

## A Engenharia Química para Além da Ciência Perspectivas de Futuro

Sebastião Feyo de Azevedo\*

### Preâmbulo

Em larga medida 'a vida é muito daquilo que se consegue do aproveitamento determinístico de acontecimentos estocásticos'. Com o seu 'viver da vida', o autor tem vindo a acumular evidência sobre esta ideia, hoje, para si, simples e evidente. Ideia que gosta de discutir e analisar, particularmente num fórum universitário com alunos. Importa desde já fazer notar que o essencial da mensagem é que devemos estar bem preparados em teoria e em experiência, preparados *à priori*, e que devemos ter uma atitude profissional, e genericamente de vida, pró-activa e determinada.

Forma estranha de começar um texto de apoio a uma intervenção pública no IST, Escola de Engenharia?

Quis o acaso, que se vai aproveitar deterministicamente, que esta sessão e esta intervenção se estejam a realizar num momento da nossa História em que se sublima de forma particularmente gravosa, quase que em termos de fado, as dificuldades de Portugal se afirmar e competir no espaço europeu em que está integrado. Dificuldades, diz-se, eminentemente em (falta) infra-estruturas e (des)organização, em (falta de) rigor e (falta de) qualidade. São de algum modo impressionantes as intervenções públicas escritas e televisivas que se têm verificado ao longo dos últimos quinze dias, carregadas de tons cinzentos. Um artigo de opinião recente (Barreto, 2001), traçando um panorama devastador, sem saída, relativamente ao 'Estado da Nação' ilustra este estado negativo de alma, que, assentando, é certo, em 'realidades reais', que urge eliminar, peca por não ver e escrever o caminho que existe rumo ao futuro.

Porquê afinal esta introdução baseada numa componente política de cidadania, numa intervenção no IST? Porque o tema é 'o futuro' e os engenheiros químicos têm uma palavra importante, decisiva, sobre esse futuro que existe.

Vale a pena ao leitor interessado neste exercício prospectivo ler uma obra e dois trabalhos publicados recentemente:

A obra é a publicação editada por Valadares Tavares (2000), resultante do projecto *Engenharia & Tecnologia 2000 (E&T2000)* realizado sob os auspícios da Academia de Engenharia, com a colaboração da Ordem dos Engenheiros e da Associação Industrial Portuguesa. Representa um esforço que reuniu umas centenas de engenheiros e gestores da indústria, no sentido de, primeiro, compilar dados, aferir a situação e tendências da indústria (de dezassete sectores apreciados, incluindo serviços) e, depois, produzir uma análise

---

\* Professor catedrático, Departamento de Engenharia Química e Instituto de Sistemas e Robótica,

Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Rua Dr. Roberto Frias, 4200-465 Porto

E-mail - [sfeyo@fe.up.pt](mailto:sfeyo@fe.up.pt) URL: <http://www.fe.up.pt/~sfeyo>

prospectiva desses sectores, com a devida ramificação de considerações sobre 'preparar o futuro'.

A engenharia química esteve significativamente envolvida neste exercício. Sob a coordenação dos colegas profs. engs. Fernando Ramôa Ribeiro e Clemente Pedro Nunes, um painel sectorial de 19 membros, no qual o autor pôde dar um contributo, apreciou e contactou de forma estruturada 20 sub-sectores, envolvendo em conjunto o contacto com algumas dezenas de outros colegas e gestores da indústria, com 49 empresas e com algumas das 14 associações da indústria química (incluindo a pasta e o papel), sendo esta a base do relatório produzido pelos coordenadores sob situação actual e tendências.

O primeiro dos trabalhos (mais curtos) com sugestão de leitura é a perspectiva que o colega Gonçalves da Silva publicou recentemente na *Ingenium* (Gonçalves da Silva, 2000) sobre o engenheiro químico no presente Século. É uma reflexão realista que, como tal tem obviamente em conta o sistema democrático em que se vive, o estado de desenvolvimento científico e tecnológico, nomeadamente em termos de informação e comunicações, e toda a interligação com a economia e com a produção industrial, na perspectiva hoje prevalecente da economia global.

O segundo dos trabalhos (Gillett, 2000) é uma importantíssimo produto da actividade de uma década do *Grupo de Trabalho sobre Educação em Engenharia Química*, da Federação Europeia de Engenharia Química. Um trabalho que estuda a educação/formação em engenharia química, enquadrando a perspectiva de carreira e de realização individual com a realidade científica, tecnológica, política, social e económica que naturalmente influenciam a produção industrial.

#### Anotações sobre a indústria química portuguesa - situação e evolução

Nesta secção o autor baseia os seus comentários no texto do projecto E&T2000 (Valadares Tavares, 2000, em particular nas referências sobre o sector da química preparadas pelos coordenadores do sector, pp. 331-342 e 644-647).

- É extensa a lista dos sub-sectores e produções que se deve ter em conta num estudo e reflexão sobre a indústria química no seu conjunto mais amplo:

1) produtos químicos inorgânicos (gases industriais, álcalis e cloro, ácido sulfúrico, ácido fosfórico, amoníaco e seus derivados inorgânicos, água oxigenada, silicatos solúveis, óxidos e massas para esmaltes e tratamento de superfícies, explosivos); 2) produtos químicos orgânicos (produtos orgânicos de base, intermediários e derivados orgânicos); 3) adubos; 4) agro-químicos e agentes de protecção de plantas; 5) resinas sintéticas e plásticos; 6) fibras artificiais e sintéticas; 7) elastómeros e artefactos de borracha; 8) indústria farmacêutica; 9) resinosos; 10) tintas e vernizes; 11) tensoactivos, sabões e detergentes; 12) colas, adesivos e mastiques; 13) óleos essenciais, perfumes e cosméticos; 14) óleos e gorduras não alimentares.

Lista esta de produtos a que se acrescentam indústrias da maior relevância:

15) refinação de petróleos; 16) indústria de celulose e papel; 17) indústria do ambiente; 18) indústria alimentar; 19) indústria do vidro e, 20) indústria cerâmica.

- O estudo efectuado no projecto E&T 2000 envolveu a apreciação de vectores e aspectos que caracterizam e condicionam a evolução industrial, nomeadamente: a) inovação tecnológica - importância e estratégias para inovação ou simplesmente I&D na empresa; b) qualificação de recursos humanos; c) competitividade de sector e factores condicionantes de

competitividade; d) estratégia de empresa no plano de mercado alargado e tendo em vista o cenário de competitividade; e) áreas tecnológicas relevantes; f) emprego e empregabilidade; g) estruturas logísticas, sua funcionalidade e operacionalidade; h) protecção do ambiente e promoção de tecnologias limpas; i) promoção de cultura técnica e de imagem do sector junto das populações e do poder político; j) legislação laboral, promoção e licenciamento das actividades industriais; k) propriedade industrial e, l) competitividade e internacionalização do sector, incluindo competências para fixação dos centros de decisão

Vista a extensão e diversidade tanto de sub-sectores subordinados ou relacionados com todo este grande sector, como de tópicos de apreciação, compreender-se-á que não pode caber nesta intervenção apreciar de forma individualizada tanto o estado actual como as perspectivas de evolução. Pode e deve no entanto fazer notar-se algumas questões centrais de estratégia e, em particular questões relacionadas com a intervenção da Universidade, por via directa de colaboração e por via indirecta de formação.

- Do ponto de vista de tendências e impactos, alguns sub-sectores poderão vir a ter desvantagens competitivas: i) o sub-sector dos adubos poderá ser condicionado tanto pela política europeia de redução de produção agrícola, como por pressões ambientais; ii) também razões de crescente preocupação e acção de protecção ambiental poderão condicionar o desenvolvimento do sub-sector dos 'agroquímicos e agentes de protecção das plantas'.

Também, em outros sub-sectores, diga-se que em geral, se observa uma malha fabril pouco consolidada com pulverização de produções por empresas pequenas, em muitos casos com política de monoproduto e onde as estratégias nos últimos anos têm sido mais marcadas por acções defensivas e de racionalização do que por iniciativas de expansão e diversificação.

- Há no entanto e claramente forças positivas para o desenvolvimento, que merecem anotação:

- i) Os produtos e as tecnologias da indústria química têm uma interacção importante com praticamente todos os sectores da actividade económica. Desta interacção resulta que a evolução da indústria química é cada vez mais apoiada por uma interdisciplinaridade convergente de conhecimentos dos vários sectores dessa actividade económica. Significa esta realidade que a indústria está sujeita a impulsos e motivações que são condição importante não só de sobrevivência que também de vitalidade.

- ii) Há base e capital humano e estrutural para vencer o desafio do desenvolvimento, vencidas que sejam algumas barreiras, nuns casos barreiras materiais, noutros barreiras de conceito de estratégia e de credo. De facto, a evolução do ensino e das estruturas de investigação universitária nas áreas da (bio)química e das engenharias química e biológica, levou a um estado actual positivo, tanto em número de licenciados com formação adequada para a actividade industrial como em estruturas disponíveis para ajudar as empresas (isto é, o País) a ultrapassar as limitações actuais das suas actividades em inovação e desenvolvimento. Pensa-se no essencial na existência de meios humanos e materiais para responder aos desafios de áreas tecnológicas prioritárias como sejam:

- Catálise
- Engenharia de reacções
- Processos de separação
- Engenharia de sistemas de processos (integração, optimização e controlo)

- Processos biotecnológicos
- iii) Finalmente, podem identificar-se oportunidades de acção e investimento que permitam o desenvolvimento:
- Desenvolvendo e optimizando as plataformas industriais existentes a Norte e a Sul, e as estruturas logísticas associadas, por forma a aí desenvolver as indústrias de dimensão europeia.
  - Fomentando o desenvolvimento de empresas com tecnologias adequadas à reciclagem de resíduos e à conservação do ambiente em geral.
  - Fomentando parcerias estratégicas com grupos internacionais, assegurando a internacionalização do tecido empresarial português.
  - Concentrando esforços em grupos de actividade afins (*clusters*) em se reconhecem interesse estratégico e/ou vantagens competitivas:
    - energia/refinação de petróleo/química organica pesada/plásticos/fibra
    - florestas/pasta de celulose/papel/derivados
    - especialidades químicas/química fina/indústria farmacêutica

#### Investigação&Desenvolvimento e Inovação nas empresas como factor de competitividade

Estas palavras, em título, estão presentes em todos os discursos (mais ou menos políticos) sobre produção industrial e manutenção da capacidade competitiva industrial de um país europeu.

Percebe-se que assim seja. De facto, estão razoavelmente identificados factores dominantes de competitividade da indústria química:

- A capacidade de inovação tecnológica (aqui está...)
- A flexibilidade de gestão em função das exigências de mercados.
- A qualificação de recursos humanos.
- As matérias-primas e a energia.

Como também estão identificados objectivos importantes em actividade de I&D a nível de empresas ou na perspectiva dessa competitividade industrial (Valadares Tavares, 2000, p. 334):

- A pesquisa e o estudo das matérias-primas e recursos naturais.
- A investigação básica da extracção e purificação dos constituintes agregados nos materiais naturais.
- A síntese de novas moléculas ou a obtenção de moléculas já existentes por outras vias.
- A concepção, projecto e operação dos equipamentos e instalações produtivas.
- A caracterização e formulação dos produtos finais.
- O conhecimento actualizado dos diferentes riscos de manipulação, armazenagem e transporte de produtos químicos envolvidos nas diferentes produções e utilizações.

Merece reflexão a realidade nacional.

A Tabela 1 resume uma estrutura funcional desejável de uma empresa de produtos com valor acrescentado elevado (tipicamente indústria farmacêutica).

Aonde é que poderemos identificar lacunas na actividade das empresas portuguesas? Em termos gerais, observa-se uma falta de tradição em criarem uma actividade própria de I&D e de a utilizarem nos seus planos estratégicos de desenvolvimento. Lacunas, encontram-se na inovação, investigação e desenvolvimento e ligação ao processo.

**Tabela 1 - Estrutura funcional de uma empresa, sob a forma de níveis de contribuição interna**  
(adaptada de Gillett, 2000)

Perspectiva estratégica	Conteúdo funcional	Posição na estrutura
Decide linhas futuras de actividade	Estratégia de empresa	Director/Director Geral
Liga sectores do negócio global	Ligação de negócios	Director de Departamento
Antecipa necessidade de mudanças, gere mudanças	<i>Inovação, investigação e desenvolvimento, ligação ao processo</i>	Chefe de grupo de desenvolvimento ou de grupo de produção
Desenvolve melhorias, Optimiza actividade	Adapta, melhora processo	Engenheiro Sénior ou Director de Processo
Projecta, desenvolve, arranca, opera,	Faz	Engenheiro júnior

Dados de 1997 apontavam como da ordem dos 20 o número de doutorados absorvidos na actividade industrial. Hoje serão mais, mas crê-se (sem dados objectivos) ser ainda baixo o número de colaboradores da indústria com formação pós-graduada.

Ora, convirá acrescentar que, em relação a esta questão de I&D na indústria, a experiência do autor leva-o a pensar que empresa sem um departamento de I&D com quadros próprios dificilmente fará inovação significativa. Os engenheiros do processo estão absorvidos pela produção, não podendo ter duas tarefas, que sendo complementares são diferentes e têm graus de responsabilidade instantânea (leia-se prioridades) completamente diferentes.

Não especificamente uma questão de I&D, mas com ligação, tem-se, finalmente, a questão da absorção de tecnologias e a adaptação a formas de operação assistida por computador.

O esforço é elevado. Não crê o autor que se possa esperar de parte da Indústria uma reacção instantânea de absorção de equipamentos e métodos novos. Há condicionantes de meios humanos e materiais, sendo conhecido que os ciclos de modernização tecnológica, nos Países mais desenvolvidos, nunca são inferiores a 20 anos. No caso específico da Indústria Portuguesa, o período que se vive é de evolução branda - por razões conjunturais (as empresas retraem-se no investimento) e por razões de fundo (faltam os meios humanos com os conhecimentos necessários e falta o acreditar...). Mas o que todos testemunhamos hoje no arrancar deste Século, processo iniciado há uma década e que se manterá por mais outra, talvez até 2020, ficará para a História como um marco, uma revolução industrial. De que aproveitarão os mais esclarecidos e capazes.

Na dura luta de reconversão porque passam actualmente as empresas talvez escasseie o tempo e o momento seja difícil para 'reformular essa tradição' a que acima se aludiu.

Fica a anotação de que é crescente o reconhecimento dessa inevitabilidade de melhoria da capacidade de inovação, adaptação e desenvolvimento, de onde a exigência da aproximação

universidade-indústria em I&D, caminho que a universidade tem igual obrigação de percorrer.

### Sobre o futuro da carreira de engenheiro químico

Passe-se da apreciação do colectivo do sector para o individual da carreira.

Ao falar de uma carreira, será adequado começar por escrever a definição de referência<sup>1</sup> que se tem em mente na apreciação:

Engenharia Química é a profissão que se ocupa da aplicação de ciências e técnicas respeitantes a processos e seus produtos, nas actividades de investigação, concepção, estudo, projecto, fabrico, construção, produção, fiscalização e controlo de qualidade, incluindo coordenação e gestão dessas actividades e outras com elas relacionadas. Complementarmente, dentro do contexto de aplicações nas indústrias química, bioquímica e alimentar, será adequado definir processo como um conjunto de equipamentos interligados, funcionando por forma a produzir produtos, experimentando a matéria alterações de composição, de conteúdo energético ou de estado físico.

Esta é a visão clássica, restritiva na aplicação das capacidades dos engenheiros químicos, a qual será alargada já abaixo nesta secção.

Ainda assim, nesta visão direccionada para a indústria química, muitas são as oportunidades que de uma forma ou outra vão necessariamente espreitar. Têm os profissionais de engenharia química, prioritariamente os mais jovens, de estar preparados para as agarrar, numa convergência de satisfação individual de carreira e de cumprimento de uma responsabilidade para com a Sociedade.

O esforço de apreciação curricular que tem vindo a ser feito pelas instituições que são responsáveis pelo ensino/aprendizagem de engenharia química, esforço claramente catalisado pelas acções de acreditação levadas a cabo pela Ordem dos Engenheiros e também pelas acções de avaliação externa sob a égide da Fundação das Universidades Portuguesas, tem produzido efeitos positivos de qualidade de estrutura e conteúdo de cursos.

Genericamente, os cursos existentes promovem uma formação significativa nas áreas das ciências de base (matemática, física e química), nas disciplinas essenciais de ciências de engenharia (fenómenos de transporte/mecânica de fluidos, termodinâmica e química-física) e nas disciplinas de engenharia química propriamente ditas que poderemos agrupar em engenharia das reacções, processos de separação e engenharia de sistemas. Apontar-se-ão lacunas, aqui ou ali, em projecto, em materiais, em segurança industrial e sensibilização ambiental, em conceitos de desenvolvimento sustentado, em informática industrial (exigência recente), mas globalmente a formação de base é sólida.

Como muito bem diz Gonçalves da Silva (2000) 'o poderoso binómio química-engenharia química tem um papel estratégico no desenvolvimento científico e tecnológico da humanidade'. Está o autor em crer que o engenheiro químico sai da Escola capaz de captar e responder aos desafios que se lhe coloquem ou apareçam de forma mais ou menos aleatória, como sai com a capacidade de adaptação e de absorção das mudanças estratégicas e tecnológica que hoje são uma realidade.

---

<sup>1</sup> Adapta-se à área genérica de de engenharia química a definição formal do Título de Engenheiro, consagrada no dec. lei nº 119/92 de 30 de Junho

A evolução da tecnologia digital com todas as consequências hoje bem conhecidas nas áreas das comunicações e do tratamento de informação, bem como certamente na área da operação assistida por computador dos processos industriais, trouxe realmente concepções novas de estratégia e negócio globais, trouxe exigências de re-organização empresarial e trouxe apoios a uma concepção antiga, revitalizada com os meios e desafios actuais - a filosofia de *gestão da qualidade total* (Gonçalves da Silva, 2000) dos anos 30 do século passado. Também aqui se abrem aos engenheiros químicos oportunidades de actividade para a qual, com a devida adaptação transitória estão de base preparados.

Enfim, 'planeamento de carreira' é conceito que também está a mudar, devendo reconhecer-se que em muitos aspectos é hoje mais difícil do que ontem, mas as oportunidades existem. A flexibilidade e diversidade expostas levam inexoravelmente ao quadro de a educação em engenharia química não terminar, de forma alguma, com a licenciatura (ou seu equivalente futuro...), o que levanta a discussão do problema vital da educação e da formação contínua.

### Educação no Séc. XXI

É verdade que a Educação em nenhum momento pode ficar de fora de uma análise de perspectivas de futuro.

Educação é a chave que assegura a sobrevivência da raça humana. Tem sido a forma primeira de transferir *conhecimento* de geração para geração. É hoje, mais do que nunca, o garante indirecto de sobrevivência dos humanos, pela consciencialização sobre os problemas ambientais que nos ameaçam.

Não é este o espaço para uma análise detalhada sobre factores que afectam e condicionam o processo de ensino/aprendizagem. Mas é espaço para apreciar a questão da Educação, na perspectiva da carreira e das exigências da indústria.

Aprecie-se o tipo de 'capacidade e competências' que se esperam hoje de um engenheiro químico, tal como o sugeriram a Gillett (2000) discussões várias sobre o tema, ao longo de uma década (Tabela 2).

<b>Capacidades relacionadas com o trabalho</b>	<b>Competências (como se executam as tarefas)</b>	<b>Conhecimento técnico necessário</b>
Trabalho de grupo	Pensamento holístico	Eng. Química, processamento por partidas, Tecnologia de partículas, etc..
Comunicação	Capacidade de influenciar	química orgânica, biotecnologia, etc...
Liderança	Auto-gestão, gestão de pessoas	Engenharia de sistemas, gestão de produção, controlo...
	Alcance de objectivos	

As palavras-chave são: atitude, formação de base sólida, actualização, adaptação.

A Universidade é desde logo responsável pela formação de base. Em larga medida também é responsável (ou deveria sê-lo) pelo desenvolvimento da atitude.

Põe-se de seguida a questão da *degenerescência* do conhecimento, na perspectiva da utilidade de uso individual. Aponta-se para o tempo de semi-vida do conhecimento em engenharia química ser de 5 anos, e indicam-se várias razões: i) pela evolução do conhecimento; ii) pela limitação humana que leva à necessidade de rever e refrescar periodicamente ideias; iii) pela pressão da exigência de adaptabilidade (flexibilidade e mobilidade); iv) pelo aparecimento de novas áreas associadas à engenharia química.

Talvez esse tempo de semi-vida seja mais elevado. É no entanto claro que em termos do futuro (que já começou) a vantagem competitiva está em ultrapassar essa *degenerescência* pela via da formação contínua. A idade para formação não será mais dos '6 aos 23', nem dos '6 aos 30', como era uso, mas sim dos '3 aos 83...!', isto é, começando na pré-primária e durando o que durar.

Na Tabela 3 podem apreciar-se algumas das muitas formas e modelos de formação contínua.

**Tabela 3 - Exemplos de formas e modelos de formação contínua** (adaptado de Gillett, 2000)

Método de fornecimento	Fornecedores	Clientes	Comentários
Cursos formais (tempo inteiro)	Universidades	Eng. entre -empregos Eng. empregados	ex.: licenciaturas, mestrados
Cursos formais (tempo parcial)	Universidades	Eng. empregados	ex.: licenciaturas, mestrados
Conferências e seminários	Organizações profissionais	Eng. empregados	apresenta tecnologia e inovações
<i>Workshops</i>	Organizações profissionais	Eng. entre -empregos Eng. empregados	apresenta tecnologia e inovações
Aprendizagem à distância	Universidades e organizações profissionais	Eng. entre -empregos Eng. empregados	apresenta tecnologia e inovações
Aprendizagem assistida por computador	Agentes especializados (universitários ou não)		orientados para objetivos
Cursos internos	Empregadores	Eng. empregados	dirigidos a: capacidades pessoais desenvolvimento de competências
Prática industrial	Empregadores	Eng. empregados	Orientados para objetivos
Autodidactismo	Organizações profissionais	Todos os engenheiros	Planos de carreira pessoal

Com a evolução das comunicações, com a Internet, a oferta de cursos à distância vai disparar, como resposta ao conceito de 'educação para todos'. Possivelmente a oferta de 'universidade aberta' aumentará. Como terá que aumentar, por razões óbvias, um forte



controlo de qualidade do produto final, numa palavra a acção de 'acreditação' desse produto.

### Em forma de reflexão final ou conclusões

A engenharia química com as suas trajectórias ditadas pelo equilíbrio da evolução da economia com a reacção humana de sustentabilidade e também ditadas pela evolução da tecnologia e da ciência, vai continuar a existir de corpo próprio como uma disciplina com uma contribuição distinta das outras, essencial para as necessidades e para o bem-estar da Humanidade.

É certamente necessário que as empresas tenham engenho e capacidade estratégica para implementar mudanças e para tomar opções de racionalização de produção e de oportunidade de produção, algo que só é exequível com capital humano que garanta actualização e inovação. A indústria e a engenharia química adaptar-se-ão às áreas que se abrem, sendo certo que para isso a educação/formação robusta e contínua é essencial.

Ligue-se a questão da educação contínua com a da inovação tecnológica. Também aqui nos questionamos sobre qual a perspectiva das empresas portuguesas e qual a perspectiva das universidades relativamente às necessidades da indústria.

Alguns dos alunos de hoje serão os Directores do amanhã, que deverão estar bem formados e informados, numa palavra aptos a absorver e a acompanhar de forma activa esta evolução. Qual silogismo, toda esta realidade tem que ser encarada como um desafio e uma exigência a todos os que se dedicam ao ensino de Engenharia, em particular ao ensino de disciplinas que combinem teoria e tecnologia.

A Universidade enquanto Instituição formadora de potenciais quadros superiores, tem de ouvir atentamente a indústria e definir a formação que é necessário proporcionar, não em termos estáticos mas em termos de evolução, tendo como referência Sociedades com as quais a nossa convive e compete, Sociedades reconhecidamente mais desenvolvidas. Ou, em termos mais simples, temos que nos questionar sobre -

O que é que o jovem engenheiro químico vai encontrar na *prática* e o que é que a *prática* devia encontrar nesse jovem? Não esquecendo que nem sempre a *prática* tem razão...

Há, no fim da linha (ou será no início?) o factor crucial que é o da atitude, o factor humano. Temos todos que exigir a todos, começando coerentemente por cada um exigir a si próprio, responsabilidade, comprometimento, empenhamento e envolvimento pleno na nossa actividade.

Temos que estar 'deterministicamente preparados para influenciar e aproveitar acontecimentos, estocásticos ou não.

### Referências

Barreto, A., *Desastres*, Jornal Público, p.7, 11 de Março de 2001.

Gillett, J. E. , *The Education of Chemical Engineers in the Third Millennium*, Plenary Lecture, Paper A5.0, CHISA 2000, Prague, 27-3 August 2000.

Gonçalves da Silva, A., *O Engenheiro Químico no Século XXI, Reflexões sobre o futuro da carreira de engenheiro químico*, *Ingenium*, II Série 51 96-98, Setembro de 2000.

Valadares Tavares, L. (Ed.), *A Engenharia e a Tecnologia ao Serviço do Desenvolvimento de Portugal: Prospectiva e Estratégia 2000-2020*, Editorial Verbo, Lisboa/S. Paulo, Novembro de 2000.