecnologías diferentes:

- AQUA-SiC, sistema de gestión de clientes. Este sistema es una aplicación local.
- AQUA-ReD, sistema de gestión de redes basado en tecnologías web.
- AQUA-SigO, sistema de gestión de obras y proyectos basado en tecnologías web.

El proyecto AQUA-WS (AQUA-WebServices) surge a raíz de la necesidad de unificar todos los sistemas actuales en un único sistema, el núcleo AQUA, utilizando además la misma tecnología. El nuevo sistema está orientado a la web y a su desarrollo se ha utilizado Java J2EE.

Además de lo mencionado anteriormente, el proyecto AQUA-WS tiene como principales objetivos diseñar un sistema integrado para la toma de decisiones (DSS, *Decision Support System*), garantizar de forma eficaz la comunicación entre el Núcleo AQUA con otros sistemas transversales utilizados en Emasesa a través de un bus de integración y por último implementar una interfaz de usuario amigable en proporcionar una conexión adecuada tanto para usuarios como empleados de Emasesa. Este último objetivo es lo que se conoce como módulo FrontEnd.

La figura 2 presenta un diagrama con la arquitectura del proyecto AQUA-WS.

El núcleo AQUA, el módulo FrontEnd, el sistema DSS y la comunicación con sistemas transversales están basados en el uso de SAP [1] ERP **Erro! A origem da referência não foi encontrada.** (*SAP Enterprise Resource Planning*), SAP BW **Erro! A origem da referência não foi encontrada.** (*SAP Netweaver Business Warehouse*), GIS (*Geographical Information System*) sobre un sistema de gestión documental (*Documental Management*).

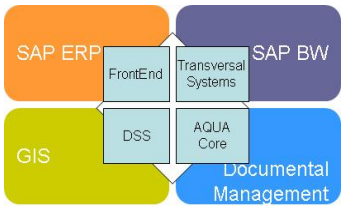


FIGURA 2: ARQUITECTURA AQUA-WS

En la tabla 1 recogemos datos cuantitativos que dan una idea de la complejidad del proyecto.

TABLA 1. TOTAL DE REQUISITOS FUNCIONALES EN AQUA-WS

Modulo	Nº de Requisitos Funcionales
SIGO	436
RED	334
SIC	730
Bus de Integración	40
FrontEnd	268
TOTAL	**1.808**

Del total de requisitos funcionales, el 70% son requisitos funcionales de complejidad alta (con más de 15 pasos por escenario), el 20% de complejidad media (entre 5 y 14 pasos por escenario) y sólo el 10% se consideran de complejidad baja (menos de 5 pasos por escenario).

Además, existe un alto grado de interrelación entre los módulos, lo que incrementa enormemente el grado de complejidad del proyecto AQUA-WS.

IV. EJEMPLO DE APLICACIÓN DE NDT-DRIVER

En esta sección se ilustra a través de un pequeño ejemplo la aplicación de NDT-Driver en la generación de los casos de pruebas funcionales a partir de un requisito funcional.

La Figura 2, muestra el diagrama de actividades de un requisito funcional recogido en la fase de requisitos del proyecto AQUA-WS. Este requisito funcional describe cómo se asocia una finca a un cliente a través de su contrato de suministro de agua.

Como se indicó en la sección 2, se generan tantos casos de pruebas como caminos existan entre la actividad inicial y la actividad final: un caso de prueba en el que el cliente está registrado en el sistema y la finca está registrada en el

[1] *Systems, Applications and Products in Data Processing*

sistema, por lo que los pasos del caso de prueba consistiría en buscar el cliente y completar el formulario, PS01; un segundo caso de prueba en el que el cliente no está registrado, que registraremos previamente pero sí está registrada la finca a realizar el contrato, la prueba consistiría en buscar el cliente, registrarlo y verificar que existe la finca y completar finalmente el formulario de contrato, PS02; y una tercer caso de prueba donde no están registrados el cliente y la finca, que se realizaría previamente y se completará el formulario de alta contrato, PS03.

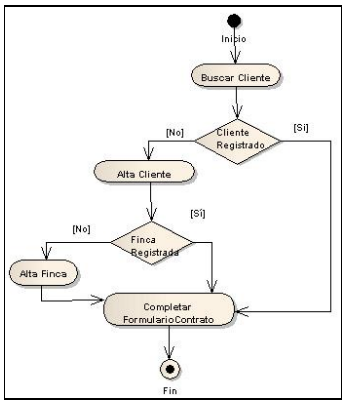


Figura 2: Requisito Funcional para el ejemplo

En la Figura 3 se muestra de izquierda a derecha los casos de pruebas descritos anteriormente, PS01, PS02 y PS03.

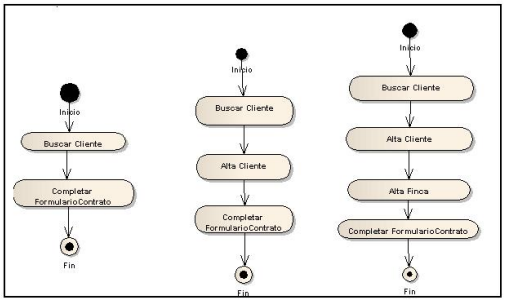


Figura 3: Casos de Pruebas para el ejemplo

V. FASE PRUEBAS DE AQUA-WS

La importancia de la fase de pruebas está contemplada en la planificación del proyecto AQUA-WS, destinando el 40% de la duración del proyecto en los diferentes tipos de pruebas.

A esta fase se le ha dotado de un grupo de técnicos liderado por miembros de la Oficina Técnica de Calidad. El resto del equipo está formado por miembros de la empresa de mantenimiento de los distintos sistemas actuales, y miembros de las empresas que están llevando a cabo el desarrollo del sistema AQUA-WS.

El principal objetivo del equipo de pruebas es realizar las pruebas de aceptación en un entorno de preproducción para comprobar que toda la funcionalidad de los sistemas actuales está recogida en el nuevo sistema.

Las pruebas de aceptación se obtienen como subconjunto de las pruebas de sistema generadas por NDT-Driver (herramienta descrita en la sección 2) y recogidas en el Plan de Pruebas.

El número de pruebas que recogen los distintos planes de prueba en este proyecto son muy elevadas. Tomando como media cuatro escenarios por cada requisito funcional, y tengan cuenta que existen 1808 requisitos funcionales, en un proyecto de esta envergadura se generan del orden de 7000 pruebas funcionales.

Realizar de forma manual el plan de pruebas completo, a una media de 20 minutos en documentar una prueba funcional, en un proyecto de 7000 pruebas supone un coste del orden de 2300 horas de trabajo.

Con el uso de la herramienta NDT-Driver, la obtención de la primera versión del plan de pruebas es casi inmediata, únicamente se necesitaría una aproximación de 4 minutos para incluir el juego de las dos de cada prueba. Lo que supondría unas 500 horas de trabajo empleadas en esta tarea. Analizando estos datos se comprueba que gracias a NDT-Driver se consigue ahorrar 1800 horas de trabajo.

Una vez generado el plan de prueba, comienza la fase de ejecución de pruebas. Actualmente se está trabajando en el desarrollo de aplicaciones para la automatización de todo tipo de pruebas, como son:

- Pruebas aceptación: FitNesse, Avignon
- Pruebas rendimiento: JMeter, OpenSTA, WEbLoad, Grinder
- Pruebas funcionales: Selenium IDE, HTTPUnit, BadBoy, SAHI.

Tras el estudio de las diferentes herramientas para la ejecución automática de pruebas funcionales, se analizaron los objetivos y funcionamiento de cada una de ellas.

Todas estas herramientas se basan en pruebas de navegación simples y orientadas a realizar una repetición de dichas pruebas. El objetivo de las pruebas funcionales en AQUA-WS es testear el ciclo completo de los datos y validar la interrelación de los datos con los diferentes sistemas.

Tras el análisis de herramientas, se descartaron todas ellas ya que no estaban orientadas al objetivo de AQUA-WS y resultaba ser más tedioso la preparación y control de las pruebas automáticas que la realización individual por parte de los técnicos del equipo de pruebas.

Las pruebas funcionales son los más importantes en el proyecto AQUA-WS. Su realización se estructura en dos

ciclos de pruebas que el equipo de pruebas lleva a cabo. En el primer ciclo, se realiza un gran número de pruebas con el objetivo de validar el mayor número de casuísticas posible. Estas pruebas se han llevado siguiendo el plan de pruebas, que se ha generado mediante la herramienta NDT-Driver (descrito en la sección 2). A medida que se va realizando las pruebas, se van detectando incidencias gestionándolas mediante un proceso diseñado por la Oficina de Calidad y el jefe de proyecto. Este procedimiento se basa en diferenciar los diferentes tipos de incidencias y tipificar su grado gravedad.

Una vez que el equipo de desarrollo ha resuelto todas las incidencias, comienza el segundo ciclo de pruebas. Las pruebas recogidas en el plan de pruebas son ejecutadas para la verificación y validación de que todas las incidencias reportadas han sido resueltas correctamente y no se ha generado ninguna incidencia por efecto colateral.

VI. CONCLUSIONES Y FUTUROS TRABAJOS

En Ingeniería del Software y en particular en Ingeniería Web, es importante llevar a cabo completa y exhaustivamente la fase de Pruebas dentro del ciclo de vida del proyecto con el objetivo de asegurar la calidad del producto desarrollado y para asegurar que cubre las necesidades y expectativas de clientes y usuarios finales.

Para lograr estos objetivos la fase de pruebas debe ser planificada con el tiempo suficiente para su consecución y además debe ser dotada de los recursos necesarios, tanto a nivel técnico como humano.

Este trabajo presenta cómo la metodología NDT proporciona soporte a la fase de Pruebas y además presenta su suite de herramientas software, y en particular su herramienta NDT-Driver, la cual permite disminuir el tiempo invertido en la generación de los casos de prueba.

Además, en este trabajo se ha presentado los resultados y conclusiones de la aplicación de esta metodología y de sus herramientas, en un proyecto real de gran envergadura: el proyecto AQUA-WS.

El proyecto AQUA-WS ha abierto una importante línea de investigación a explorar. El uso de técnicas automáticas para la generación de casos de pruebas funcionales del sistema a partir de los requisitos funcionales capturados durante la fase de Requisitos del proyecto, ha permitido disminuir el tiempo que el equipo de analistas ha tenido que invertir en desarrollar los distintos planes de pruebas.

Como líneas futuras de investigación, proponemos el uso de MBT para mejorar la fase de pruebas en la metodología NDT. Actualmente, NDT proporciona sólo la generación de casos de prueba. En el futuro, intentaremos progresar en esto no sólo para mejorar el procedimiento de generación automático de casos de prueba sino también para generar el juego de datos con los que probar.

Además, proponemos también como líneas futuras de investigación cómo crear paneles de control con el objetivo de automatizar la gestión de la fase de pruebas y evitar que se realice de forma manual que es cómo transcurre normalmente en la actualidad.

AGRADECIMIENTO

En este trabajo de investigación ha sido soportado por el proyecto QSimTest (TIN2007-67843-C06_03), por el proyecto Tempros del (TIN2010-20057-C03-02), España y por la red Nacional CaSA (TIN2010-12312-E) del Ministerio de Ciencia y Educación.

REFERENCIAS

[1] M.J. Escalona, J.J. Gutierrez, M. Mejías, G. Aragón, I. Ramos, J. Torres. An Overview about Test Generation from Functional Requirements.

[2] Stocks, P., Carrington, D. A framework for specification-based testing. IEEE Transaction on Software Engineering. Vol. 22. N. 11. 1996.

[3] Liu, S., Yuting, C. A relation-based method combining functional and structural testing for test case generation. Journal of Systems and Software. Vol. 81. 2. pp. 234-248. 2008.

[4] TerMaat, P. Adventures in Automated Testing! The Software Testing and quality engineering magazine. May/June 2001.

[5] Ryser, J., Glinz, M. A Practical Approach to Validating and Testing Software Systems Using Scenarios Quality. Week Europe QWE'99 in Brussels, Institut für Informatik, Universität Zürich. 1999.

[6] E. Insfrán, O. Pastor, R. Wieringa. "Requirements Engineering-Based Conceptual Modelling". Requirements Engineering Journal, Vol 7 (1). 2002.

[7] Legeard, B. Model-based Testing: Next Generation Functional Software Testing. Dagstuhl Seminar Proceedings 10111. Practical Software Testing: Tool Automation and Human Factors. 2010.

[8] Gutiérrez, J.J., Escalona, M.J., Mejías, M., Torres, J., Torres-Zenteno, A.H. A Case Study for generating test

[9] Escalona, M.J., Aragón, G., 2008. NDT: A Model-Driven Approach for Web Requirements, IEEE Transactions on Software Engineering, 34(3). pp 370-390.

[10] OMG, 2008. Documents Associated with Meta Object Facility (MOF) 2.0 Query/View/Transformation. http://www.omg.org/spec/QVT/1.0/

[11] OMG, 2005. Unified Modelling Language: Super structure. Specification. http://www.omg.org/cgi-bin/doc?formal/05-07-04

[12] NDT-Suite. Available in www.iwt2.org/ndt

[13] Emasesa. Empresa Municipal de Aguas de Sevilla. http://www.aguasdesevilla.com

[14] SAP ERP: www.sap.com/ERP

[15] SAP BW: http://www.sap.com/solutions/benchmark/bw.epx

[16] Hartman A., Nagin, K. 2003. Model Driven Testing-AGEDIS Architecture Interfaces and Tools. In 1st European Conference on Model Driven Software Engineering, Nuremberg, Germany, pp 1–11.

Using Haskell to Script Combinatoric Testing of Web Services

I.S.W.B. Prasetya, J. Amorim
Dept. of Inf. and Comp. Sciences
Utrecht University
Email: wishnu@cs.uu.nl

T.E.J. Vos, A. Baars
Dept. de Sist. Informaticos y Comp.
Univ. Polit. de Valencia
Emails: tvos@dsic.upv.es, abaars@pros.upv.es

Abstract— **The Classification Tree Method (CTM) is a popular approach in functional testing as it allows the testers to systematically partition the input domain of an SUT, and specifies the combinations they want. We have implemented the approach as a small domain specific language (DSL) embedded in the functional language Haskell. Such an embedding leads to clean syntax and moreover we can natively access Haskell's full features. This paper will explain the approach, and how it is applied for testing Web Services.**

Keywords- automated testing, combinatoric testing

I. INTRODUCTION

The Classification Tree Method (CTM) is a combinatoric testing approach proposed by Grochtmann and Grimm [2]. It allows a tester to specify how the domain of each parameter of a target function e.g. *f(x,y,z)* is abstractly partitioned into various subsets. The partitioning can be hierarchical; the overall partitioning has thus a tree structure and is called classification tree. The lowest level partitions are called 'classes'; each will be represented by a single concrete test-value. By combining classes of *x*, *y*, *z* we essentially construct test-cases. We can either generate all possible combinations, or select just some. The CTM approach can be used in both white box or black box testing, and has been successfully applied in many industrial projects [4]. There are tools like EXTRACT [9], ADDICT [1], or CTE-XL [4] that also provide visual editors to allow testers to visually create a classification tree, and specify the test-cases they want.

We will presents an implementation of CTM as a small Domain Specific Language (DSL). The DSL is called CTy, embedded in a functional language called Haskell. We will have to drop the luxury of a visual editor, but we get something else in return. Haskell is a very good host language for embedding DSLs. Successful examples include DSLs for writing financial contracts [3], parsers [8], and animation [5]. DSLs in Haskell gets native access to its features, e.g. clean syntax, lazy evaluation, polymorphism, and higher order functions. For us it means that we can write powerful expressions to declaratively specify the combinations of the classes that we want to include in our test-suite, to combine test-suites, and to sort the suites.

Essentially a web service is a function f that can be called over a network through a popular protocol such as HTTP. The function may have side effect, e.g. if it works on some persistent resource behind it. Parameters as well as f's reply are sent in an exchangeable format such as XML. These allow web services to be easily composed to build more complicated services. Because of their function-like behavior, the CTM approach can be directly used on them. In Section VI we will discuss how CTy can be used to combinatorically test a web service.

II. SPECIFYING INPUT DOMAIN

Imagine the function below (which can be provided as a web service) for calculating the premium's price of some insurance. Imagine we want to test it.

```
calcPremium(type,age,city)
```

where `type` is the type of insurance (e.g. standard, comfort, super, etc).

Rather than providing arbitrary test-cases, in the CTM approach a tester first specifies how the domain of each parameter of the function above will be partitioned. The partitioning is specified with a tree structure called *classification tree*. Figure 1 shows such a tree for `calcPremium`, expressed in CTy. E.g. it says that the parameter `age` is divided into three partitions: `kid1`, `kid2`, and `adult`. The last one is partitioned further into `young` and `old`.

Partitions of the lowest level (which are not further partitioned) are special, and are called *classes*. Each class logically specifies a subdomain. However, for testing purpose all values in this subdomain are considered equivalent. Under this assumption we can represent a class with just one test-value. This is the value we will use when the class is later used to form a test-case. We construct a class using the following notations:

```
"kid1" %= Int32 4
```

This constructs a class named `kid1`, with the value 4 as the concrete test-value representing it.

```
ctree1 = tree [insuranceType,age,place]
  where
  insuranceType = "insType" <== [
    "standard" %= frag Standard,
    "comfort" %= frag Comfort,
    "super"   %= frag Super ]
  age = "age" <== [
    "kid1" %= Int32 4,
    "kid2" %= Int32 16,
    adult ]
    where
    adult = "adult" <== [
      "young" %= Int32 20,
      "old"   %= Int32 66 ]
  place = "place" <== [
    "city"    %= StringN 100 "Delft",
    "noncity" %= StringN 100 "Achterhoek" ]
```

Figure 1. A classification tree in Haskell/CTy.

We will assume each class to have a unique name. Test-values are represented by a separate type `TestVal` that supports a number of constructors. E.g. `Int32` in the above example represents a 32-bits two's complement integer. In Haskell itself we can have integers of any size, but because we may target a different language then it is necessary to specify the specific range that we want. The constructor `StringN` *n s* is used to construct a string (s) whose length is at most *n*.

Non-class partitions which are also not top-level are represented by the type Partition, and are constructed using the following notation:

$$\text{"adult"} \ \texttt{<==}\ [p_1, \ldots, p_n]$$

This constructs a partition named `adult`, with all those p_i's as subpartitions.

A top-level partition specifies the whole domain of a parameter of our target function. In the tradition of CTM this is called *category*. So, for the `calcPremium` example its classification tree will consists of three categories: one for the parameter `type`, one for `age`, and one for `city`. We will represent a category with its own type `Category`, but use the same <== notation as above to construct it.

Finally, a classification tree itself is represented by the type `CTree`, and is constructed with notation `tree` $[C_1, \ldots, C_n]$, where each C_i is a category. See also the example in Figure 1.

III. Test-case and test-suite

A *test-case* specifies an input for the function under the test, and the expected result (oracle). We will only address the problem of input generation. Oracles are either not needed (if we have executable specifications), or else cannot be in general automatically generated.

Since each class contains a test-value, a test-case can be represented by a list *t* of classes where every category (parameter) of `calcPremium` is represented in *t* by exactly one class. E.g. the list [city, standard, kid1] would represent a test-case for `calcPremium`. Concretely, this corresponds to these inputs:

```
calcPremium(Standard,4,"Delft")
```

We will however call any list of classes a 'test-case'. Those that satisfy the above criterion will be called 'complete' test-cases. We introduce these types to represent test-case and the corresponding notion of test suite :

```
type TestCase = [Class] --list of classes
type Suite = [TestCase] --list of test-cases
```

Below we define a number of auxiliary notations.

If p is a class or a partition, $cat(p)$ denotes the category to which p belongs. If P is a list or a set of classes or partitions, we define $cat(P) = \{cat(p) \mid p \in P\}$. Since a test-case is also a list of classes, we can use the same notation on it. If φ is a classification tree, we will write $cat(\varphi)$ to denote the set of categories in φ.

A test-case t is *well-formed* if for any distinct $c,d \in t$, $cat(c) = cat(d)$. With respect to a given classification tree φ, t is *complete* if it is well-formed and furthermore $cat(t) = cat(\varphi)$. A well-formed test-case that is not complete is called *partial*.

If p is a partition or a category, we write $class(p)$ to denote the classes that are descendants of p (as a tree). In other words, these are the classes that make up p. If P is a list or set of partitions, $class(P) = \cup\{class(p) \mid p \in P\}$. We will also write $c \in p$ to mean $c \in class(p)$. Similarly, we also write $c \in P$.

Let s and t be test-cases. We write $s \supseteq t$ if as sets s subsumes t. We write $s \equiv t$ to mean that they subsume each other. The union and intersection of two suites are defined as follows:

$$S \cup T \;=\; S \mathbin{++} [\, t \mid t \in T, (\forall s \in S :: t \equiv s) \,]$$

$$S \cap T \;=\; [\, t \mid t \in T, (\exists s \in S :: t \equiv s) \,]$$

IV. Specifying combinations

Given a classification tree φ, we can generate its *full suite*, consisting of all possible test-cases it induces. We can also generate its *minimalistic suite*, which is the smallest suite such that every class in φ is covered at least once. Unfortunately, for a function with complex input domains, its full suite is often too large (e.g. thousands in size). On the other hand, the minimalistic suite is often too small.

Notice that a test-case can be seen as a combination over classes from different categories. Inspired by CTE-XL [4], in CTy we provide a simple language to express 'combination

rules' to declaratively specify the combinations that we want to cover.

The combination rules are implemented 'symbolic'. It means that they are represented as data in Haskell and have to be interpreted first to actually produce the corresponding suites. This allows us to check them first for their well-formedness, before interpreting them. A combination rule will be represented by the type `Rule`, which can be constructed in this way:

$$R ::= \texttt{incl}\ P \ \mid\ R\ op\ R \ \mid\ \texttt{neg}\ R$$

where P is a so-called 'monocat'. It is either single a category name or a list of partition names, such that $|cat(P)| = 1$ (all partitions in P should belong to the same category). The *op* is one of these operators:

$$|+|,\quad |\&|,\quad \&\&*,\quad \&\&-$$

Semantically, a rule R specifies a suite over the categories mentioned in R. We will define a function `rule` R that interprets R and produces the suite it specifies. This function is essentially our test-cases generator. R may indeed produce test-cases which are still partial —we will deal with this later.

A suite S is well-formed if it consists of well-formed test-cases, and for all $t,u \in S$, $cat(t) = cat(u)$ (all test-cases in S cover exactly the same set of categories). Two well-formed suites can be combined more efficiently since we do not have to keep checking whether two test-cases from the suites are actually compatible to be combined. Combination rules will be restricted (and checked) so that they only produce well-formed suites.

The simplest rule is of the form incl P. Since P is a monocat, all classes under P belong to the same category. Each is a candidate test-value for P 's category. Each can be lifted to a partial test-case; and collecting them all form a suite. So:

$$\texttt{rule}\,(\texttt{incl}\ P\,) = [\ [c] \mid c \in class(P)\ ]$$

This operator provides the union of two rules:

$$\texttt{rule}(R1\ |+|\ R2) = \texttt{rule}\ R1 \cup \texttt{rule}\ R2$$

Similarly, we define intersection $|\&|$. To be well-formed, $R1$ and $R2$ above should specify the same set of categories.

If $R1$ and $R2$ are rules with no common categories, this operator constructs the Cartesian product of their test-cases:

$$\texttt{rule}\ (R1\ \&\&*\ R2) = \texttt{rule}\ R1 \times \texttt{rule}\ R2$$

$$S1 \times S2 = [\ s1{+}{+}s2 \mid s1 \in S1, s2 \in S2\ ]$$

The 'minus'-variant will combine $R1$ and $R2$ in a minimalistic way:

$$\texttt{rule}\ (R1\ \&\&-\ R2) = \texttt{rule}\ R1 + \texttt{rule}\ R2$$

$S1 + S2$ is defined as follows. If $|S2| < |S1|$, we fill $S2$ by duplicating some elements to make its size equal to $S1$; else we do the opposite. Then the definition looks as below:

$$S1 + S2 = [\ s_0{+}{+}\,t_0,\ \ldots,\ s_n{+}{+}\,t_n\,]$$

s_i's and t_i's are elements of respectively $S1$ and $S2$.

Suppose $N1$ and $N2$ are the size of rules $R1$ and $R2$. Whereas $\&\&*$ produces a suite of size $N1{*}N2$, that of $\&\&-$ has the size of $max(N1,N2)$.

The operator `neg` R constructs the 'complement' of R's suite. However this complement is not always calculated with respect to the full suite. Consider this example:

$$R = (\texttt{incl}\ [\text{standard}]\ \ \&\&*\ \ \texttt{incl}\ [\text{adult}])$$
$$\&\&-$$
$$\texttt{incl}\ [\text{city}]$$

`neg` R will complement R with respect to (`insuranceType` $\&\&*$ `age`) $\&\&-$ `place`. So, we take into account whether constituents of R are combined fully or minimally. The formal definition of `neg` can be found in our extended paper [6].

A. Derived operators

For further convenience we can define a whole array of derived operators, e.g. as below, based on the full combinator $\&\&*$. Let P be a monocat, and $R1$, $R2$ be rules that have no common category:

$$\texttt{excl}\ P = \texttt{neg}\ (\texttt{incl}\ P)$$

$$R1\ \texttt{or}_f\ R2 = (R1\ \&\&*\ R2)$$
$$|+|\ (\texttt{neg}\ R1\ \&\&*\ R2)$$
$$|+|\ (R1\ \&\&*\ \texttt{neg}\ R2)$$

$$R1\ \texttt{xor}_f\ R2 = (R1\ \&\&*\ \texttt{neg}\ R2)\ |+|\ (\texttt{neg}\ R1\ \&\&*\ R2)$$

$$R1\ \texttt{equ}_f\ R2 = (R1\ \&\&*\ R2)\ |+|\ (\texttt{neg}\ R1\ \&\&*\ \texttt{neg}\ R2)$$

$$R1\ \texttt{imp}_f\ R2 = \texttt{neg}\ R1\ \ \texttt{or}_f\ \ R2$$

Analogously we can have the minimalistic version of those operators, which are based on the combinator $\&\&-$.

V. Combining test-suites

Applying the function `rule` interprets a given combination rule R to produce the corresponding test-suite. Since suites are just lists, we can further combine and process them with any Haskell function of a compatible type. This can give us a lot of expressiveness. However, because we now directly combine suites (rather than rules), we will not check their well-formedness during the combinations. Doing so would be inefficient. We will just filter the final suite to throw away ill-formed test-cases. Since such filtering can make the meaning

of suite operators less predictable, the user is now responsible to make sure that that does not happen (by not producing intermediate ill-formed test-cases).

We can combine two suites like this: $S1$ *op* $S2$, where *op* is one of the following operators:

|+|, |&|, ‘`suchthat`‘, ‘`except`‘

The first two are just the union and intersection over suites (the ∪ and ∩ we defined before). The arguments of these two operators should be suites over the same categories.

$S1$ ‘`suchthat`‘ $S2$ specifies a subset of $S1$ consisting of those test-cases t that subsumes some test-case in $S2$:

$$S1 \text{ `suchthat` } S2 \;=\; [\, s \mid s \in S1, (\exists t \in S2 :: s \supseteq t) \,]$$

Then we can define the negative counterpart of this:

$$S1 \text{ `except` } S2 \;=\; S1 \;/\; (S1 \text{ `suchthat` } S2)$$

There are few more CTy operators that we do not discuss here, e.g. operators to specify k-wise combinations, to do relational join, and to sort a suite according to the weight of its test-cases. See our full paper [6].

A. Padding test-suite

Let f be the target function to test, and φ is the classification tree we want to use. A suite expression such as discussed above may not produce complete test-cases if the underlying combination rules in the expression do not mention all categories of φ. Before we can turn them to concrete test-cases for f, we need to pad/extend these test-cases to make them complete.

Let S be a test-suite. Suppose $\Delta = [D_1, \ldots, D_N]$ is the set of categories which are still missing from the test-cases in S. We can pad these test-cases by either fully or minimally combining them with Δ. This gives the following padding functions:

$$\texttt{paddingf}_{\varphi} S \;=\; S \times T_1 \times \ldots \times T_N$$

$$\texttt{paddingm}_{\varphi} S \;=\; S + T_1 + \ldots + T_N$$

where T_k = `rule`(`incl` D_k); × and + are operators on test-suites as defined before.

B. Generating concrete suite

After padding (above) we will get a ’test-suite’ that is ready to be turned into a concrete test-suite (which will drive the actual SUT). CTy provides a facility to do this. This facility generates a new Haskell program, that will actually execute the suite. However, this generated program does not contain oracles (which can’t be generated). Instead, we just leave place holders for them. The tester has to fill these in manually.

VI. A BIGGER EXAMPLE: REGRESSING GOOGLE GEOCODING API

Google Geocoding API is a web-service provided by Google to calculate the geographic coordinate of a place. The place is described by its address, e.g. ”`padualaan 14, utrecht, netherlands`”. A coordinate is given in latitude and longitude e.g. (52.08503, 5.1704884). It is a RESTful service; we can query it by sending a HTTP request e.g. like this (for the above example):

```
http://maps.googleapis.com/maps/api/geocode/x
ml? address=padualaan+14+utrecht+netherlands
```

If the address is recognized, an XML containing its coordinate is returned. If it matches multiple places, the XML will contain multiple coordinates as well.

The service can handle different ordering of the components of an address (e.g. if we specify the town before the street), or if we mangle some component a little bit (e.g. ’`utrecth`’ instead of ’`utrecht`’), or even omit the component. Note: there are cases where it seems to have problems.

Suppose we have a set P of important places/addresses (e.g. hospitals in your town). We want to make sure that over time Geocoding API always give consistent coordinates of those places. We will do this by regularly performing a regression test on the service. We use CTy to specify the test suite to use. We will construct one generic suite which can be instantiated for each address in P.

Let a be a full and correct address. We will construct a test-suite S_a where each test-case is obtained by permuting and mangling a’s components in various ways. S_a is then used for regression with respect to a. This is done in two stages.

The first stage is a *manual approval stage*. For every test-case in S_a we verify if Geocoding API’s answer is ’correct’. Every test-case is basically a query using some variant of a, sent to the API. The answer is correct if either the API says it doesn’t recognize the query, or else if the coordinates returned by the API contains a correct one.

Once all test-cases in S_a are approved, we will store the API’s answer of each test-case t and uses it as the oracle for t. Then we can proceed to the *regression stage* where we regularly re-run the S_a ; it will report an error if one query gives a different answer than the stored answer (the one we approved earlier). We will do this for every address a in our set P.

The API is tested through the test-interface below. The interface takes care of e.g. the HTTP connection with the API, formatting a query before it is sent to the API, and parsing the API’s XML answer. Additionally it also: (1) mangles and permutes the given address according to the given mangling and order specifiers, and (2) checks the answer against the oracle.

`ggTI` *address coM ciM stM nrM o*

The function returns true if the result is equal to the oracle; else false. The parameter *address* is specified by a tuple (*country*, *city*, *street*, *streetnr*). The next four parameters are mangling-specifiers for the, respectively, *country*, *city*, *street*, and *streetnr* component of the given address. Finally *o* specifies the order/permutation of the address' components in the concrete query to the Geocoding API (e.g. `padualaan+14+utrecht`, or `utrecht+padualaan+14`).

We use a classification tree to express various ways to mangle each address component, and various permutations we want to consider; this is shown in Figure 2. Roughly for each address component we have four mangling modes: no-mangling, swapping the last two letters, dropping the last letter, and deleting the whole component. For street numbers, only the first and the last modes are used.

```
ct a  =  tree [ address,
                countryMode, cityMode,
                streetMode, numberMode,
                order ]
   where

   address = "Address" <== ["Address" %= addr_ a]

   countryMode = "CountryMode" <==
       [ "CoCorrect" %= mode_ Correct,
         "CoSwapped2" %= mode_ Swapped2,
         "CoDropLast" %= mode_ DropLast,
         "CoEmpty" %= mode_ Empty ]

   cityMode = "CityMode" <==
       [ "CiCorrect" %= mode_ Correct,
         "CiSwapped2" %= mode_ Swapped2,
         "CiDropLast" %= mode_ DropLast,
         "CiEmpty" %= mode_ Empty ]

   streetMode = "StreetMode" <==
       [ "StCorrect" %= mode_ Correct,
         "StSwapped2" %= mode_ Swapped2,
         "StDropLast" %= mode_ DropLast ]

   numberMode = "NrMode" <==
       [ "NrCorrect" %= mode_ NCorrect,
         "NrEmpty" %= mode_ NEmpty ]

   order = "ArgsOrder" <==
       [ "CommonOrder" %= mode_ CommonO,
         "CoCiSN" %= mode_ CoCiSN,
         "NSCiCo" %= mode_ NSCiCo,
         "CoNSCi" %= mode_ CoNSCi ]
```

Figure 2. The classification tree for Google Geocoding API

The tree is specified with respect to a specific address *a*. Given such an address, the tree induces in total 384 test-cases. This is too many for the manual approval stage. On the other hand, the minimal suite will just contain 4 test-case, which does not feel to be adequate. So, we use a rule to select the combinations that we think more important to cover. It is the following rule:

```
r1 = incl ["StCorrect"]
   &&* incl "ArgsOrder"
   &&* incl "CityMode" |+| neg(incl["StCorrect"])
   &&- incl "ArgsOrder" &&-incl "CityMode"
```

Below we show how we construct the final test-suite. Basically it turns the rule above to a test-suite, then we apply minimalistic padding. Then we do few other format-related things, e.g. fixing the order of the classes in each test-case.

```
ggSuite a = ct a $$ rule r1
            >>=  padding
            >>=  fixorder
            >>=  lift_ . strip
```

E.g. this suite will fully combine an un-mangled street-name with the four permutations included in the classification tree and with all mangled variations of the city-name. The resulting combinations are then minmally combined with the other parameters.

The above suite gives 20 test-cases. It is then given to a concretization function to generate the corresponding concrete test-suite.

VII. Related Work

Other tools implementing CTM are EXTRACT [9], ADDICT [1], and CTE-XL. The last one, by Lehmann and Wegener [4], is probably the most prominent one. CTE-XL also provides a set of operators to declaratively select a suite. The selection is expressed by two kinds of rules: 'combination rules' and 'dependency rules'. The first are used to specify which base-suite to generate, the second specify constraints on the suite and are used to filter the base-suite. Just as in CTy, any suite can be generated with CTE-XL. However the used operators are different. CTE-XL does not have the `neg`, |+|, and |&| in its combination rules. Having these operators allow us to provide the derived Boolean-like operators $\mathtt{imp}_f$, $\mathtt{imp}_m$, $\mathtt{xor}_f$, $\mathtt{xor}_m$, etc. We can also define the k-wise combination operator as a derived operator. CTE-XL provides Boolean operators to express dependency rules. CTy does not distinguish between the two kinds of rules. It uses the suite-level operators `suchthat` and `except` to express constraints, where any rule or suite can be used as a constraint.

Yu et al [9] proposed an extension to CTM where classes can be annotated with tags (also called 'properties'). Selector expressions are then written to specify that e.g. a class c can only occur in a test case t if t contains (or does not contain) a certain set of tags. The expressiveness of tags is equal to CTE-XL's dependency rules. A class can also be annotated with weight reflecting its importance. The generated test-cases are then sorted so that 'heavy' test-cases will be exercised first. We did not show this here, but in CTy the ability to sort and prioritize test-cases is just a natural extension of suite expressions —see [6].

Singh et al proposed to associate formal predicates expressed in Z to the partitions in a classification tree [7]. This allows us to delay further decomposition of a partition, or to keep it implicit altogether. A test-case *t* induces a formula *f* that logically identifies it, which is just the conjunction of all associated formulas of *t*'s classes (or partitions of lowest level). Modulo decidability, non-sensical test-cases can be filtered out by checking if the conjunction of *f* and SUT's precondition is still satisfiable. By transforming *f* to DNF we can split *t* to a set of more refined test-cases, one for each DNF clause. We did not explore into this direction.

VIII. Conclusion

CTy is an implementation of the CTM approach. However, it is not graphical; it is less suitable for testers who are less proficient in programming. It is provided as a DSL embedded in Haskell. This gives us first class access to Haskell's features. E.g. we get type checking, higher order function, lazy evaluation, and libraries for free. The embedding approach gives us much expressiveness and flexibility, while the syntax is still quite clean. Testers do have to be familiar with some degree of Haskell concepts and syntax.

References

[1] A. Cain, T.Y. Chen, D. Grant, P.L. Poon, S.F. Tang, and T.H. Tse. "An automatic test data generation system based on the integrated classification-tree methodology". In Software Engineering Research and Applications, volume 3026 of LNCS, pages 225–238. Springer, 2004.

[2] M. Grochtmann and K. Grimm. "Classification trees for partition testing". Software Testing, Verification & Reliability, 3(2), pages 63–82, 1993.

[3] S.L.P. Jones. "Composing contracts: An adventure in financial engineering". In Int. Symp. of Formal Methods Europe (FME), volume 2021 of LNCS, page 435. Springer, 2001.

[4] E. Lehmann and J. Wegener. "Test case design by means of the CTE XL". In Proc. of 8th European Int. Conf. on Software Testing, Analysis & Review (EuroSTAR), 2000.

[5] J. Peterson, P. Hudak, and C. Elliott. "Lambda in motion: Controlling robots with Haskell". Volume 1551 of LNCS, pages 91–105, 1999.

[6] I.S.W.B. Prasetya, J. Amorim, T.E.J. Vos, and A. Baars. "CTy: a Haskell DSL for specifying and generating combinatoric test-cases". Technical Report Nr. UU-CS-2011-005, Dept. Inf. & Comp. Sciences, Utrecht Univ., 2011.

[7] H. Singh, M. Conrad, and S. Sadeghipour. "Test case design based on Z and the classification-tree method". In IEEE Int. Conf. on Formal Engineering Methods (ICFEM), pages 81–90, 1997.

[8] S.D. Swierstra. "Combinator parsers --from toys to tools". Electr. Notes Theor. Comput. Sci, 41(1), 2000.

[9] Y.Y. Yu, S.P. Ng, and E.Y.K. Chan. "Generating, selecting and prioritizing test cases from specifications with tool support". In Int. Conf. on Quality Software (QSIC), pages 83–90, 2003.

First Workshop on Knowledge Management Systems and Social Computing

Supporting KMS through Cloud Computing: a scoping review

Fernando Cruz Marta
ISEGI – Universidade Nova de Lisboa
Lisboa, Portugal
fmcmarta@gmail.com

Fátima Trindade Neves
ISEGI – Universidade Nova de Lisboa
Lisboa, Portugal
trindadeneves@gmail.com

Ana Maria Ramalho Correia
ISEGI – Universidade Nova de Lisboa
Lisboa, Portugal
acorreia@isegi.unl.pt

Abstract - **After analyzing 2 to 5 years trends in the latest Gartner hype cycle of emerging technologies, cloud computing appeared to be a viable alternative for the support of Knowledge Management Systems development. A scoping review was carried out to confirm this hypothesis by identifying and analyzing the relevant published information in this area. The present paper describes the mapping of the literature and conceptual issues exploring three scientific databases - Web of Science, IEEE Xplore and EBSCO (MIS Quarterly). The main goal of this work is to identify progress in the application of cloud computing, as a possible support platform for Knowledge Management Systems development**.

Keywords - KMS, Knowledge Management Systems, Cloud Computing, scoping review

I. INTRODUCTION AND BACKGROUND

In the knowledge–based view of the firm, knowledge possessed by the firm and its collaborators is seen as a valuable, rare, inimitable and non-substitutable resource conferring a sustained superior performance, consequently providing a sustainable competitive advantage [1] [2].

It is important, when one intends to address the issues related with Knowledge Management Systems (KMS), to be aware that two main views stand out [3]. As Cook and Brown [4] have summarized, these are the 'epistemology of possession' and the 'epistemology of practice', or in short, as Newell et al [3] explain, 'epistemology of possession' treats knowledge as something people have whereas the 'epistemology of practice' treats knowledge as something people do. (op. cit).

The deployment of Knowledge Management Systems is very much based on 'epistemology of possession' – in which knowledge is viewed as a cognitive resource, a personal possession that can be externalized as information and transferred to others, using Information and Communication Technologies [5].

This paper assumes that a "Knowledge Management System" (KMS) is 'a technological information system that supports KM and allows knowledge to be created, externalized and transferred as information, to be stored and distributed within the organization'[6].

In this context, managing organizational knowledge, aims to facilitate knowledge transfer through the knowledge – information – new knowledge cycle, leading to utilization and innovation (adapted from [7]).

Maier [8] claims that by the beginning of the 21st century, the ever-increasing pace of innovation in the field of information and communication technology (ICT) has delivered numerous instruments ready to be applied in organizations to support managing organizational knowledge. These include intranet infrastructures, document and content management systems, workflow management systems, artificial intelligence technologies (such as data mining, text mining and web mining), business intelligence tools, groupware, e-learning tools, etc.

Despite this cornucopia of technologies, many researchers and practitioners are asking the question, 'Is Knowledge Management going to become obsolete and disappear, as with former managerial bandwagons and fads?'. There are some who already believe that KM stands for "Knowledge Museums" [9]. This might explain why some knowledge workers are not intrinsically motivated and empowered by using these systems.

The urgent need for KMS architecture redefinition and the increasing interest among the scientific community towards Cloud Computing is why the authors decided to explore its application to the knowledge sharing process.

After Mainframe, Personal Computer, Client-Server Computing and the Web, Cloud Computing brings a strong supporting argument to the new paradigm of ubiquitous environments [10] and helps companies to focus on business strategy rather than the technology [11]. Cloud Computing is a new consumer delivery model grounded on the techniques of the Grid Computing of the early 1990s. It is a natural evolution of virtual computing, delivered in a service-oriented

architecture and depends on an improvement of network techniques first proposed by Google in 2007. This business model aims to provide Infrastructure as a Service (IaaS), Platform as a Service (PaaS), and Software as a Service (SaaS) [10]. Therefore, the main characteristics of Cloud Computing are to provide an IT-based solution "as a Service" and "pay-per-use" model in a similar way to the supply of water, electricity and gas, or the provision of telephone, television and postal services [12] [13] [14].

According to The National Institute of Standards and Technology (NIST) [15] "Cloud computing is a model for enabling convenient, on-demand network access to a shared pool of configurable computing resources (e.g., networks, servers, storage, applications, and services) that can be rapidly provisioned and released with minimal management effort or service provider interaction." The composition of this Cloud model is shown in Table I.

TABLE I – CLOUD MODEL COMPOSITION

Cloud Model Composition	**1. Essential Characteristics:**
	On-demand self-service
	Broad network access
	Resource pooling
	Rapid elasticity
	Measured Service
	2. Service Models:
	Cloud Software as a Service (SaaS)
	Cloud Platform as a Service (PaaS)
	Cloud Infrastructure as a Service (IaaS)
	3. Deployment Models:
	Private cloud
	Community cloud
	Public cloud
	Hybrid cloud

As Iyer [11] explains, when using the cloud to make investment decisions, companies have to decide between two main strategies: one regarding the type of cloud model employed and the other about the service model to use. Once Cloud Computing concerns are not just about technological issues but include user-related issues as well. Commercial offerings are generally based on quality of service (QoS), and customer requirements; they typically include service level agreements (SLAs). Apart from the savings on IT budgets by improving average server utilization with corresponding reductions in Capital Expenditure (CAPEX) and Operating Expenditure (OPEX), using low-cost hardware and software reduces CAPEX and lower power consumption reduces OPEX. The cloud provides resilience and agility, which contributes significantly to sustainability (the new quest of Green IT), resulting in a better time-to-market, as characterized by upward trends in mobility, virtualization and globalization [16]. The pay-per-use model of cloud services can break down barriers and encourage initiatives by removing Return on Investment (ROI) constraints from relevant IT CAPEX decisions.

Concerning the development of the Knowledge Management Systems using the cloud to access knowledge in ubiquitous environments, it is likely that this will follow the Gartner Hype Cycle as represented in the Hype Cycle for Emerging Technologies, 2010 [17] and as Cloud Computing can expect to see mainstream adoption over a period from 2 to 5 years. During this time, cloud technologies would appear to be capable of supporting the deployment of data, processes and tools to facilitate the efficient use of knowledge and encouraging knowledge transfer within and between organizations [18] [19]. The aim of this paper is to address the Strengths and the Weaknesses considering Cloud Computing as a support technology for Knowledge Management Systems.

The next section describes the scoping review, detailing all the steps, the options taken and the inclusion and exclusion criteria applied to retrieved papers. To answer the research question, the papers selected were subjected to a content analysis using four codes "Cloud Computing Strengths" "Cloud Computing Weaknesses", "KMS Strengths"; "KMS Weaknesses"; this is described in section IV. The final section presents the conclusions drawn from the results obtained and the useful insights to inform future research.

II. METHODOLOGICAL APPROACH

In order to build a defensible argument, that represents a logical and comprehensive state of current findings in a given knowledge domain, it is necessary to undertake a literature review [20].

Arksey and O'Malley [21] claim that there has been a rapid growth of reviews, all of them aiming to collect, evaluate and present the available research evidence but using different approaches. This gave rise to a plethora of terminology, which includes systematic review, narrative review, conceptual review, rapid review, realistic review, scoping review and meta-analysis [22].

The research described in this paper uses a scoping review as the methodological approach. In the literature, several definitions of a "scoping review" can be found [21] [23]. Generally speaking, they converge, regarding purpose and the type of results required.

In the context of the present work we adopted the Petticrew and Roberts [22] definition; they emphasize that scoping reviews may be "carried out in advance of a full systematic review to scope the existing literature" (op. cit) as an exploratory work, to define the limits of the knowledge domain being studied.

Advantages of a scoping review for the research question addressed in this paper are: i) it retrieves an appropriate quality of papers to cover the breadth and depth of the domain [21] [23] [24], ii) it identifies theoretical approaches and or new research directions [20] [21] [23]; iii) it allows rapid mapping of the key concepts existing in the knowledge domain [23] [25]; iv) it provides a rigorous and transparent method for mapping areas of research [21] [25] [26] [27]; v) it facilitates the recognition of the importance of technological developments and the expertise required [21] [27]; vi) it

allows the identification of key gaps existing in contemporary knowledge [20] [21] [23] [26]; vii) it provides clarity of definition and concept [21] [23]; viii) it enables a rapid response when compared with systematic reviews [20] [21] [23] [28]. Applications can be found in several knowledge domains, including health sciences topics [24] [26] [29], nursing [23], education, crime prevention [30], business process reengineering [31].

On the other hand, some weak points are also reported in the literature. In the context of this paper, the most relevant are: i) a potential bias in perception and interpretation of the subject [20] [25] [27]; ii) search criteria only written in English, which can limit the geographical origin of papers selected and thus exclude some relevant references; iii) the quantity of data generated can be considerable which could represent a "difficult decision when the researcher has to decide between breadth or depth" of the review [21]. In this respect, a compromise was reached, taking into account the team resources and the requirement to achieve quality results in a reasonable time.

This is in line with Anderson [24] as reinforced by Rumrhill [30]. Taking into account the exploratory nature of scoping reviews, the following categories are relevant:

- Literature mapping – an initial approach to define the limits and literature provenance of a domain, within a certain timeframe;
- Conceptual mapping – determines how and when search terms are used in the literature. It aims to identify the terminology and its usage in the domain of interest. The focus is more on terminology mapping and less on the comprehensive identification of the research which is being carried out;
- Policy mapping – identifies the main documents and works produced by professional bodies and governmental agencies which are recognized as important within a certain domain, due to their nature and practices. This requires knowledge of the positions adopted and any declarations made by these entities which might affect research proposals.

The framework proposed by Arksey and O'Malley [21] to conduct "scoping reviews" includes the following steps: identify the research question; identify relevant studies; select studies; chart the data; collate, summarize and report the results. This was the one adopted in the present paper, as described in the following section.

III. PERFORMING THE SCOPING REVIEW

A. *The research question*

The scoping review was undertaken to address the following research question:

Does the literature, regarding cloud computing, show that it is a viable technological support for KMS?

B. *Identifying relevant studies*

To identify relevant studies, a search strategy across a range of databases was conducted on 21st February 2011; these were *ISI Web of Knowledge - Web of Science (WoS)* [32], *IEEE Xplore* [33] and *EBSCO (MIS Quarterly)* [34]. Keywords and related terms, combined by Boolean operators, were included in the various searches. Different strings were used to accommodate the specific characteristics and limitations imposed by each system on searches in the refereed databases. More or less combined search terms were included, but two keywords were present in all searches that were carried out, using the databases referred to above; these were, "knowledge management system" and "cloud computing".

The database searches were limited by using the language and time frame filters. Only English language articles from 2007 onwards were considered. This option was chosen because Cloud Computing is a relatively recent concept. In this work, general internet searches, with Google Scholar or other search engines, to look for grey literature, were not undertaken.

The Boolean strings used in each database are outlined below:

ISI Web of Knowledge - Web of Science:

```
TS=(("KMS" OR "Knowledge management system*" OR "Knowledge acquisition" OR "Knowledge selection" OR "Knowledge generation" OR "Knowledge sharing" OR "Knowledge transfer*" OR "Knowledge internal*" OR "Knowledge external*" OR "Knowledge measure*" OR "Knowledge collaboration" OR "Knowledge diffusion" OR "Knowledge capture" OR "Knowledge creation") AND ("cloud computing" OR "pay-per-use" OR "virtualization" OR "cloud storage" OR "cloud standard*" OR "cloud provider" OR "cloudsource" OR "cloud environment" OR "cloudware" OR "ubiquos computing" OR "elastic system" OR "flexible system" OR "SaaS" OR "Storage as a service" OR "Paas" OR "platform as a service" OR "IaaS" OR "Infrastructure as a service" OR "NaaS" OR "Network as a service"))
```

EBSCO (MIS Quarterly):

```
TX "Knowledge management system*" AND TX "Cloud computing"
```

IEEE Xplore:

```
"Knowledge management system*" AND "cloud computing"
```

C. *Study selection and chart data*

Retrieved papers were included if they addressed any aspect concerning both "Knowledge Management Systems" and "Cloud Computing", as long as these were found in the title, abstract, keywords or full text. These papers were then independently checked by the three authors and kept for analysis if at least two of the authors agreed, after discussion.

Table II illustrates the results of Boolean searches over specified databases for the period of 2007/2011.

TABLE II – NUMBER OF PAPERS RETRIEVED IN EACH DATABASE

Database	Totals
Web of Science	10
EBSCO (MIS Quarterly)	12
IEEE Xplore	6
Totals	**28**

An initial screening of the 28 retrieved references was undertaken and 9 papers which did not have the inclusion criteria were discarded. Further to these, another 2 papers were also discarded, because both were retrieved from two different databases (*WoS* and *EBSCO – MIS Quarterly*). This increased the total number of rejected papers to 11.

In these circumstances, as shown in Table III, only 17 papers were considered for detailed content analysis using *ATLAS.ti* as reported in Section IV.

TABLE III – NUMBER OF PAPERS RETRIEVED VS REJECTED

Database	Retrieved	Rejected	Totals
Web of Science	10	3	7
EBSCO (MIS Quarterly)	12	6	6
IEEE Xplore	6	2	4
Totals	**28**	**11**	**17**

Data from each paper was charted by strengths and weaknesses related to "Knowledge Management Systems" and "Cloud Computing" concepts. The results presented in the next section are organized according to this procedure.

IV. RESULTS AND DISCUSSION

The Families, "Knowledge Management Systems" and "Cloud Computing" were each assigned two Codes, representing the Strengths and the Weaknesses in each Family. The 17 Primary Documents were analyzed regarding this code strategy and the main results of this content analysis are shown in Table IV.

TABLE IV – FREQUENCY TABLE: CODES BY QUOTATIONS

Codes	Quotations	Families
CC_Strengths	231	Cloud Computing
CC_Weaknesses	55	Cloud Computing
KMS_Strengths	133	Knowledge Management Systems
KMS_Weaknesses	49	Knowledge Management Systems

Table V shows the results obtained from the Code analysis by frequency of Quotations in Primary Documents.

TABLE V – FREQUENCY TABLE: CODES BY PRIMARY DOCUMENTS

Primary Documents / Codes	C1	C2	C3	C4	TOTALS
P 1: Antonova_2009	10	0	3	13	**26**
P 2: Blaskovich_2011	6	6	0	0	**12**
P 3: Gabberty_2007	0	0	4	0	**4**
P 4: Griffith_2008	1	0	0	0	**1**
P 5: Hester_2010	61	6	4	11	**82**
P 6: Iyer_2010	48	18	1	0	**67**
P 7: Khoo_2009	1	0	1	0	**2**
P 8: Kojima_2010	8	3	7	2	**20**
P 9: Lee_2007	1	0	10	4	**15**
P10: Li_2009	22	3	1	0	**26**
P11: Mancilla-Amaya_2010	9	1	15	2	**27**
P12: Maurer_2010	14	3	13	0	**30**
P13: Muntean_2010	3	2	15	3	**23**
P14: Talia_2010	7	0	1	1	**9**
P15:Vaccaro_2009	22	5	26	6	**59**
P16:Weng_2009	16	6	28	5	**55**
P17:Yang_Hsu_2010	2	2	4	2	**10**
TOTALS	**231**	**55**	**133**	**49**	**468**

Legend: C1: CC_Strengths; C2: CC_Weaknesses; C3: KMS_Strengths; C4: KMS_Weaknesses.

Observing Tables IV and V, the Code having highest value of Quotations in Primary Documents is "CC_Strengths", followed by "KMS_Strengths". The Family "Cloud Computing" is the most representative having the largest number of Quotations (231). Among all, P5 contributes foremost to "CC_Strengths" and P14 and P15 to "KMS_Strengths" Code, the latter valuing both Families. Together with P6, these 4 Primary Documents appear to be the principal enriching documents in the analyzed set.

From the papers obtained as described in the previous section, it becomes evident that KMS should be understood as IT systems that support and improve the process of knowledge creation, sharing and transfer between individuals within an organization or among different organizations, to provide a basis for better decision making and improve the learning process [9]. It is noted that this concept was differently named by various authors, e.g i) ITSM Knowledge Management [35], ii) CSCW - Computer Supported Cooperative Work [36], iii) EDA - Flexible and collaborative composition and provision of engineering data analysis [37], iv) SOEKS - Smart Knowledge Management System [38].

From the point of view of KMS as collaborative environment, portals are assumed as the successful and ideal IT infrastructure capable of maintaining the knowledge management life cycle at the organizations, contributing to their success in global economy [18] [35].

As a consequence of the advances in these systems and the increasing need for intra and inter-organizational cooperation, knowledge sharing becomes crucial in any KM strategy. Knowledge sharing promotes the creation of knowledge clusters and networks, which contribute towards the competitiveness of the organization and lifelong learning in its workforce [38].

Whether the company is local, regional, national or multinational, it still needs to share knowledge with others and the literature reveals the benefits in using a KMS. In effect, multinationals, more than any other type of companies, need to leverage the array of tools and knowledge they support in order to exploit their competitive advantage [39]. These systems disseminate company knowledge and are conducive to improving creativity and innovation processes, resulting in better brand marketing and increased competitiveness in the global market.

Unfortunately, knowledge management is all too often still considered to be an overhead activity because it is difficult to measure its impact on profitability and growth [9].

KMS remain underused and hardly recognized as useful by knowledge workers; actually their maintenance is seen to be time-consuming and represents an additional, sometimes distracting workload for them; thus their knowledge bases soon become obsolete. This is the reason why some organizations try motivational initiatives to overcome these constraints [38].

Often, knowledge remains in the background, which hinders the integration of KM processes into mainstream IT systems. Some authors recognize that Web2.0 solutions e.g, wiki technology and virtual communities could provide more acceptable alternatives [16].

Recently Cloud Computing has emerged as a new trend in the computing world creating the opportunity to share and exchange information on a large scale [38]. Yang [10] even argues that it will set up the necessary operating resources and related data on the Internet, so that users can access them directly.

The benefits of Cloud Computing are widely discussed, focusing on its increased agility, adaptability, flexibility, location and sourcing independence, ubiquitous access, rapid elasticity, cost savings and interoperability. It facilitates knowledge sharing and the integration of different platforms and IT services, as well as enabling individuals to create their virtual working places [9] [11] [36] [40] [41] [42]. Furthermore, it could be used as a platform that provides frameworks for data mining services [14].

Cloud computing provides a new dimension to spread web-based knowledge networking and team cooperation; it enables improved services and open access management, overcoming the organizational boundary limitations, allowing automatic update and access to the newest and most relevant knowledge [9].

With Cloud Computing, product-centric enterprises, based on applications and systems model, can easily shift into service centric enterprises [11]. With a cloud based approach, organizations could interact and share knowledge in a scenario motivated by strategic alliances or producer-consumer relationships [38].

Cloud Computing and its business models have not yet reached maturity and standards are still being developed; security, privacy and compliancy are still difficult, bringing reliability into question [11].

The implementation of an innovative technology brings cost considerations concerning technology, processes, user training and governance [11] [16] and it is not yet clear which business applications are suitable for Cloud Computing support [36]. There are also a number of legal and policy problems, concerning Cloud Computing, that must be addressed [13].

Some authors argue that conceptual studies about Cloud Computing should be confined to the domains of Architecture and Technology [40].

V. CONCLUSIONS

The literature and conceptual mapping, undertaken in this research, resulted in the following conclusions [23] [24]:

- In the economic slowdown, businesses need to cut costs, adopt new practices and explore new business models; Cloud Computing appears to be viable way of addressing these issues, because they enable cost reduction while, at the same time, provide an improved opportunity to share and exchange information.
- KMS development, as supported by Cloud Computing, should be a strategic business decision rather than a tactical, technology-based one.
- The most important advantage of Cloud Computing is that companies don't have to buy the software or the infrastructure to run it; it is available on a pay-per-use basis.

Future research may include:

- A systematic review of Cloud Computing and Knowledge Transfer, with the emphasis on knowledge as a valuable resource for consumers, in other words Knowledge as a Service (KaaS).

REFERENCES

[1] B. Kogut and U. Zander, "Knowledge of the firm, combinative capabilities and the replication of technology " *Organization Science,* vol. 3, pp. 383-397, 1992.

[2] R. M. Grant, "Towards a knowledge-based theory of the firm," *Strategic Management Journal,* vol. 17, pp. 109-123, 1996.

[3] S. Newell, M. Robertson, H. Scarbrough, and J. Swan, *Managing Knowledge Work and Innovation*, 2nd ed. Basingstoke: Palgrave Macmillan, 2009.

[4] S. D. N. Cook and J. S. Brown, "Bridging Epistemologies: The degenerative dance between organizational knowledge and organizational knowing," *Organization Science,* vol. 10, pp. 381-340, 1999.

[5] U. Schultze and D. Leidner, "Studying knowledge management in information systems research: discourses and theoretical assumptions," *MIS Quarterly,* vol. 26, pp. 213-242, 2002.

[6] R. Chameta and R. Grangel, "Methodology for the implementation of knowledge management systems," *Journal of the American Society for Information Science and Technology,* vol. 59, pp. 742-755, 2008.

[7] M. Alavi and D. E. Leidner, "Review: Knowledge Management and Knowledge Management Systems: Conceptual Foundations and Research Issues," *MIS Quarterly* vol. 25 pp. 107-136, 2001.

[8] R. Maier, "State-of-Practice of Knowledge Management Systems: results of an empirical study," *Informatik,* vol. 1, pp. 14-22, 2002.

[9] A. Antonova, E. Gourova, and N. Roumen, *Extended Architecture of Knowledge Management System With Web 2.0 Technologies*, 2009.

[10] Y. Sheng-Yuan, H. Chun-Liang, and L. Dong-Liang, "An ontology-supported ubiquitous interface agent for cloud computing — Example on Bluetooth wireless technique with Java programming," in *Machine Learning and Cybernetics (ICMLC), 2010 International Conference on*, 2010, pp. 2971-2978.

[11] B. Iyer and J. C. Henderson, "Preparing for the future: understanding the seven capabilities cloud computing," *MIS Quarterly Executive,* vol. 9, pp. 117-131, 2010.

[12] M. Maurer, I. Brandic, V. C. Emeakaroha, and S. Dustdar, "Towards Knowledge Management in Self-Adaptable Clouds," in *Services (SERVICES-1), 2010 6th World Congress on*, 2010, pp. 527-534.

[13] L. Li, Y. Zheng, F. Zheng, S. Zhong, and Ieee, *Cloud Computing Support for Personal Knowledge Management*, 2009.

[14] D. Talia and P. Trunfio, "How Distributed Data Mining Tasks can Thrive as Knowledge Services," *Communications of the ACM,* vol. 53, pp. 132-137, 2010.

[15] NIST. (2011). *The National Institute of Standards and Technology (NIST)*. Available: http://www.nist.gov/itl/cloud/

[16] A. J. Hester and Acm, *Increasing Collaborative Knowledge Management in Your Organization: Characteristics of Wiki Technology and Wiki Users*, 2010.

[17] I. Gartner. (2010). *Hype Cycle for Emerging Technologies, 2010*. Available: http://www.gartner.com/technology/research/methodologies/hype-cycle.jsp

[18] M. I. Muntean and D. A. Tarnaveanu, "Information Technology & Organizational Knowledge Management," in *Proceedings of the 13th Wseas International Conference on Computers*, N. E. Mastorakis, V. Mladenov, Z. Bojkovic, S. Kartalopoulos, A. Varonides, M. Jha, and D. Simian, Eds., ed, 2009, pp. 335-339.

[19] B. Khoo, G. Forgionne, and P. Harris, "Enterprise decision support systems integration: an object request broker approach," *Global Journal of Business Research (GJBR),* vol. 3, pp. 23-38, 2009.

[20] L. A. Machi and B. T. McEvoy, *The Literature Review*: Corwin, 2009.

[21] H. Arksey and L. O'Malley, "Scoping studies: towards a methodological framework," *International Journal of Social Research Methodology,* vol. 8, pp. 19 - 32, 2005.

[22] M. Petticrew and H. Roberts, *Systematic Reviews in the Social Sciences: A Practical Guide*, First ed. Malden: Blackwell, 2006.

[23] P. D. Rumrill, S. M. Fitzgerald, and W. R. Merchant, "Using scoping literature reviews as a means of understanding and interpreting existing literature," *Work-a Journal of Prevention Assessment & Rehabilitation,* vol. 35, pp. 399-404, 2010.

[24] S. Anderson, P. Allen, S. Peckham, and N. Goodwin, "Asking the right questions: scoping studies in the commissioning of research on the organisation and delivery of health services," *Health Res Policy Syst,* vol. 6, p. 7, 2008 Jul 2008.

[25] A. H. Landa, I. Szabo, L. Le Brun, I. Owen, and G. Fletcher, *Evidence Based Scoping Reviews*. Nr Reading: Academic Conferences Ltd, 2010.

[26] R. Johnston, V. Crooks, J. Snyder, and P. Kingsbury, "What is known about the effects of medical tourism in destination and departure countries? A scoping review," *International Journal for Equity in Health,* vol. 9, p. 24, 2010.

[27] P. M. Wilson, M. Petticrew, M. W. Calnan, and I. Nazareth, "Disseminating research findings: what should researchers do? A systematic scoping review of conceptual frameworks," *Implementation Science,* vol. 5, Nov 2010.

[28] R. Ganann, D. Ciliska, and H. Thomas, "Expediting systematic reviews: methods and implications of rapid reviews," *Implementation Science,* vol. 5, pp. 10-19, Jul 2010.

[29] K. Davis, N. Drey, and D. Gould, "What are scoping studies? A review of the nursing literature," *International Journal of Nursing Studies,* vol. 46, pp. 1386-1400, Oct 2009.

[30] R. Bowles, J. Akpokodje, and E. Tigere, "Evidence-Based Approaches to Crime Prevention in Developing Countries," *European Journal on Criminal Policy and Research,* vol. 11, pp. 347-377, 2005.

[31] M. I. Barber and R. H. Weston, "Scoping study on business process reengineering: Towards successful IT application," *International Journal of Production Research,* vol. 36, pp. 575 - 601, 1998.

[32] Thomson Reuters. (2011). *ISI Web of Knowledge - Web of Science*. Available: http://apps.isiknowledge.com/

[33] IEEE. (2011). *IEEE Xplore Digital Library*. Available: http://ieeexplore.ieee.org/

[34] EBSCO. (2011). *EBSCOhost Research Databases*. Available: http://web.ebscohost.com/

[35] L. Weng and B. Weng, "Research on Enterprise ITSM Knowledge Management Model," in *Management and Service Science, 2009. MASS '09. International Conference on*, 2009, pp. 1-4.

[36] H. Kojima, H. Sakai, and N. Yamasaki, "A study of virtualized server usage to support collaborative learning," in *Aware Computing (ISAC), 2010 2nd International Symposium on*, 2010, pp. 239-244.

[37] J. R. Lee, S. C. Chang, F. H. Su, C. M. Fan, and Ieee, *Service oriented platform design for collaborative engineering data analysis*, 2007.

[38] L. Mancilla-Amaya, C. Sanin, and E. Szczerbicki, "Smart Knowledge-Sharing Platform for E-Decisional Community," *Cybernetics and Systems,* vol. 41, pp. 17-30, 2010.

[39] J. W. Gabberty and J. D. E. Thomas, "Knowledge Management Research Imperatives Governing Multinational Corporation Expansion. (cover story)," *Multinational Business Review,* vol. 15, pp. 105-128, Fall2007 2007.

[40] J. Blaskovich and N. Mintchik, "Information Technology Outsourcing: A Taxonomy of Prior Studies and Directions for Future Research," *Journal of Information Systems,* vol. 25, pp. 1-36, Spring2011 2011.

[41] T. L. Griffith and J. E. Sawyer, "Changing perceptions - and triggering innovation," *Ivey Business Journal,* vol. 72, pp. 2-2, 2008.

[42] A. Vaccaro, F. Veloso, and S. Brusoni, "The impact of virtual technologies on knowledge-based processes: An empirical study," *Research Policy,* vol. 38, pp. 1278-1287, Oct 2009.

Redes Sociais da Internet no Agronegócio Brasileiro: Conhecimento, Webometria e Interacção

André Luiz Zambalde
Departamento de Ciência da Computação
Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais, Brasil
CAPES BEX 5529/09-3
zamba@dcc.ufla.br

Miguel de Castro Neto
Instituto Superior de Estatística e Gestão de Informação
Universidade Nova de Lisboa, Portugal
mneto@isegi.unl.pt

Paulo Henrique de Souza Bermejo
Departamento de Ciência da Computação
Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais, Brasil

Adriano Olimpio Tonelli
Departamento de Ciência da Computação
Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais, Brasil

Resumo - **O Brasil é um país em desenvolvimento que se encontra em meio a importantes mudanças sociais, econômicas, tecnológicas, culturais e educacionais. Nos campos da tecnologia e da educação, a difusão e o intercâmbio de informação e conhecimento tem sido uma das principais preocupações de instituições públicas e privadas, especificamente no que diz respeito às áreas e setores do agronegócio. O presente trabalho buscou analisar aspectos de conteúdo e desempenho de redes sociais da internet no agronegócio brasileiro. Tomou-se como unidades de estudos 10 websites de redes sociais envolvendo as áreas de Agronomia, Biologia, Meio Ambiente, Defesa Agropecuária, Extensão Rural e Educação Rural. Uma pesquisa de caráter exploratório-descritivo, fundamentada em referencial bibliográfico e documental, com abordagem qualitativa no que diz respeito a interpretação e descrição dos conteúdos dos websites, e matemática considerando a realização de análises webométricas e de redes sociais, apoiadas por ferramentas de software e da internet. Como resultados apresentam-se: i) a caracterização detalhada dos websites investigados, ii) os indicadores webométricos de cada um dos websites, e iii) a análise da rede social formada pelos 10 websites.**

Palavras-Chave - Agronegócio; Redes sociais; Webometria; Tecnologia da informação; Internet.

I. INTRODUÇÃO

Com uma população de aproximadamente 191 milhões de habitantes, o Brasil é a décima economia mundial. De dimensão continental, em seus 8,5 milhões de quilômetros quadrados, comporta uma ampla rede de negócios agropecuários de base empresarial e familiar.

O agronegócio é responsável por 25% do Produto Interno Bruto (PIB), 30,3% das exportações e 37% dos empregos brasileiros [1].

Portugal [2], analisando as variáveis tecnológicas e político-institucionais, do segmento familiar da agropecuária brasileira chama a atenção para dois fatores fundamentais para o seu desenvolvimento: a) a massificação da informação organizada e adequada, usando meios de comunicação em massa, como TV, rádio, Internet e telefonia celular, visando principalmente a interação e a geração de conhecimento; e b) a melhoria da capacidade organizacional dos produtores com o objetivo de ganhar escala, buscar nichos de mercado, agregar valor à produção e gerar inovações alternativas à sua sobrevivência.

As observações de Portugal [2] nos levam a refletir sobre as Tecnologias de Informação (TI) no agronegócio brasileiro. Conforme informa BRASIL [1], o país possui 50 milhões de computadores instalados, 40 milhões de internautas. Sendo o país com maior número de usuários de Internet da América Latina e 11o no mundo. Líder mundial em tempo de conexão na internet, com 23h48 por mês. É o 2o país do mundo em redes de relacionamento, com mais de 30 milhões de internautas.

Neste contexto, um dos desafios investigativos que se apresenta diz respeito ao tema redes sociais na internet no agronegócio Brasileiro. É pertinente afirmar que são praticamente inexistentes os estudos e publicações sobre o tema, particularmente nas vertentes do agronegócio e da agricultura de base econômica familiar no país. Assim, numa abordagem exploratória e preliminar, o presente trabalho procura investigar o assunto. Tem-se como objetivo analisar aspectos de conteúdo e desempenho de redes sociais na internet no agronegócio brasileiro, tomando-se como unidades de estudo 10 websites de redes sociais envolvendo as áreas de Agronomia, Biologia, Meio Ambiente, Defesa Agropecuária, Extensão e Educação Rural.

II. REFERENCIAL TEÓRICO

A. Redes sociais na internet

Historicamente, a metáfora da rede foi utilizada pela primeira vez pelo matemático Leonard Euler que em um de seus trabalhos científicos, publicado em 1736, demonstrou que cruzar sete pontes de um rio de sua região sem jamais repetir um caminho seria impossível, criando o primeiro resultado da teoria dos grafos [3]. Nesta perspectiva, surge o conceito de redes sociais, utilizado para designar um conjunto complexo de relações (ligações, links ou arestas e fluxos), entre membros de

um sistema social (atores ou nós – indivíduos, empresas, instituições, websites, entre outros) a diferentes dimensões.

Segundo Marteleto [4], a rede é uma estrutura não-linear, descentralizada, flexível, dinâmica, sem limites definidos e auto-organizável que se estabelece-se por relações de troca e cooperação. Conforme Recuero [5], um conjunto de dois ou mais elementos denominados atores ou nós (pessoas, organizações ou grupos) e suas conexões, ligações, arestas ou links (relações, interações ou laços sociais). Por outro lado, as redes sociais na internet, são redes de atores formadas pela interação social mediada por computadores e ou sistemas eletrônicos/computacionais, tais como telefones, Ipads e smartfones. Para [5], "no caso de redes sociais na internet, tem-se uma abordagem de rede que fornece ferramentas únicas para o estudo dos aspectos sociais do ciberespaço: permite estudar, por exemplo, a criação de estruturas sociais; suas dinâmicas, tais como a criação de capital social e sua manutenção, a emergência da cooperação e da competição; as funções das estruturas e, mesmo, as diferenças entre os variados grupos e seu impacto nos indivíduos".

De acordo com Teles [6], as redes sociais na internet são ambientes que reúnem pessoas ou organizações (membros), que, uma vez inscritos, podem expor seu perfil com dados e informações como fotos, textos, mensagens, vídeos, além de interagir com outros membros, criando listas, fóruns, comunidades e ou grupos. Conforme o autor tem-se: i) as redes de massa ou horizontais que geralmente conectam membros que se conhecem (ou não); e ii) as redes de nicho ou verticais, que conectam aqueles que tem interesses comuns.

B. Redes sociais no agronegócio

Segundo Villela [7] "está-se construindo uma malha infoviária e uma cultura de uso da TI e da Internet no agronegócio no mundo de dimensões sem precedentes e, provavelmente, a única chance de nós, brasileiros, disputarmos uma fatia deste bolo da nova economia ou até mesmo sobrevivermos num ambiente tão competitivo, é deixarmos de correr atrás do trem, tentando alcançá-lo, para corrermos em direção a alguns pontos futuros onde o trem poderá passar e ai sim, tomarmos a dianteira dos rumos da história".

Um desses pontos futuros são as redes sociais na internet. De acordo com Brito et al. [8], "as oportunidades de agregação de valor ao negócio por meio da internet e, particularmente, das redes sociais, são múltiplas". Estas redes podem trazer contribuições significativas para o estímulo e disseminação de inovações e, principalmente, para uma integração ainda mais ágil e robusta da longa cadeia produtiva brasileira que envolve empresários e agricultores de base familiar, objetivando fazer chegar o alimento do campo à mesa, aos consumidores finais.

C. Webometria e análise de redes sociais (ARSM)

Segundo Abraham [9], webometria é uma técnica que estuda a relação entre os elementos da Web: uma rede composta por nós e conexões, onde os nós correspondem aos domínios, websites e páginas e as conexões às ligações ou links que se estabelecem entre tais nós.

Há uma infinidade de medições e classificações importantes que podem ser realizadas no campo da webometria, como: a freqüência de distribuição das páginas no ciberespaço; as classificações e proporções de páginas pessoais, comerciais e institucionais; os pesos dos setores público e privado; o tamanho de uma página em bytes; o numero médio de links por página e a densidade média por link. Outras possibilidades envolvem: o estudo do comportamento dos usuários na Web; as relações que se estabelecem em torno de um documento ou website (com o lugar, tempo, língua e assuntos); e a relevância e o lugar que ocupa determinado website ou página no espaço Web [10][11][12][13].

Conforme Vanti [10], grande parte dessas medições tem relação direta com os links. Para as mais diversas manipulações e medições relacionadas aos links, tais como efetuar uma busca, extração, quantificação, representação ou visualização das informações disponíveis na Web, existem ferramentas específicas. Estas são os motores de busca, os programas mapeadores e os programas para representação e visualização de redes.

Motores de busca e programas mapeadores nos permitem trabalhar com indicadores os quais denominamos Webométricos. Estes indicadores são: tamanho dos websites; visibilidade ou popularidade; fator de impacto Web; luminosidade e densidade média por link ou densidade hipertextual [14]. O Tamanho do web site é a soma de todas as páginas que fazem parte do mesmo domínio. A Visibilidade ou popularidade diz respeito ao número de links recebidos pelo website analisado, desconsiderados os links internos e auto-links. Trata-se de uma medida para saber o quanto um website é popular e que ajuda nos rankings dos principais motores de busca. O Fator de impacto Web (FIW) indica as citações de um website por outros, análoga àquela do fator de impacto dos periódicos [15]. O fator de impacto web corresponde a soma do número de links contidos em páginas web externas e internas de um website dividido pelo número de pátinas deste website (FIW = Visibilidade/Tamanho). Ele indica a atratividade ou influência de determinado website. A Luminosidade é definida como o número de links externos que apresenta um website, apontando para URLs diferentes que são, geralmente, de websites congêneres. Mede o grau de conectividade na Web. Densidade média por link ou Densidade hipertextual define a relação estabelecida entre o número de páginas do website e a quantidade de links que este website apresenta como um todo (tamanho). Normaliza, em um único valor, duas informações: tamanho e quantidade de links.

Finalmente, os programas de análise e visualização de redes, como o Pajek (http://vlado.fmf.uni-lj.si/pub/networks/pajek) e o Ucinet (http://www.analytictech.com), são instrumentos que permitem representar de forma simples as diversas relações estabelecidas entre os diversos atores (websites, membros, grupos, entre outros) de uma rede. De acordo com Vanti [10], "a visualização das redes sociais e a análise de suas propriedades (ou indicadores) por meio de ferramentas de software associadas é um dos campos de trabalho da "análise de redes sociais" (ARS ou SNA), por incorporar aos desenhos conceituais oferecidos por tais softwares o princípio

sociológico, tendo como fundamento o valor dos vínculos e guardando, sobretudo, uma relação muito estreita com a teoria dos grafos do campo da matemática". Conforme Molina [16], a análise de redes sociais é, portanto, o estudo das relações entre uma série definida de elementos – membros, pessoas, grupos, organizações, países e também acontecimentos – permitindo construir matrizes e gráficos, além de analisar alguns indicadores básicos.

Aires et al. [17] especifica alguns destes indicadores, relacionados a medidas de centralidade: i) Densidade (density): representa a divisão entre número de relações existentes e as possíveis em uma rede. Indica se a rede tem uma alta ou baixa conectividade; ii) Grau de centralidade (centrality degree): diz respeito ao número de atores aos quais um ator está diretamente ligado. iii Grau de intermediação (betweenness): expressa o controle da interação, ou seja, a possibilidade que um nó tem para intermediar interações. Nesta análise pode-se encontrar os caminhos geodésicos entre todos os pares possíveis de nós. Esta medida de intermediação é obtida contando-se as vezes que um nó aparece nos caminhos (geodésicos) que ligam todos os pares de nós da rede; iv) Grau de proximidade (closenness): é a capacidade de um nó se ligar a todos os outros atores de uma rede, calculada a partir da contagem das distâncias geodésicas de um ator para se ligar aos restantes.

III. Material e Métodos da Pesquisa

O material com o qual se trabalhou nesta investigação foram os websites de redes sociais na internet direcionados ao agronegócio brasileiro (redes sociais de nicho ou verticais). Um total de 10 websites, sendo os mesmos descobertos a partir de pesquisa na Internet. Esta pesquisa, intencional, fundamentou-se no uso de motores de busca como Google, Altavista e Yahoo, bem como em redes sociais de massa (ou horizontais) - Facebook, Orkut, Likedin, Peabirus e Ning. Foram consideradas palavras chave específicas relacionadas a redes sociais, agronegócio, agricultura, pecuária e agropecuária.

Visando uma abordagem exploratória, foram selecionados os websites relacionados a Rede Ning, que são: Rede dos engenheiros agrônomos do Brasil; Rede social do bambu; Rede Biologos – Bio; Rede Educação do Campo; Rede de inovação tecnológica para a defesa agropecuária; Rede lavouras do Brasil; Rede meio ambiente terra Brasilis; Rede permacultura social brasileira/PSB; Rede plante árvore; e Rede terra – desenvolvimento sustentável e apoio a agricultura familiar.

Todas as investigações junto aos websites destas redes sociais da internet no agronegócio brasileiro foram realizadas no período de 12/2010 a 01/2011.

Nas análises webométricas foram utilizados os motores de busca Google (www.google.com.br) e Altavista (www.altavista.com.br), a ferramenta gratuita de análise de popularidade do website "SEOCentro - web marketing resources" (www.seocentro.com/tools/search-engines/link-popularity.html) , o mapeador Xenu Link Steuth (home.snafu.de/tilman/ xenulink.html) e o website de análise de links "Open Site Explorer" (http://www. opensiteexplorer.org/). Estas ferramentas auxiliaram na descoberta dos seguintes indicadores: tamanho do website de rede social, visibilidade ou popularidade do website, fator de impacto web, luminosidade e densidade média por link.

O Tamanho do website representa o número total de páginas deste no período de consulta. Para a sua descoberta, utilizou-se a opção de "Pesquisa avançada" do Google.

O segundo indicador foi o de Visibilidade ou popularidade. Este indicador possibilita saber quais os websites mais acessados (linkados) por outros na Web. Para esta tarefa foi utilizada a ferramenta gratuita de análise de popularidade do website SEOCentro. Esta ferramenta permite a apresentação de um relatório de pesquisa, sob a forma de tabelas, onde se encontram os dados de Visibilidade ou Popularidade de um determinado website segundo diferentes motores de busca (Google, Yahoo!, Live, AllTheWeb e Altavista). O valor que será levado em consideração neste trabalho será o maior apresentado na Tabela SEOCentro, ou seja, o do motor de busca que apresentar o maior valor.

No que se refere ao terceiro indicador, o Fator de Impacto Web (FIW), este resulta da divisão do número de websites que conectam (likam) um website (Visibilidade), pelo número de páginas deste espaço (Tamanho). Portanto, este indicador para o website exemplo Ripa foi calculado da seguinte forma:

Para o cálculo dos indicadores de Luminosidade e Densidade media por link foi utilizado o software mapeador Xenu Link Steuth (home.snafu.de/tilman/xenulink.html). Nesta pesquisa é utilizada a Versão Xenu's Link Sleuth 1.3.8. O Xenu foi escolhido por se tratar de uma potente ferramenta, útil para verificação, contabilização e análise de links, além do fato de oferecer uma interface intuitiva, de fácil manipulação e apresentar os resultados de forma simples. Sua única limitação deste software refere-se ao elevado tempo ou travamento quando da análise de websites de grande tamanho ou volume de links Após definir o endereço do website, com as opções configuradas no modo padrão, o programa inicia o mapeamento do website. A Figura 4 ilustra o uso do Xenu para o website exemplo Ripa.

A partir destes valores efetua-se o cálculo da Densidade Média por Link (DML) ou Densidade Hipertextual, que corresponde à divisão entre a quantidade de links que este website apresenta como um todo (1226) e o Tamanho ou o número total de paginas do website (2370). O valor do indicador DML calculado para o website exemplo Ripa foi de 0.52.

Finalmente, com relação à análise e visualização de interações e relacionamentos dos websites do agronegócio ou análise de redes sociais (SNA) utilizou-se: i) técnicas de análise de co-link ou interlink, com o apoio do mecanismo de busca Altavista, além de um estudo de conteúdo relacionado realizado pelo pesquisador; ii) os programas de matriz de dados Ucinet e de visualização NetDraw; e iii) algumas formulações matemáticas originárias dos mapas de relações e interações entre os websites.

A análise de Co-link (Link: URLx Link:URLy) permite investigar todas as páginas que contém links relacionados a determinado endereço investigado na web. A análise de Interlink (Link:URLx Host:URLy) permite investigar as listas de páginas de um determinado website (host) que contém links

para o website investigado. O estudo e a aplicação destas duas técnicas aos websites investigados, associado às relações de conteúdo feitas pelo pesquisador, permitiu montar a matriz de dados de interações do Ucinet.

O Ucinet pode dispor, assim, de uma estrutura que permite trabalhar com matriz de dados (cruzamentos) refletindo as relações que mantêm entre si os websites. Por outro lado, o NeDraw é um programa que permite importar dados do Ucinet e criar diagramas de relações entre os websites das redes sociais, que podem ser salvos com formato, cores, nome de websites, entre outras opções. São, portanto, programas de análise e visualização, que transformam os dados em matrizes reticulares e em gráficos que representam as relações sociais entre as redes (Figura 1).

Finalmente, após a análise gráfica da rede de interações, chegou-se a formulação matemática dos dados da rede social, ou seja, ao cálculo e detalhamento dos principais indicadores relacionados às interações entre os websites. Estes indicadores foram os seguintes: densidade de uma rede (relações existentes x relações possíveis), grau de centralidade (relacionamento por website – entradas e saídas), índice de centralização (papel exercido pelos atores); grau de intermediação (nível de comunicação dos atores) e grau de proximidade (capacidade de ligação de um website ao todos os demais da rede). Estes resultados são apresentados neste trabalho sob a forma de Quadros, gerados pelo UCINET, com a adequada descrição e análise de sua formulação.

IV. Resultados e Conclusões

A. *Caracterização dos websites de redes sociais no agronegócio*

Foram 10 (dez) os websites de redes sociais investigados no contexto do agronegócio brasileiro, com um total de 21.178 membros envolvidos em 461 grupos, centenas de fóruns de discussão e milhares de páginas de conteúdo textual e multimídia. São redes que têm características e abordagens diferenciadas de interação, conteúdo e difusão. Tem-se aquelas que tratam de temas relacionados a vida acadêmica e formação profissional (conteúdo, cursos e eventos), mercado de trabalho (concursos e oportunidades de emprego), além de legislação, pesquisa e desenvolvimento (legislação profissional, legislação agropecuária). Por outro lado, algumas redes estão mais próximas às atividades de extensão rural e à cadeia produtiva agrícola. Enquanto isto, outras redes se dedicam a educação, sustentabilidade e meio ambiente. Por último, o termo permacultura diz respeito a um método holístico para planejar, atualizar e manter sistemas de escala humana (jardins, vilas, aldeias e comunidades) ambientalmente sustentáveis, socialmente justos e financeiramente viáveis.

B. *Webometria dos websites de redes sociais no agronegócio*

A webometria, conforme referencial teórico, trata dos aspectos quantitativos relacionados a construção e ao uso dos websites no contexto da Web, compreendendo áreas relacionadas a análise de conteúdo das páginas, estrutura dos links, características de uso e desempenho de tecnologias.

TABLE I. Redes sociais no agronegócio brasileiro: identificação, características e composição

Nome do Website	Membros	Grupos
Biólogos.bio http://biologos.ning.com SnaBiol	4443	188 Comunidades
Rede de Inovação Tecnológica para a Defesa Agropecuária. http://inovadefesa.ning.com SnaInov	4172	123
"PSB" – Permacultura Social Brasileira http://permaculturabr.ning.com SnaPerm	2808	26
Rede Social do Bambu http://bamboo.ning.com SnaBamb	2714	17 Comunidades
Plante Árvore: a cada membro 1 árvore é plantada. http://plantearvore.ning.com SnaPlan	2550	39
Lavouras do Brasil Comunidade http://lavourasdobrasil.ning.com SnaTill	2299	12
Agronomia: Rede dos Engenheiros Agrônomos do Brasil http://agronomos.ning.com SnaAgron	1435	40
Rede Terra http://redeterra.ning.com SnaLand	430	14
Educação do Campo: Direito nosso, dever do Estado. http://educampo.ning.com SnaEduc	251	1 Blog
Meio Ambiente Terra Brasilis http://mambientbrasilis.ning.com SnaEnvi	76	1 Blog

Tamanho dos websites - a rede social com maior tamanho é a Rede de Inovação Tecnológica para a Defesa Agropecuária (RITDA). Este indicador é importante particularmente quando da determinação do ranking de páginas Web (Google) e, também, no cálculo do Fator de impacto Web. Cabe lembrar que a RITDA é também a rede com maior número de membros. Por outro lado, a Rede Social Meio Ambiente Terra Brasilis, alcançou uma soma de 205 páginas, sendo a de menor potencial com respeito soma das páginas de domínio.

TABLE II. Redes sociais no agronegócio brasileiro: Medidas (Jan/2011)

Nome	Tamanho	Visibilidade ou Popularidade	Visibilidade/ Tamanho	FIW
SnaAgron	4420	72	72/4090	0.017
SnaBambu	8030	3020	3020/8030	0.376
SnaBiol	6580	56	56/767	0.073
SnaEduc	767	10	10/644	0.015
SnaEnvi	205	4	4/205	0.019
SnaInov	31800	5210	5210/31800	0.163
SnaLand	644	108	108/4420	0.024
SnaPerm	6750	370	370/6750	0.054
SnaPlan	4090	1550	1550/6.580	0.235
SnaTill	5390	1510	1510/5390	0.280

Nome	Luminosidade	Total de Link/Tamanho	DML
SnaAgron	3433	47738/4420	10.80
SnaBambu	12352	34579/8030	4.31
SnaBiol	5864	10284/6580	1.56
SnaEduc	219	28476/767	37.13
SnaEnvi	4195	18817/205	91.79
SnaInov	7499	13988/31800	0.44
SnaLand	4695	17031/644	26.45
SnaPerm	5066	12121/6750	1.79
SnaPlan	9314	21656/4090	5.29
SnaTill	10780	17122/5390	3.18

Visibilidade ou popularidade dos websites - permite saber quais os websites mais acessados por outros da Web, ou seja, ao número de links recebidos pelo website, desconsiderando os autolinks. Como se pode observar na Tabela 2, a Rede de inovação tecnológica para a defesa agropecuária mantém-se na primeira posição, ou seja, é o website mais acessado, dentre os websites em estudo. A rede Meio Ambiente continua na última posição. Entretanto, houve uma mudança significativa na posição da rede Plante Arvore, que tem um número de acessos superior Biólogos, Lavoura e Agrónomos.

Fator de impacto Web (FIW) - corresponde a divisão do número de websites que conectam a rede (Visibilidade) pelo número de páginas do website da rede social (Tamanho). Ele indica o website de maior atratividade, entre todos os 10 analisados. No caso em estudo, a rede social de maior fator de impacto é a Bambu, seguida da Lavouras do Brasil e Plante Árvore. Cabe observar que a relação visibilidade/tamanho, levou a RITDA para a quarta posição.

Luminosidade - é o indicador que representa o número de links que um website inclui nas suas páginas Web, direcionadas a outros websites e é calculado com o programa mapeador Xenu. A Rede social bambu é a que apresenta o maior índice de luminosidade, ou seja, é a rede tem o maior número de endereços URLs direcionados a outros websites na Web. Ela é seguida pela Rede Terra. Cabe observar que o estudo realizado com o Xenu revelou que as redes sociais estudadas mantém grande número de apontadores direcionados aos websites de redes e mídias sociais de massa. Neste sentido, os websites mais "apontados" são o Facebook e o Twitter.

Densidade Média por Link (DML) - este indicador corresponde a divisão entre a quantidade de links que o website apresenta como um todo ou número total de links e o Tamanho ou número total de páginas do website em análise. Observa-se que a normalização, via fator de impacto, mostra as discrepâncias existentes entre os websites, permitindo um comparativo e visão de relações entre tamanho e links.

C. Análise de redes sociais (SNA) dos websites do agronegócio

Para a análise de redes sociais (SNA), optou-se por trabalhar com as medidas de centralidade, especificadas no referencial teórico. Para o levantamento das interações entre os websites, foi utilizado o software UCINET, criou-se a matriz de dados, correspondente às interações que mantêm entre si os 10 websites investigados. Com os dados na matriz, buscou-se a construção da rede de relações entre os websites de redes sociais do agronegócio brasileiro. Foi utilizado o software NETDRAW, que é o gerador de relações da matriz de dados. A Figura 1 apresenta o diagrama de relações entre os websites

Uma abordagem visual, preliminar, nos permite observar que o website de rede social Educação do Campo (SnaEduc) não possui relacionamentos com os demais. Além disso, o website Permacultura social brasileira (SnaPerm) parece ser o que possui o maior número de relações com os demais websites. Entretanto, a análise visual não é a mais adequada, especialmente quando o número de atores (no caso websites) for muito grande. Assim, apresenta-se, na sequência, a análise das medidas de centralidade da rede. Os indicadores são os de densidade, centralidade, centralização, intermediação e proximidade.

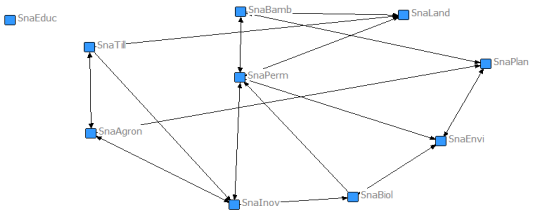


Figure 1. Redes sociais no agronegócio brasileiro: diagrama de relações entre os websites

Densidade da rede (density)

O indicador de Densidade de rede possibilita estabelecer o grau de conectividade dos websites das redes sociais em estudo. O seu cálculo é feito dividindo o número de relações existentes entre as possíveis e multiplicando por 100 (D = RE/RP *100). O cálculo do total das relações possíveis faz-se multiplicando o número total de nós (websites) pelo número total de nós menos 1 (RP = NTN * (NTN-1)). Como na nossa rede há um total de 10 nós e 24 relações das 90 possíveis, a Densidade de rede é igual a 26.67 %. Este valor é razoável, em se tratando de um número limitado de websites e considerando os conteúdos e os seus diferenciados perfis.

Grau de centralidade (centrality degree)

Este indicador corresponde ao número de atores (websites) aos quais um ator (website) esta diretamente ligado. O grau de centralidade pode ser calculado para cada website utilizando-se o software UCINET. No caso em análise, os websites de Permacultura (SnaPerm) e Rede de Inovação para a defesa agropecuária (SnaInov) apresentam o valor mais elevado (44.44%).

Grau de intermediação (betweenness)

Diz respeito à possibilidade que um nó (website) tem para intermediar as comunicações entre pares de nós, permitindo uma avaliação dos caminhos geodésicos entre todos os pares possíveis. Assim, para que um nó (website) tenha um grau de intermediação numa rede, este deve ter pelo menos um grau de entrada e de saída e estar nos caminhos geodésicos entre os pares de nós que querem se ligar. Como são websites independentes, vale a pena ilustrar como o UCINET atende a este tipo de cálculo para a rede em estudo. Assim, tem-se o valor do grau de intermediação mais elevado para as redes de Permacultura (SnaPerm – 26.1%) e Rede de defesa agropecuária (SnaInov – 24.5%).

Grau de proximidade (Closenness)

O grau de proximidade é a capacidade de um website se ligar a todos os atores da rede. Calcula-se se contando as distâncias geodésicas de um ator para se ligar a outro. Tem-se que valores altos de proximidade indicam uma melhor

capacidade dos nós (websites) se ligarem com os componentes restantes da rede. Considerando o grau de proximidade de entrada (inclosenness), pode-se observar que a Rede Permacultura (SnaPerm) obteve o melhor valor, ou seja, 40.909, seguido da Rede de Inovação tecnológica para a defesa agropecuária (SnaInova = 39.130) e das Redes Plante Árvore e Terra (SnaPlan = SnaLand = 37.500). Enquanto isto, a Rede Educampo (SnaEduc = 10.00) tem o menor grau de proximidade. Sabe-se que a Rede Educampo, conforme diagrama de relações, não se conecta aos demais websites.

V Considerações Finais

Este estudo exploratório sobre redes sociais no agronegócio brasileiro e seus componentes de conhecimento, webometria e análise de redes sociais, permitiu investigar e apresentar um contributo de opções possíveis para pesquisas e análises envolvendo os websites e a Web.

No que diz respeito ao conhecimento, foram descobertos e descritos 10 websites direcionados ao agronegócio, representando redes sociais de nicho ou verticais, disponibilizadas a partir das ferramentas de uma rede social de massa ou horizontal, a Rede Ning. Os websites das redes sociais do agronegócio são voltados às áreas de formação profissional (Agronomos, Biologos e Defesa agropecuária); extensão rural e produção agrícola (Bamboo e Lavouras do Brasil) e educação, sustentabilidade e meio ambiente (Educampo, Plante Arvore, Rede Terra, Meio Ambiente Brasilis e Permacultura). Basicamente, tem interfaces de software padrão, com página inicial contendo os seguintes elementos: "Principal, Meu Perfil, Membros, Multimidia, Eventos, Grupos (comunidades ou blogs), Forum, Bate Papo, Contatos e Registro". Estes websites envolvem um total de 21.178 membros, com 461 grupos, centenas de fóruns de discussão e milhares de páginas de conteúdo textual e multimídia.

Quanto as análise Webométricas, foi possível definir o conceito e os indicadores relacionados à webometria e aplicá-los as redes sociais do agronegócio em estudo. Tais indicadores fundamentais na hora de mensurar os recursos informacionais de um espaço Web e foi efetivamente possível testar a sua aplicabilidade. Os valores obtidos destacaram um melhor desempenho dos websites: "Rede de Inovação para a Defesa Agropecuária – SnaInov", "Rede Permacultura Social Brasileira – SnaPerm" e "Rede Social do Bambu – SnaBamb". No caso do indicador "Fator de Impacto Web - FIW" o qual alguns autores costumam relacionar com o "Fator de impacto de periódicos", calculado pelo ISI, neste estudo isto não se revelou pertinente. Situação semelhante verificou-se no caso da "Densidade Média dos Links – DML".

Finalmente, com relação à Análise de redes sociais (SNA ou ARS), foi possível criar a matriz reticular de dados, o diagrama de relações entre os website e realizar cálculos relativos as medidas de centralidade. Tais medidas trouxeram, novamente, como destaque os websites das Redes de Inovação para a Defesa Agropecuária – SnaInova e Permacultura Social Brasileira – SnaPerm. Entretanto, cabe observar que são redes independentes e de apontamento diverso, ou seja, o ideal seria uma análise de redes sociais específico para cada um dos websites, considerando as relações entre seus membros, os grupos e comunidades formadas e as intervenções nos diversos grupos de discussão.

Agradecimentos

Agradecemos o apoio da CAPES-Brasil – BEX-Estagio Senior – Meio Ambiente e Ciências Agrárias.

References

[1] BRASIL. República Federativa do Brasil – Presidência da República. Secretaria de Comunicação Social. Brasília: DF, Março de 2009.

[2] PORTUGAL, A.D. O desafio da agricultura familiar. Revista Agroanalysis. pp 12-32, 07 mar. 2004. São Paulo: SP, 2004.

[3] BARABÁSI, A. L. Evolution of the Social Network of Scientific Collaborations. Physica A, 311. 2003.

[4] MARTELETO, R. M. Análise de redes sociais: aplicação nos estudos de transferência da informação. Ciência da Informação. Brasília. V. 30, No. 1, pp. 71-81, Jan./Abr. 2001.

[5] RECUERO, R. Redes sociais na internet. Porto Alegre:RS: Editora Sulina. (Coleção Cibercultura), 191 p. 2009.

[6] TELLES, A. A revolução das mídias sociais: estratégias de marketing digital para você e sua empresa. São Paulo/SP: Makron Books do Brasil, 2010.

[7] VILLELA, P. O Impacto da Internet no Agronegócio. CNPq-Softex, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, 2000.

[8] BRITO, A. C.; ALMEID, C. C.; BRITO, A. C. O agronegócio é mais negócio com as redes sociais. São Paulo/SP: Terra Forum Consultoria, 2011. Disponível em http://biblioteca.terraforum.com.br/BibliotecaArtigo/agronegocios.pdf. Consultado em 14/01/2011.

[9] ABRAHAN, R. Webometry: measuring the complexity of the World Wide Web. Basead on a talk in Vienna at FIS96, 6.15.96. Apperared in World Futures, 1997. http://depleafproductions.com/utopicalibrary/text/abraham-web.html.

[10] VANTI, N. Links hipertextuais na comunicação científica: análise webométrica dos sítios acadêmicos latino-americanos em Ciências Sociais. Porto Alegre/RS: UFRGS, 2007. Tese de Doutorado - Programa de Pós-Graduação em Comunicação e Informação.

[11] WRIGHT, A. Forgotten forefather. Paul Otlet. Disponivel em: www.boxesandarrows.com/ archives/forgotten_forefather_Paul_Otlet.php. 2003. Acesso em 12/2010.

[12] BJORNEBORN, L.; INGWERSEN, P. Perpectives of webometrics. Scientometrics, V. 50, No. 1, PP. 65-82, 2001.

[13] ALMIND, T. C.; INGWERSEN, P. Informetric analyses on the world wide web: methodological approaches to "Webometrics". Journal of Documentation, V. 53, No. 4, p. 404-426, 1997.

[14] EICSTES Project. European indicators, cyberspace and the Science technology economy system. 2000-2004. Disponivel em http://www.eicstes.org/index.htm.

[15] INGWERSEN, P. The calculation of Web impact factors. Journal of Documentation, V. 54, No. 2, pp. 236-243, 1998.

[16] MOLINA, J. L. El análisis de redes sociales: una introducción. Barcelona: Edicions Bellaterra, 2001.

[17] AIRES, M. L. L.; LARANJEIRO, J. B.; SILVA, S. C. A. Manual introdutório à análise de redes sociais: medidas de centralidade. No Prelo. Outubro, 2006.

Evaluating external researchers impact on a research community social capital with social network analysis

Ana Sofia Ferreira
Instituto Superior de Estatística e Gestão de Informação
Universidade Nova de Lisboa
Lisboa, Portugal
m2008135@isegi.unl.pt

Miguel de Castro Neto
Instituto Superior de Estatística e Gestão de Informação
Universidade Nova de Lisboa
Lisboa, Portugal
mneto@isegi.unl.pt

Carlos Fernandes
Instituto Superior de Estatística e Gestão de Informação
Universidade Nova de Lisboa
Lisboa, Portugal
m2008135@isegi.unl.pt

Abstract— **Nowadays research institutions develop a significant amount of their activities financed by research grants and scholarships that sustain a constant human capital flow of temporary research labor. In this work and through the usage of Social Network Analysis we will study the impact of such policies in a research institution. This evaluation will be made through the use of social network analysis techniques applied to authorship data from papers published in international journals with refereeing covering the last twenty years of research activities from a Portuguese leading research institution in the field of telecommunications - Instituto de Telecomunicações (IT).**

Keywords - Social network analysis; Enterprise Information Portals; Community building

I. INTRODUCTION

Social networks are currently gaining increasing impact especially in the light of web-based services [1]. One of these web-based services are the Enterprise Information Portals (EIP). The most modern EIP are supported by data repositories where we can find information not only about the organization and its objectives, but also and more important about the people and the activities they undertake as well as the relations they establish between them along the way [2]. These data repositories can help to study the connections between network elements and understand: how a group of people are linked? Who is the person with more connections? Has this person the biggest number of work published? How we can measure the strength of which person in the network? These types of questions can be analyzed in different ways for different environments. In this case, the main objective is to analyze a researchers co-authorship network registered in a Portuguese research institution EIP. Furthermore, special attention will be given to the impact of external collaborators in community building and knowledge management. In summary, it will present field research results on evaluating knowledge management and human capital assets based on EIP data repositories using social network analysis.

The data used to build the social network was obtained from Instituto de Telecomunicações (IT) EIP backend database. By 31st December 2010, there were 240 papers published in international journals with refereeing involving IT researchers, covering the above-mentioned period. Based on the knowledge network constructed, we can analyze specific paths through which knowledge sharing occurred and by which knowledge capital was nurtured in this research community. More important, this work analyses not only the permanent IT research community, but the impact of all the network actors, including External Collaborators (such as PhD students, external researchers and teacher assistants). In this way, it will be possible to compare: how these elements can impact the researchers' network? Will we have the same results? What are the conclusions that we can derive from the External Collaborators role on IT research community development?

II. SOCIAL NETWORK ANALYSIS

Sociometric measurement started with things like this: how much "time" does an actor A spend with another actor B? He may spend half as much time with another actor C and three times as much time with another actor D. Or, what is the "spatial distance" between actors A, B, C and D in the course of the same situation and what effect have nearness or distance upon behavior and acting? Or, how frequently do two actors appear simultaneously in a scene and how frequently do the exit together? [3] These are some questions made by Jacob Levy Moreno in 1953 (Das Stegreiftheater). Since that time, authors like Jacob L. Moreno and Harrison C. White searched theories about groups that worked together. That was the birth of social network analysis.

Like Social network analysis we can define the study of social groups as networks of nodes connected by social ties. A network models a system composed of individual components (nodes) and their connections (ties). The shortest number of ties between two nodes is the path length between that pair. "Group" means the network as a whole, or the collection of potentially interacting individuals that are distinguished from

other such collections of individuals; the term "node" interchangeably with "individual", and "tie" with relationship [4].

This paper will focus on a research community that published work in international journal with refereeing. In that way, the group will be considered the researchers' network as a whole, nodes will be each researcher and ties will describe interactions between them trough co-authorship.

The interest in the nature and scale of scientific collaboration, including co-authorship, is growing, especially in the ways that knowledge creation and sharing processes unfold. One of the possible approaches to assess scientific collaboration is based on the assumption that co-authorship creates a social network of researchers that develops over time. If one maps the network of co-authorship, using SNA, it is possible to infer the structure of the collaboration that is taking place between the network members [5].

Technology development makes possible the creation of new communication tools. One of the biggest technological advancement is the Internet. A number of recent studies have focused in the statistical properties of networked systems such as social networks and the Worldwide Web [6]. This development allowed the growth of new ways to share knowledge and interaction between different people. Never like today it was so easy communicate with another person in the opposite point of the world. The distance between people is shorter than in the past. New platforms and ways of save data were created such as Enterprise Information Portals. EIP systems were pointed out as a technical solution to support organizations in their knowledge management initiatives.

III. IT Information Portal

IT (Instituto de Telecomunicações) Portal is a private and not-for-profit organization with the mission of creating and disseminating scientific knowledge in the field of telecommunications. IT scientific expertise, from which follow its main research and education activities, spans through the following wide areas: Wireless Communications; Network and Multimedia; Optical Communications; and Basic Sciences and Enabling Technologies. IT is spatially organized around three sites in Portugal: Aveiro, Coimbra, and Lisbon.

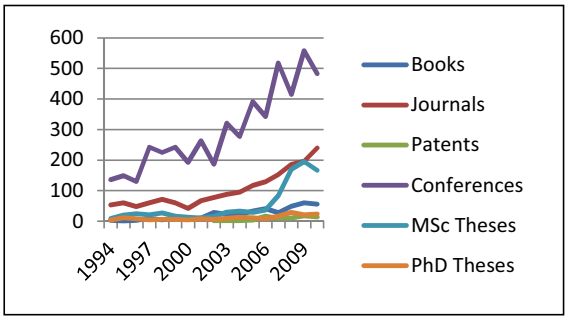


Figure 1. IT Scientific Output over time

Resulting from research activities IT presents different publications types: Books (Fully authored books, Editor books, and book chapter contributions), Journals (Papers in International refereed journals), Conferences (Communications in International and National refereed conferences, MSc (Concluded MSc Theses), and PhD (Concluded PhD Theses). This paper will focus on journal papers publication.

IV. Social Network Analysis

All the data registered in IT EIP backend database concerning IT human resources and their R&D activities includes information about co-authorship in the case of publications or team membership in the case of projects or patents. This information could play an important role in terms of supporting a knowledge management initiative since with a SNA approach we can bring to surface valuable information about how the research community evolves over time. This analysis could identify if the researchers work together bridging the scientific areas boundaries, what is the impact of physical distance on collaboration, etc.

In the present work we analyzed only part of the IT EIP available data. In fact the analysis carried out is performed only on the data concerning papers published in international journals with refereeing over the last twenty years (from 1 January 1990 until 31 December 2010, although IT was only created in 1992). Through the "author(s)" data on journals papers it was possible to ascertain and quantify the co-authorship relationships and their unit(s), making it possible to build the relationship matrix for the SNA approach described above.

The data concerning these journals papers and the related authorship information necessary to support the SNA was pre-processed in order to produce information on December 31 in five different moments: year 1990; year 1995; year 2000; year 2005; and year 2010. It must be noted that the data is cumulative, e.g., year 2005 includes all the information since 1 January 1990 through 31 December 2005.

This data set supported the construction of five social networks where the nodes were the IT researchers in the different moments and included identification data, scientific research area, site location, and number of journal papers authorship. The ties represented the co-authorship relationships with the tie strength representing the number of co-authorship for two given connected nodes.

For data analysis and presentation was used Netdraw, a free social network analysis software.

A. Network Evolution

In a first approach, it was possible to see the network evolution and for 2010 it was made a comparison between two networks (with and without external collaborators). As we can see through figure 1, over the past 20 years the collaboration between authors had a significant increase. During this time, it is important to mention the presence of External Authors. The results showed subnetworks that had a huge development after Year 2000 and the majority has just one element from IT Research who is linked with many External Authors. During Year 2005 and Year 2010, these subnetworks increased more and more and in 2010 the network map shows a complex network where External Authors are completely connected

with all the internal authors, from all scientific areas. And in many cases, they play an important network role because those nodes are responsible of maintaining the entire network connected.

"Basic Sciences and Enabling Technologies" is the area which presents the biggest collaboration with External Authors. In the last graph we can see different areas working together, the nodes have more connections and the network is more developed.

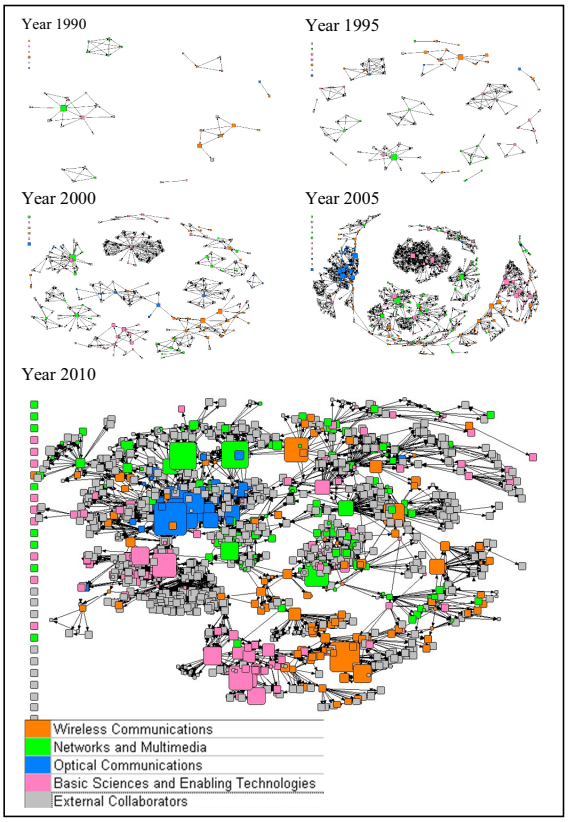


Figure 2. Evolution of the journal papers co-authorship social network (1990 until 2010).

In the present work we are particularly interested in understanding the impact of the different types of researchers labor relationship with IT in the social capital built over type through the usage of social network analysis. In that sense we will focus with more detail in the most recent information year available: year 2010 and will consider external collaborators as a research group in order to understand their impact.

As it is possible to see in Year 2010 without External Collaborators, the co-authorship network presented several nodes without any connection comparing in Year 2010 with External Collaborators. So, we can say that without considering these researchers, the network presents many researchers who apparently do not have any connection and it was supposed that they were working alone. But with this new view, we can affirm that they are working together and External Collaborators are acting like intermediaries between researchers from distinct scientific areas. In other situations, scientific researchers are working only with External Collaborators.

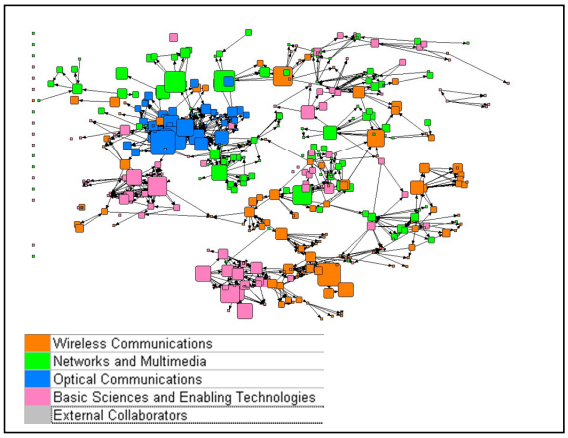


Figure 3. Year 2010 social network without External Collaborators.

B. *Centrality Measures*

It is well known that a wide variety of social network analysis specific measures have been proposed in the literature dating back at least to the 1950s with the work of Katz [7]. Freeman [8] imposed order on some of this work in a seminal paper that categorized centrality measures into three basic categories – degree, closeness and betweeness.

In the present work we will analyze the network centrality measures for Year 2010 (with and without external researchers). The main objective is to improve insight knowledge about network nodes. For this study three different perspectives of centrality measures will be investigated: closeness, centrality and betweeness.

Degree Centrality - measures the number of direct connections a node has.

Betweenness Centrality - the number of shortest paths that pass through a node divided by all shortest paths in the network and shows which nodes are more likely to be in communication paths between other nodes.

Closeness Centrality - The mean length of all shortest paths from a node to all other nodes in the network (i.e. how many hops on average it takes to reach every other node) It is a measure of reach, i.e. how long it will take to reach other nodes from a given starting node. Useful in cases where speed of information dissemination is main concern

V. RESULTS

Based on the social network of co-authorship relationships constructed it was possible o calculate the metrics referred in the previous section for the last year of available data which are presented below considering the network with and without the presence of external collaborators.

TABLE I. 2010 IT SOCIAL NETWORK TOP PERFORMERS' WITHOUT EXTERNAL COLLABORATORS

Degree		Closeness		Betweenness		Productivity	
ID	Value	ID	Value	ID	Value	ID	Value
54	33	97	184790	78	2402,5	388	11
137	26	54	184793	97	2387	316	10
140, 156	24	26	184801	26	2255,3	4	10
9, 1305	18	28	184826	54	2132,3	221	9
77	16	4, 161, 170	184827	4	2016,6	54	9
67, 142	15	23	184835	29	1681,3	118	8
71, 78, 228	12	148, 251	184837	9	1598,4	97	8
87, 21, 107, 238	11	18	184840	342	1490	46	8
26 , 85	10	214	184858	59	1263	325	7

Comparing with the first study done for Year 2009, in Year 2010 we cannot verify that the most productivity researcher is also the one that obtain the highest score in the calculated centrality measures. But, as we can see, 3 of the most productivity researchers are in top 9 in the calculated centrality measures.

TABLE II. 2010 IT SOCIAL NETWORK TOP PERFORMERS' WITHOUT EXTERNAL COLLABORATORS

Degree		Closeness		Betweenness		Productivity	
ID	Value	ID	Value	ID	Value	ID	Value
192	110	1640, 1838, 2106	7965342	11	307740,78	388	11
22	109	1430	7965056	316	192208,23	316	10
316	91	1674, 3099, 3100	7964069	418	161050,73	4	10
37	79	583	7964066	95	154751,54	221	9
2217	68	559, 1454	7963819	192	149419,48	54	9
95	67	871, 59	7963818	350	134334,29	2537	8
11, 3082	63	1596, 2751	7963708	158	132784,46	118	8
655	59	1693	7963707	22	126738,17	97	8
111	50	1592	7963703	355	125991,83	46	8

Regarding the results from the network with External Collaborators (Table 2), we can see several differences comparing with the previous table without External Collaborators. Closeness measure results do not present any match with the rest of the table results. Regarding top productivity performer's, only one researcher is present in the majority of centrality measures (except closeness. It is not possible to affirm that the most productive researchers have the highest values in centrality measures.

As we can see, researchers who presented highest values in degree, closeness and betweenness in the first table (without external collaborators) are not the same as table with external collaborators. Let's look at the top 3 researchers: 54, 97 and 4. ID 54 was in top 5 for all degrees without external collaborators (degree, centrality, betweenness and closeness) but appears in different positions in the table with external collaborators, for example, regarding closeness degree ID 54 is in 35th position. Similar situations are possible to see with ID HR 54 who is presented in 29th position in closeness degree and ID HR 4 who is presented in 22th position in betweenness and is out of top 100 for closeness degree. This means that top performers changed depending on external collaborators presence.

Looking at the research groups, we verify that Optical Communications is the group with the biggest value in centrality degree. It means that these researchers have the highest number of direct links with other network members. It is interesting to realize that this group has a distinctive behavior comparing with other groups: he only has few connections with nodes from other different groups.

Considering Year 2010 betweenees centrality measure we can refer different results: the majority of top performers researchers (excluding external collaborators from the analysis) are from the Wireless Communications group. This means that those researchers have the highest capacity to connect with other authors in the network (they act like "brokers"). Comparing with top performers researchers (including external collaborators in the analysis) it is possible to see researchers connections from different groups. Three of these researchers came from the External Collaborators group. The rest of top researchers are divided by three groups: 'Optical Communications', 'Basic Sciences and Enabling Technologies' and 'Network and Multimedia'. In summary, the derived conclusions depends of the groups included.

Finally, and as expected, the most productivity researchers do not came from External Collaborators group.

VI. CONCLUSIONS

In this paper it was analyzed network data concerning co-authorship research results from IT EIP backend database through SNA with the purpose of understanding if this co-authorship work generates a network and what is the impact of external researchers on the community social capital building.

The results obtained showed that external collaborators have a significant impact in the researchers network structure over time. In fact including this group the network gained consistency and turned much bigger than before. Without considering the External Collaborators the network presented several nodes with no connections which.

Another interesting aspect resulting from the performed SNA is the fact that External Collaborators formed subgroups inside the network and worked especially with "Basic Sciences and Enabling Technologies" and "Optical Communications" scientific areas and these nodes have more connections and a bigger number of works published.

External Collaborators group does not appear as the most productive one, but he is present in the top performers in terms of betweeness centrality measure. This means that they are acting like brokers inside the network.

In summary, the present work demonstrated the benefits from using SNA to have a better understanding of the role played by external researchers in community building over time and the impact they have on co-authorship relationships which translate knowledge creation and sharing benefits.

In future analysis special attention will be given to other types of research activities, such as books, conference papers, patents, projects, etc. since this analysis was only focused on international journal paper and it will be very interesting to continue this study through the rest of the data available in IT EIP backend.

As we demonstrated, the structural characteristics measured through the centrality metrics presented depend on the inclusion/exclusion of external collaborators. Nevertheless it is important to analyze the remaining data to answer some

questions: Do we have the same network structure for another data types? Or, as we can see by this study, it will it be generated another completely different network? These are some questions that can be answered after further studies.

REFERENCES

[1] Landherr, Andrea; Friedl, Bettina; and Heidemann, Julia (2010) "A Critical Review of Centrality Measures in Social Networks," Business & Information Systems Engineering: Vol. 2: Iss. 6, 371-385.

[2] Neto, M. Fernandes, C. Ferreira, A. S. Fernandes, L. M. (2010). Enterprise Information Portals: potential for evaluating research for Knowledge Management and Human Capital Assets using Social Network Analysis. In Tomé, E. (Ed.) (2010). Proceedings of the 11th European Conference on Knowledge Management (vol. 2), Vila Nova de Famalicão, Portugal, 2-3 September 2010.

[3] Linton C. Freeman, The Development of Social Network Analysis: A Study in the Sociology of Science, Empirical Press, Vancouver, BC, 2004.

[4] Tina Wey, Daniel T. Blumstein, Weiwei Shen, Ferenc Jordan, Social network analysis of animal behaviour: a promising tool for the study of sociality, Animal Behaviour, Volume 75, Issue 2, February 2008, Pages 333-344,

[5] Monteiro, V., Neto, M. C., Correia, A. M. and Cardoso, A. (2009). Co-Authorship of Portuguese scientists in the energy field: an exploratory study of the ETDEWeb using Social Network Analysis, Proceedings of 5th European Conference on Economics and Management of Energy in Industry, Vilamoura, Portugal, 14-17 April 2009.

[6] Girvan, M. and Newman M. E. (2002). Community structure in social and biological networks. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, Vol. 99, No. 12, pp. 7821-7826.

[7] Katz, L. (1953). A new status index derived from sociometric analysis. Psychometrika, 18:39-43.

[8] Freeman, L. C. (1979). Centrality in social networks: Conceptual clarification. Social Networks, 1:215-239.