



Introdução aos Agentes Inteligentes

Luís Paulo Reis

lpreis@fe.up.pt, Tel: 919455251, 225081829
Investigador do LIACC – Laboratório de Inteligência Artificial e
Ciência de Computadores - Univ. Porto
Docente da FEUP – Faculdade de Engenharia da Univ. Porto
Membro do Comité Técnico da Federação RoboCup

Luis Paulo Reis

Mestrado em Inteligência Artificial e Computação

Slide Nº 1



Estrutura da Apresentação

- Inteligência e Inteligência Artificial
- Agentes Inteligentes e Agentes Autónomos
- Definições de Agente
- Propriedades dos Agentes
- Ambientes e sua Complexidade
- Arquitecturas de Agentes
- Aplicações de Agentes
- Sistema Multi-Agente

Luis Paulo Reis

Mestrado em Inteligência Artificial e Computação

Slide Nº 2



Inteligência Artificial

- **Inteligência**
 - “Capacidade de aprender e perceber como lidar com novas situações; utilização habilidosa do conhecimento”
- **Inteligência Artificial**
 - “Ciência para construir máquinas para fazer coisas que requerem inteligência quando feitas pelo homem”
 - “Estudo das ideias que possibilitam aos computadores serem inteligentes”
 - “Estudo das computações que tornam possível a percepção, raciocínio e acção”



Luis Paulo Reis

Mestrado em Inteligência Artificial e Computação

Slide Nº 3



Inteligência Artificial

- **Inteligência Artificial no Futuro**
- **Discussão de algumas visões:**
 - 2001, Odisseia no Espaço – (Stanley Kubrick, 1968)
 - Blade Runner – (Ridley Scott, 1982)
 - The Matrix - (Wachowski, 1999)
 - Artificial Intelligence - (Spielberg, 2001)

Luis Paulo Reis

Mestrado em Inteligência Artificial e Computação

Slide Nº 4



Inteligência Artificial

- O que se Pretende com a IA?
 - O que estamos a tentar fazer?
 - O que foi conseguido até agora?
 - E se conseguirmos mesmo?
 - Será que a criação de autómatos mais inteligentes e fortes do que os humanos é desejável?
 - Será justo “escravizar” esses autómatos?
 - Serão a raça humana “necessária” depois?

Luis Paulo Reis

Mestrado em Inteligência Artificial e Computação

Slide Nº 5



Fundações da IA

- Filosofia (428 bc - presente)
- Matemática (800 - presente)
 - Lógica, computação, probabilidades, teoria da decisão
 - Al Khowarazmi, Aristóteles, Boole, Turing, Pascal, Bayes
- Psicologia (1879 - presente)
- Engenharia da Computação (1940-presente)
 - IA, necessita de Inteligência e de Computadores
 - Pascal, Leibniz, Babbage, Robinson, Turing, Zuse,
- Linguística (1957 - presente)

Luis Paulo Reis

Mestrado em Inteligência Artificial e Computação

Slide Nº 6



Abordagens da IA

- Preocupação com o Pensamento vs Comportamento?
- Modelar Humanos ou Seres Ideais?
 - Acção Racional: Agente toma sempre a melhor acção possível na situação!
- Construir sistemas que:
 - Pensam como os Humanos
 - Agem como os Humanos
 - Pensam Racionalmente
 - Agem Racionalmente

Luis Paulo Reis

Mestrado em Inteligência Artificial e Computação

Slide Nº 7



O Teste de Turing

- Alan Turing foi dos primeiros a estudar a IA!
- Computador é interrogado por um Humano!
- Será que o consegue enganar?
 - Sim? Então é Inteligente!
- Sem Interacção Física (teclado + monitor)
- Capacidades do Computador:
 - Linguagem Natural, Representação do Conhecimento, Raciocínio Automático, Aprendizagem
- Teste Total de Turing: Físico!
 - Necessário Visão por Computador e Robótica
 - Ainda não foi conseguido!

Luis Paulo Reis

Mestrado em Inteligência Artificial e Computação

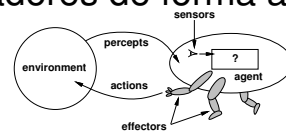
Slide Nº 8



Agentes e Sistemas Multi-Agente

▪ Agente

- “Sistema computacional, situado num dado ambiente, que tem a percepção desse ambiente através de sensores e age de forma autónoma nesse ambiente através de actuadores de forma a desempenhar uma dada função”



▪ Sistema Multi-Agente

- “Sistema em que dois ou mais agentes interagem ou trabalham em conjunto de forma a desempenhar um determinado conjunto de tarefas”

Luis Paulo Reis

Mestrado em Inteligência Artificial e Computação

Slide Nº 9



Agente Inteligentes (Autónomos)

- Robôs Autónomos
- Agentes de Informação
- Agentes de Comércio Electrónico
- Controlador de Trafego Aéreo
- Assistente Pessoal
- Calendarizador de Reuniões
- Agente para jogar um Jogo (Xadrez)

Luis Paulo Reis

Mestrado em Inteligência Artificial e Computação

Slide Nº 10



Agentes Não Inteligentes

- Termostato (será?)
- Atendedor de Chamadas (será?)
- Telefone
- Lápis
- Objecto de Java ou C++
- ...
- Inteligencia é uma escala binária sim/não?
- Inteligência é uma escala contínua (0 a infinito?)

Luis Paulo Reis

Mestrado em Inteligência Artificial e Computação

Slide Nº 11



Requisitos dos Agentes

- As definições tradicionais incluem demais ou deixam “buracos”!
- Requisitos:
 - Têm de se aperceber do ambiente (sensores)
 - Têm de decidir a acção a executar em cada instante (“pensar”)
 - Têm de executar a acção com os seus actuadores no ambiente

Luis Paulo Reis

Mestrado em Inteligência Artificial e Computação

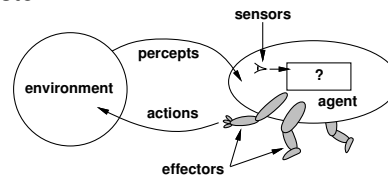
Slide Nº 12



Agentes Inteligentes



- Agente :
 - Apercebe-se do ambiente através de sensores e age através de actuadores
 - Sensores:
 - Olhos, ouvidos, nariz, tacto, gosto
 - Actuadores:
 - Pernas, braços, mãos
- Agente Robótico:
 - Sensores:
 - Camaras, sonares, infra-vermelhos
 - Actuadores:
 - Motores, rodas



Luis Paulo Reis

Mestrado em Inteligência Artificial e Computação

Slide Nº 13



Agentes Inteligentes

- Agente Racional => Faz a acção correcta!
- Qual a acção correcta?
 - Aquela que o faz ser mais bem sucedido!
- Como e quando avaliar esse sucesso?
- Agente Racional Ideal:
 - “Para cada sequência de percepções, faz a acção que é esperado maximizar a sua medida de sucesso, dado o conhecimento que ele tem!”
- Percepções => Acções!



Luis Paulo Reis

Mestrado em Inteligência Artificial e Computação

Slide Nº 14



Definições de Agente

- “Um agente é algo que pode ser visto como tendo a percepção de um ambiente através de sensores e agindo nesse ambiente através de actuadores”. [Russel e Norvig]
- “... Sistemas computacionais que vivem em ambientes complexos e dinâmicos, sentem e agem autonomamente nesse ambiente e ao fazerem-no realizam um conjunto de objectivos ou tarefas para as quais foram projectados”. [Maes]

Luis Paulo Reis

Mestrado em Inteligência Artificial e Computação

Slide Nº 15



Definições de Agente (cont)

- “... Um agente é uma entidade persistente de software, dedicada a um objectivo específico. Persistente distingue os agentes de subrotinas pois estes têm as suas próprias ideias sobre como realizar tarefas e têm as suas próprias agendas. Objectivo específico distingue-os de aplicações multi-função; Os agentes são tipicamente muito mais pequenos.” [Smith, Cypher and Spohrer]
- “... Algo que age ou tem o poder ou autoridade para agir ... ou representar alguém” [American Heritage Dictionary]

Luis Paulo Reis

Mestrado em Inteligência Artificial e Computação

Slide Nº 16



Definições de Agente (cont)

- “Agentes inteligentes são entidades de software que realizam um conjunto de operações em nome de um dado utilizador ou de outro programa com um dado grau de independência ou autonomia, e que fazendo-o, utilizam algum conhecimento ou representações dos objectivos e desejos do utilizador.” [IBM]

Luis Paulo Reis

Mestrado em Inteligência Artificial e Computação

Slide Nº 17



Definições de Agente (cont)

- “Uma entidade é um agente de *software*, unicamente se for capaz de comunicar correctamente com outros numa linguagem de comunicação de agentes (ACL)” [Genesereth e Ketchpel, 1994]
- “Agentes inteligentes desempenham continuamente 3 funções: percepção das condições dinâmicas do ambiente; acção para afectar as condições desse ambiente; e raciocínio para interpretar as percepções, resolver problemas, realizar inferências e determinar acções.” [Hayes-Roth]

Luis Paulo Reis

Mestrado em Inteligência Artificial e Computação

Slide Nº 18



Definições de Agente (cont)

- “Um Agente é um tuplo $\langle P, A, I, in, out \rangle$ onde P é um conjunto de objectos de entrada (percepções), A é um conjunto de objectos de saída (acções), I é um conjunto de estados internos, in é uma função de $P \times I$ para I (a função de entrada do agente) e out é uma função de I para A . O ambiente do agente é um tuplo $\langle A, P, W, see, do \rangle$ onde A é um conjunto de operações de saída do agente, P é o conjunto de operações de entrada do agente, W é o conjunto de estados possíveis, see é uma função de W para P , e do é uma função de $A \times W$ para W [VanLehn, 1991]

Luis Paulo Reis

Mestrado em Inteligência Artificial e Computação

Slide Nº 19



Definições de Agente (cont)

Peça de Hardware ou Sistema Computacional com as propriedades seguintes [Wooldridge e Jennings]:

- Autonomia: agentes operam sem a intervenção de humanos ou outros e possuem algum tipo de controlo sobre as suas acções e estado interno;
- Pro-Actividade: agentes não se limitam a agir em resposta ao seu ambiente. Eles são capazes de tomar a iniciativa e exibir comportamento direccionado por objectivos;
- Reactividade: agentes têm a percepção do seu ambiente e respondem rapidamente às alterações que nele ocorrem;
- Habilidade Social: agentes são capazes de interagir com outros agentes (e possivelmente com humanos) através de uma dada linguagem de comunicação de agentes.

Luis Paulo Reis

Mestrado em Inteligência Artificial e Computação

Slide Nº 20



Outras Propriedades Desejáveis

- **Mobilidade.** Capacidade de um agente se movimentar de um local para outro. Usualmente esta capacidade é mencionada no contexto de agentes de *software* e como tal a movimentação verifica-se no interior de uma rede de computadores
- **Verdade.** Um agente deve sempre ser verdadeiro e não comunicar informação falsa propositadamente
- **Benevolência.** Os agentes não devem assumir um comportamento contra-produtivo e devem sempre tentar fazer aquilo que lhes é solicitado;

Luis Paulo Reis

Mestrado em Inteligência Artificial e Computação

Slide Nº 21



Outras Propriedades Desejáveis

- **Conhecimento e Crença.** Possuir *conhecimento* consiste em possuir uma colecção de informação dinâmica e capacidade de raciocínio sobre essa informação. Uma *crença* representa a noção actual que o agente possui sobre determinado factó. São geralmente dinâmicas, isto é, podem alterar o seu valor de verdade com o tempo.
- **Intenções e Obrigações.** *Intenções* são objectivos de longo prazo do agente. *Obrigações* estão relacionadas com compromissos que o agente assumiu anteriormente.
- **Racionalidade.** Um agente agirá de forma a atingir os seus objectivos e não agirá de forma a impedir que esses mesmos objectivos sejam atingidos. Em cada instante, em face do seu conhecimento e de acordo com as suas capacidades tentará executar a melhor acção para cumprir esses objectivos

Luis Paulo Reis

Mestrado em Inteligência Artificial e Computação

Slide Nº 22



Outras Propriedades Desejáveis

- **Inteligência.** O estado de um agente é formalizado por conhecimento (i.e. crenças, objectivos, planos e assunções) e ele interage com outros agentes utilizando uma linguagem simbólica. Possui capacidade de raciocínio abstracto e de resolução de novos problemas e adaptação a novas situações
- **Continuidade Temporal.** O agente é um processo que é executado continuamente ao longo do tempo (persistente)
- **Carácter.** O agente possui uma personalidade credível e eventualmente possui também um “estado emocional”
- **Aprendizagem.** Capacidades de aprendizagem que fazem com que o agente adquira novo conhecimento e altere o seu comportamento baseado na sua experiência prévia

Luis Paulo Reis

Mestrado em Inteligência Artificial e Computação

Slide Nº 23



Campos que Inspiraram os Agentes



Luis Paulo Reis

Mestrado em Inteligência Artificial e Computação

Slide Nº 24



Razões para a Controvérsia

- Inexistência de um paradigma de programação bem definido para sistemas distribuídos
- Termo agente ser vulgarmente utilizado para descrever *software* em geral devido às definições vagas e contraditórias de que é objecto
- O paradigma dos agentes tentar resolver o problema da assunção do “mundo fechado” na orientação a objectos
- Ao interesse da comunicação social no assunto que resultou na extrapolação da área científica para o público em geral, sem que o seu significado fosse correctamente explicado

Luis Paulo Reis

Mestrado em Inteligência Artificial e Computação

Slide Nº 25



Definição final de Agente

- *“Um Agente é um sistema computacional, situado num dado ambiente, que tem a percepção desse ambiente através de sensores, tem capacidade de decisão, age de forma autónoma nesse ambiente através de actuadores, e possui capacidades de comunicação de alto-nível com outros agentes e/ou humanos, de forma a desempenhar uma dada função para a qual foi projectado.”*

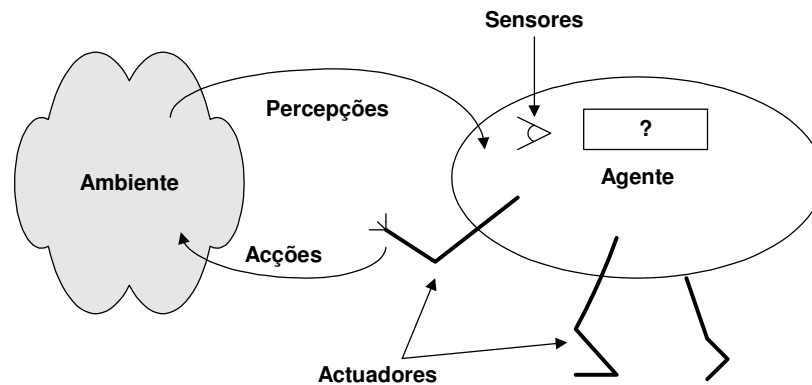
[Reis, 2002]

Luis Paulo Reis

Mestrado em Inteligência Artificial e Computação

Slide Nº 26

Esquema de um Agente



Agentes vs Objectos

- Agentes decidem o que fazer
- Métodos dos Objectos são chamados externamente
- Agentes reagem aos sensores e controlam actuadores

“Objects do it for free; agents do it for money”



Evolução dos Paradigmas de Programação

	<i>Programação Monolítica</i>	<i>Programação Estruturada</i>	<i>Programação Orientada a Objectos</i>	<i>Programação Orientada a Agentes</i>
Comportamento das Unidades	Externa	Local	Local	Local
Estado das Unidades	Externa	Externa	Local	Local
Invocação/Comportamento das Unidades	Externa	Externa (chamada)	Externa (mensagem)	Local (regras e objectivos)

Luis Paulo Reis

Mestrado em Inteligência Artificial e Computação

Slide Nº 29



Propriedades dos Ambientes

- **Acessível vs Inacessível**
 - Acessível se os sensores detectam tudo o que é relevante no ambiente!
- **Determinístico vs Não Determinístico**
 - Determinístico se as acções do agente determinam o próximo estado!
- **Estático vs Dinâmico**
 - Dinâmico se muda enquanto o agente está a pensar!
- **Discreto vs Contínuo**
 - Discreto se existe um número finito de percepções e acções!



Luis Paulo Reis

Mestrado em Inteligência Artificial e Computação

Slide Nº 30



Os “Nossos” Ambientes

- Os mais Complexos!
 - Inacessíveis
 - Não Determinísticos
 - Dinâmicos
 - Contínuos
 - Multi-Agente

Luis Paulo Reis

Mestrado em Inteligência Artificial e Computação

Slide Nº 31



Arquitecturas de Agentes

- **Simplicidade.** Idealizar a arquitectura e seus componentes de forma que sejam fáceis de entender, implementar e manter.
- **Funcionalidade.** Seleccionar uma arquitectura e ferramentas de desenvolvimento que focalizem os aspectos específicos do problema a ser abordado.
- **Expansibilidade.** A arquitectura deve poder ser facilmente ampliada, uma vez que nem todas as necessidades futuras podem ser previstas inicialmente.
- **Isolamento ou Portabilidade.** Uma arquitectura, para poder ser expandida, deve possuir uma implementação portátil, evitando-se soluções não padronizadas.

Luis Paulo Reis

Mestrado em Inteligência Artificial e Computação

Slide Nº 32



Arquitecturas de Agentes

- Agentes Físicos vs Agentes de Software
- Estrutura dos Agentes Inteligentes
 - Agentes Simples Reflexos
 - Agentes com Representação do Mundo
 - Agentes Baseado em Objectivos
 - Agentes Baseados em Utilidade
 - Agentes BDI – Crenças, Desejos e Intenções
 - Agentes com Arquitecturas mais Complexas (Aprendizagem, Decisão, Planeamento, etc.)



Luis Paulo Reis

Mestrado em Inteligência Artificial e Computação

Slide Nº 33



Arquitecturas de Agentes

- **Arquitecturas Deliberativas:** Seguem a abordagem clássica da Inteligência Artificial, onde os agentes actuam com pouca autonomia e possuem modelos simbólicos explícitos dos seus ambientes
- **Arquitecturas Reactivas:** Não utilizam modelo ou raciocínio simbólico complexo e tomam decisões “em tempo real” (agentes reflexos simples de Russel e Norvig)
- **Arquitecturas Híbridas:** Combinam as características das duas anteriores (capacidades deliberativa e reactiva)
- Muito difícil balancear:
 - Reactividade
 - Deliberação
 - Sociabilidade

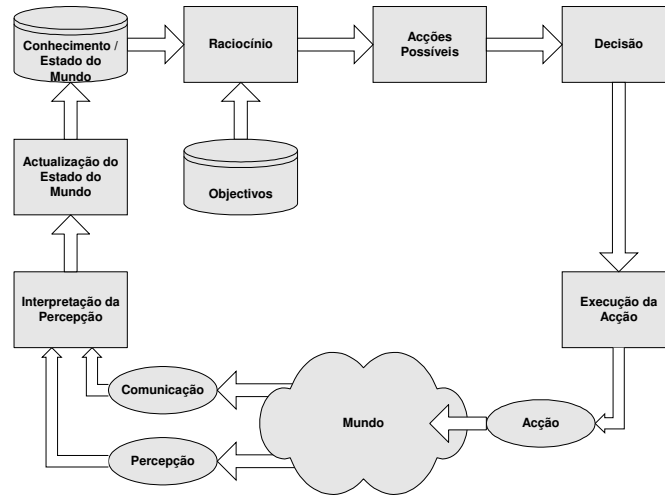
Como Fazer?

Luis Paulo Reis

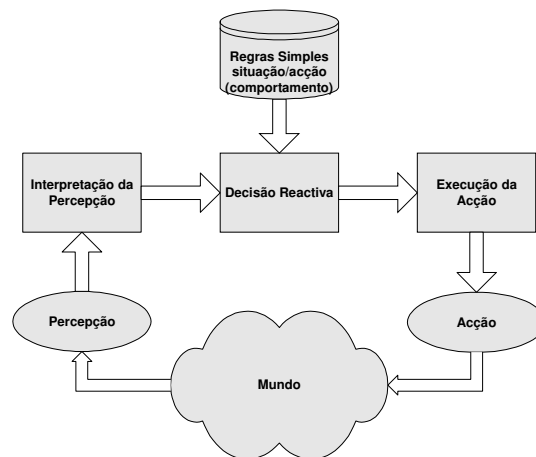
Mestrado em Inteligência Artificial e Computação

Slide Nº 34

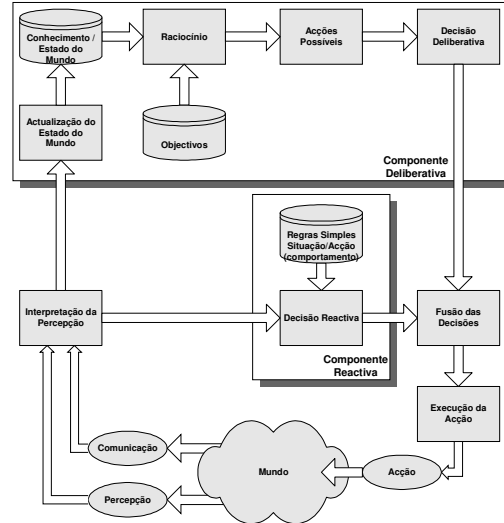
Arquitectura Deliberativa



Arquitectura Reactiva



Arquitecturas Híbridas



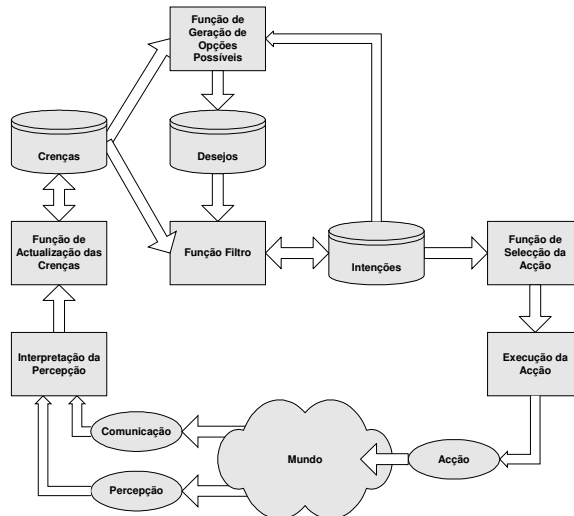
Luis Paulo Reis

Mestrado em Inteligência Artificial e Computação

Slide Nº 37

Arquitecturas BDI

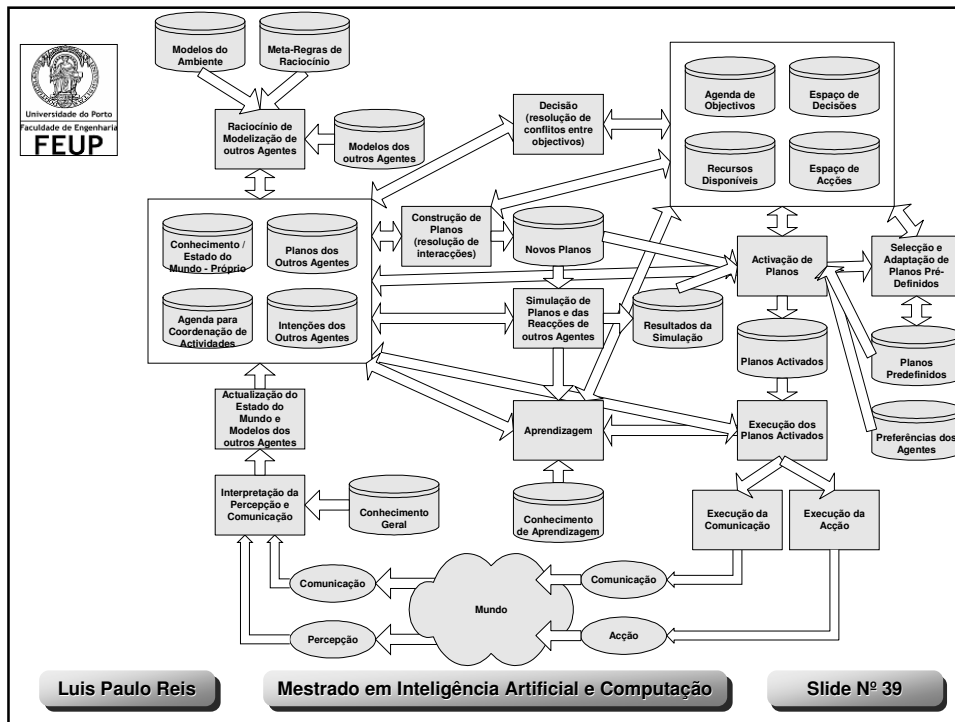
- Crenças
- Desejos
- Intenções



Luis Paulo Reis

Mestrado em Inteligência Artificial e Computação

Slide Nº 38



Aplicações de Agentes

- Aplicações Industriais
- Agentes de Pesquisa de informação
- Comércio Electrónico
- Aplicações de Entretenimento
- Aplicações Médicas
- Aplicações para Simulação
- Controlo de Robôs
- Competições de Investigação Científicas

Luis Paulo Reis Mestrado em Inteligência Artificial e Computação Slide N° 40

Conclusões

- Construir Agentes Individuais autónomos e inteligentes é importante!
- No entanto:
 - Raro os agentes existirem isolados
 - Necessário trabalhar em conjunto com outros agentes
 - Aplicações Multi-Agente
 - Necessidade de Coordenação: “trabalhar em conjunto de forma harmoniosa”

Próxima Aula: Coordenação em Sistemas Multi-Agente

