

QUÍMICA

Editorial 2

Noticiário SPQ 3

IX Olimpíada Ibero-americana de Química 11

Atracção Química 19

Química On-line 22

Livros & Multimédia

Química dos Polímeros 23

Química e Indústria

As características das tintas e as características dos polímeros com que são formuladas 24

Susana Carvalho, José L. Nogueira

Entrevista

Entrevista Prof. José A. S. Cavaleiro 31

Química e Ensino

Erros experimentais – uma abordagem pedagógica 37

Isabel M. A. Fonseca

O programa do 12.º ano explicado 42

Isabel P. Martins et al.

Escola Infanta D. Maria, Coimbra 47

Carlos F. Simões

Opinião

A necessidade de exames no ensino básico e secundário 53

Victor M.M. Lobo

Artigos

Química e Desenvolvimento Sustentável 59
Adélio A. S. C. Machado

Novas Perspectivas na Preparação de Amostras para Análise Cromatográfica 69

C. Almeida, P. Rosário, P. Serôdio, J.M.F. Nogueira

Tomar Nota

Destaques 78

Agenda 80

Olimpíadas Ibero-americanas de Química

11

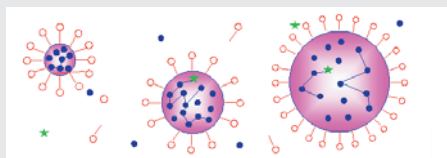
Ana Ortins Pina e Ana Rita Lopes conseguiram para Portugal a Medalha de Ouro e uma Menção Honrosa, respectivamente, na IX OLIMPIADA IBEROAMERICANA DE QUÍMICA que teve lugar em Castellon, Espanha.



As Características das Tintas

24

A revolução industrial foi, sem dúvida, o facto singular que maior pressão exerceu para o desenvolvimento da tecnologia das tintas e vernizes. Alguns aspectos relacionados com os polímeros que têm utilização corrente em tintas para arquitectura, nomeadamente tintas de base aquosa para a pintura de paredes em interior e exterior.



Preparação de Amostras para Cromatografia

69

Abordagem de algumas metodologias de preparação de amostras complexas para análise cromatográfica: extracção em fase sólida (SPE), micro-extracção em fase sólida (SPME) e extracção sorptiva em barra de agitação (SBSE).



**Boletim da
SOCIEDADE PORTUGUESA DE QUÍMICA**



Capa: Joana Pinheiro

Propriedade de:

Sociedade Portuguesa de Química
ISSN 0870 - 1180
Registo na DGCS n.º 101 240 de 28/9/72
Depósito Legal n.º 51 420/91
Publicação Trimestral
N.º 95, Outubro - Dezembro 2004

Redacção e Administração

Av. da República, 37 - 4.º Fax: 217 952 349
1050-187 LISBOA E-mail: boletim@fe.up.pt
Tel.: 217 934 637 www.spq.pt

Editor

Joaquim Faria

Editores-Adjuntos

Carlos Folhadela Jorge Morgado
Helder Gomes Marcela Segundo

Comissão Editorial

Hugh Burrows (FCT-UC) João Rocha (UA)
Maria José Calhorda (FC-UL) M. N. Berberan e Santos
J. Ferreira Gomes (FC-UP) (IST-UTL)
Ana Lobo (FCT-UNL) A. Nunes dos Santos
Irene Montenegro (UM) (FCT-UNL)

Neste número colaboram:

José Luís Figueiredo Mário Nuno Berberan
(Lab. de Catalise e Santos (IST)
e Materiais, FEUP) António José Ferrer Correia
(Dep. Química, UA)
Cláudia Gomes da Silva Maria Helena Florêncio
(Lab. de Catalise e Dep. de Química
e Materiais, FEUP) e Bioquímica, FCUL)
Paulo Brito (Dep. João Carlos R. Reis
de Tecnologia Química, (Centro de Electroquímica
ESTIG-IPB) e Cinética, FCUL)
Paulo Ribeiro Claro (Dep. Ana Maria Oliveira-Campos
de Química, UA) (Dep. Química, UMinho)

Publicidade

Helder Gomes
Tel.: 273 303 112
Fax: 273 313 051
htgomes@pb.pt

Grafismo

sentido: designers / Nuno Gonçalves

Execução Gráfica

FACSIMILE, Tel. 213 829 792
Offset e Publicidade Fax 213 829 794
Rua Vitor Bastos, 10-A mail@facsimile.pt
1070 - 285 LISBOA

Tiragem

2500 exemplares

Preço avulso

€ 12,50
Assinatura anual - quatro números
€ 45
(Continente, Açores e Madeira)

Distribuição Gratuita aos sócios da SPQ

As colaborações assinadas são da exclusiva responsabilidade dos seus autores, não vinculando de forma alguma a SPQ, nem a Direcção de "Química".

São autorizadas e estimuladas todas as citações e transcrições, desde que seja indicada a fonte, sem prejuízo da necessária autorização por parte do(s) autor(es) quando se trate de colaborações assinadas.

A Orientação Editorial e as Normas de Colaboração podem ser encontradas nas páginas interiores.

Publicação subsidiada pela

FCT Fundação para a Ciência e a Tecnologia
MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E DA TECNOLOGIA

Apoio do Programa Operacional Ciência, Tecnologia, Inovação do Quadro Comunitário de Apoio III

Este foi um bom trimestre para a Química e para a Sociedade Portuguesa de Química!

O Estímulo à Excelência distinguiu 75 investigadores dos quais mais de 40 são Químicos ou afins. De entre os distinguidos 35 constam dos nossos registos, embora apenas 33 se possam contar entre os nossos sócios activos (desenvolvimento no interior do boletim). Resta ainda acrescentar que nem todos os químicos elegíveis (e sócios da SPQ) concorreram a esta distinção, o que, a concretizar-se acentuaria a preponderância da Química como um dos domínios mais activos. Este reconhecimento tem sobretudo importância por mostrar que em Portugal 75 cientistas desenvolvem actividade de investigação científica de nível internacional, há pelo menos 5 anos, pese embora nem todos sejam portugueses (5 estrangeiros). A cobertura mediática foi modesta, quase inexistente, não fora a excepção feita por um diário nacional de grande tiragem. Talvez porque a ciência que por cá se faz não é mediática, ou porque a divulgação que dela se faz não tem impacto ou tradição, ou ainda porque 75 investigadores assinalados representam não mais do que cerca de 1% dos doutorados do país. No entanto, como um dos distinguidos fez questão de lembrar, o Estímulo vale sobretudo pelo valor simbólico, pois recompensa quem se esforça. E uma recompensa justa é o melhor exemplo que o estado pode dar aos seus constituintes.

Bons exemplos foram também dados pela representação portuguesa na IX Olimpíada Ibero-americana de Química. A equipa portuguesa conseguiu uma Medalha de Ouro e uma Menção Honrosa. A felicidade das duas contempladas e a maneira genuína como encararam esta vitória deixa a SPQ orgulhosa do seu papel nesta conquista. Chegou-se aqui com imenso trabalho e perseverança, mas ainda há muito pela frente e por isso se pôs em marcha o programa Atracção Química para 2004/2005 com a introdu-

ção das Olimpíadas Júnior, dedicadas ao ensino básico. A apresentação é feita no interior deste número pelo coordenador nacional, o Prof. Paulo Ribeiro Claro. A ele se deve também a reabilitação das Olimpíadas nacionais e, após seis anos de intenso envolvimento, os resultados são agora visíveis. Assim se consiga vencer o cepticismo ou apatia vigentes em algumas escolas que ainda não compreenderam a importância destas provas. Felizmente é das outras que reza a história e para ilustrar o trabalho muito bem pensado que se faz nalgumas delas veja-se a entrevista feita na Escola Infanta D. Maria, em Coimbra, a Escola da nossa detentora da Medalha de Ouro, e uma das mais bem cotadas na aferição do Ministério da Educação.

Este número retoma a temática do Encontro Nacional deste ano em Coimbra e do papel da Química em encontrar soluções, quer ao nível industrial, como são as novas formulações para as tintas, quer ao nível laboratorial, na preparação de amostras para uma das análises mais comuns de sempre, a análise cromatográfica. Ainda na esteira do encontro a entrevista com o Prof. J.A.S.Cavaleiro, vencedor do Prémio Ferreira da Silva e distinguido também com o Estímulo à Excelência.

Espero que a leitura ainda deixe tempo para uma espreitadela ao portal da SPQ (www.spq.pt), renovado e com muito mais pontos de interesse.

De acordo com o espírito da época em que concluímos este número, o corpo editorial do QUÍMICA embrulhou para vós estas prendas, com todo o prazer que isso nos dá e quase fazendo esquecer o que nos custa. Que o Novo Ano seja muito participado para podermos partilhar com todos os associados aquilo que vai fazendo a História da Sociedade. Próspero 2005.

Corpo Editorial, MS, CF, JM, HG e JF



Direcção da SPQ reúne após divulgação de colocações no ensino superior

Sensível aos números registados nos últimos concursos de admissão ao ensino superior e à tendência crescente de perda de candidatos às licenciaturas na área da Química, a Direcção da SPQ reuniu para analisar a sua posição face a esta situação. Nesta reunião foi analisado um relatório sobre as causas do desinteresse dos jovens pelo estudo da Química e discutidas as medidas ao alcance da SPQ para contrariar esta tendência. De acordo com o relatório apresentado, foi concluído que cabe à SPQ incentivar a divulgação e promoção da Química nas escolas e na sociedade.

Deste modo, a Direcção decidiu dar início a um conjunto de iniciativas com o objectivo de despertar o interesse pela Química entre os jovens e cativar vocações para carreiras no âmbito da Química. Estas iniciativas serão agrupadas sob um programa designado "Atracção Química", de forma a conferir-lhes maior visibilidade. Para atingir os seus objectivos, este programa deverá motivar a participação de outras entidades interessadas – em particular os Departamentos de Química das universidades.

Foi também decidido que as iniciativas a desenvolver no âmbito do programa "Atracção Química" deverão ter como prioridades promover as actividades de contacto dos estudantes com a Química, clarificar as opções de carreira profissional em Química, apoiar os profes-

sores do ensino básico e secundário de uma forma mais próxima, e desenvolver melhores recursos pedagógicos.

... e obtém resposta favorável dos Departamentos (com cursos) de Química

Na sequência das decisões acima mencionadas, a SPQ convidou os presidentes dos Departamentos das universidades portuguesas com licenciaturas em Química para uma reunião de apresentação do "Programa Atracção Química" e lançamento de uma das suas primeiras iniciativas: a realização das "Olimpíadas de Química Júnior" a nível nacional, já em 2005.

A esta reunião compareceram – ou fizeram-se representar – os presidentes de 12 Departamentos de Química, de Química e Bioquímica, e de Engenharia Química, de 11 universidades portuguesas – Universidade do Algarve (DQB), Universidade de Aveiro (DQ), Universidade da Beira Interior (DQ), Universidade de Coimbra (DQ), Universidade de Évora (DQ), Universidades de Lisboa (DBQ-UL, DQ-UNL, DEQ-IST-UTL), Universidade do Minho (DQ), Universidade do Porto (DQ e DEQ), Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro (DQ), – e ainda a Divisão de Química do ITQB-UNL (a reunião com a presidente do DQ da Universidade da Madeira, decorrerá dias antes, por ocasião do 1.º Encontro de Ciência e Tecnologia, na Universidade de Aveiro).

A comparência de um número elevado de instituições é reveladora da sintonia entre as preocupações da Direcção da SPQ e dos Departamentos de Química. Esta reunião revelou que um número significativo de instituições dedicam já uma atenção muito especial às actividades de divulgação junto das escolas. O "Programa Atracção Química" surgiu assim como um programa potenciador dessas actividades, tendo sido acolhido de forma favorável. Foram discutidas algumas das iniciativas previstas e apresentadas sugestões para actividades futuras.

A segunda parte da reunião foi dedicada ao tema "Olimpíadas de Química Júnior", e sua possível realização a nível nacional através da colaboração SPQ-DQs. Com base na experiência das primeiras "Olimpíadas de Química Júnior" realizadas em 2004 na Universidade de Aveiro, a nível regional, foram apresentados os objectivos propostos e os recursos necessários. Apesar da elevada exigência desta actividade – que deve reflectir o carácter experimental da Química e abranger o maior número de alunos possível – a generalidade dos presentes manifestou o interesse da sua instituição em fazer parte da rede das "Olimpíadas de Química Júnior". A prova foi marcada para o dia 9 de Abril, na primeira semana do 3.º período lectivo, podendo as escolas inscrever-se até ao dia 15 de Fevereiro de 2005.

Paulo Ribeiro Claro, SPQ

A SPQ na discussão da reestruturação dos cursos de Ciências

Realizou-se no dia 7 de Outubro de 2004, na Faculdade de Ciências do Porto uma reunião aberta a todos os parceiros académicos nos cursos de Ciências, com vista à discussão de um relatório sobre a reorganização dos referidos cursos à luz do Processo de Bolonha e dos esboços legislativos nacionais

em elaboração, na qual a Sociedade Portuguesa de Química foi chamada a participar.

O documento em discussão foi preparado pelo grupo de trabalho constituído pelos professores Diogo Figueiredo (Universidade de Évora), João Queiró (Universidade de Coimbra), Miguel Miranda (Universidade de Lisboa) e José Ferreira Gomes (Universidade do Porto). A reunião foi muito participada e o debate

aberto, pelo que o documento resultante deve reflectir significativamente a posição comum das Universidades envolvidas nesta área de educação e formação.

Esta acção decorre na sequência de uma solicitação expressa da Senhora Ministra da Ciência, Inovação e Ensino Superior, ao Professor José Ferreira Gomes, Vice-Reitor da Universidade do Porto, para elaborar um parecer sobre a forma como os cursos de Ciências po-

derão ser reorganizados à luz do Processo de Bolonha. Contudo este pedido surge debaixo da prerrogativa de uma estrutura que parece vingar na Europa em que se opta por um sistema de 2 ciclos iniciais de 3+2 anos. Imediatamente surgem o problema da gestão dos actuais cursos de 4 anos e da designação dos finalistas do primeiro ciclo.

Os resultados da reunião apontam no sentido de que os cursos se organizem em torno de 3 ciclos com durações de 3, 2 e 3 - 4 anos respectivamente, com a designação de Bacharel em Ciências para o primeiro ciclo, Master para o seguinte e Doutor para o último. Algumas instituições deverão ainda ter a possibilidade de conceder um título (intermédio) de Licenciado aqueles que completam o primeiro ciclo mais 1 ano, essencialmente com vista à inserção na

vida activa, em carreiras que exijam elevado grau de especialização. A Senhora Ministra tem garantido o financiamento dos estudos "até à profissionalização", o que se poderá interpretar como os estudantes dos futuros três ciclos. Note-se que actualmente, são financiados os bacharelatos e licenciaturas por um regime geral, os primeiros anos de mestrado de forma reforçada em relação às licenciaturas e os doutoramentos através de bolsas da Fundação para a Ciência e a Tecnologia. Como o processo de transição é complicado e de difícil gestão integrada sugere-se a criação de um órgão com funções de acompanhamento e creditação dos respectivos cursos, em função das suas designações, objectivos e organização. O relatório final foi posto a discussão no final de Novembro,

para de seguida ser enviado à Senhora Ministra.

Uma acção idêntica está em curso para a reestruturação da formação nas Engenharias, coordenada pelo Prof. Luís Soares. Entretanto, foi posta a circular uma "Posição Comum sobre o Processo de Bolonha nas Engenharias" resultante de uma reunião que teve lugar na Universidade de Coimbra a 5 de Julho de 2004, subscrita por elementos responsáveis institucionais de Universidades e Escolas com cursos de licenciatura em Engenharia, mas onde não se inclui o atrás referido coordenador. Finalmente há ainda a referir a "Posição da Ordem dos Engenheiros relativamente ao Processo de Bolonha", tornada conhecida em documento de 14 de Outubro de 2004.

JLF



Químicos Europeus constituem uma nova Associação e elegem novo Presidente

EuCheMS é o acrónimo da nova Associação Europeia de Ciências Químicas e Moleculares (European Association for Chemical and Molecular Sciences) que toma agora o lugar da anterior Federação das Sociedades de Química Europeias (Federation of European Chemical Societies, FECS). Durante a última Assembleia-geral organizada pela Sociedade Romena de Química no histórico edifício do parlamento de Bucareste, as sociedades participantes aprovaram uma rectificação dos estatutos, um novo logotipo e um novo nome. Nos meses

que se seguem terá lugar o processo que fará da EuCheMS uma *Association Internationale Sans But Lucratif* (organização internacional sem fins lucrativos).

Entretanto, o Professor Giovanni Natile, actual presidente da Sociedade Italiana de Química (Società Chimica Italiana, SCI), foi eleito pela Assembleia-geral como o sucessor do Professor Gábor Náray-Szabo para a presidência da EuCheMS, com efeitos a partir de Outubro de 2005. Enquanto presidente da SCI, G. Natile, tomou medidas enérgicas no sentido de fortalecer a política editorial da sociedade e de promover colaborações efectivas com outras sociedades europeias. Iniciou ainda várias acções no sentido de disseminar a química no seio da sociedade, de acordo com a sua convicção de que só uma melhor compreensão da química trará um melhor futuro para a química.

A agora criada EuCheMS (ver mais em www.euchems.org) tem como objectivo promover, na Europa, a cooperação entre as sociedades técnicas e científicas sem fins lucrativos e as instituições profissionais no campo da química, en-

volvendo químicos e cientistas altamente qualificados cujos interesses incluem a ciência e a aplicação da química nas suas variadas vertentes. A sua fundação assenta sobre 34 anos de história recente e aspira a proporcionar um apoio profissional às 50 sociedades participantes (onde se inclui a SPQ) espalhadas por 35 países europeus.

A estratégia da EuChemMS passa por criar grupos de influência política para estabelecer canais de financiamento capazes de modernizar a actuação das sociedades participantes e apoiar eficientemente o desenvolvimento das ciências químicas e moleculares para o Século XXI. Tendo em conta o alargamento da Europa é importante que a EuCheMS promova um debate transversal sobre tópicos importantes nas ciências químicas e moleculares, com vista a tornar-se visível e poder influenciar os centros de decisão política e económica, no sentido de apoiar e desenvolver um Espaço Europeu de Investigação.

Para alcançar os seus objectivos a EuCheMS necessita de um suporte financeiro sustentado e de se tornar visível,

não apenas para os decisores político-económicos, mas também para as outras associações científicas, para as suas sociedades participantes e para os seus membros individuais.

A comunidade das ciências químicas e moleculares tem de progredir significativamente para poder trabalhar em termos de igualdade com outras associações científicas e poder associar e ser chama-

da a participar em iniciativas conjuntas. A EuCheMS afirma-se pronta para assumir a liderança deste processo.

(Fonte: com. imprensa EuCheMS)
JLF

Catálise – Factor chave para o desenvolvimento sustentável

Foi recentemente aprovado pela UE o projecto ACENET ERA-NET (Rede europeia de Catálise Aplicada) em que a Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT) participa, juntamente com outros organismos responsáveis pelo financiamento da investigação em nove países europeus (Holanda, Alemanha, França, Polónia, Portugal, Itália, Grécia, Espanha e Reino Unido). O projecto tem a duração de 4 anos e um financiamento de 2,7 M €. A FCT está representada no Conselho Directivo da ACENET pelo seu Presidente, Professor Fernando Ramôa Ribeiro (sócio n.º 1028 da SPQ) e delegou no Professor José Luís Figueiredo (sócio n.º 64 da SPQ) a representação no Conselho Executivo.

A Catálise Aplicada é uma área de grande interdisciplinaridade, com um forte potencial de aplicação em diversos sectores de actividade e também na resolução de algumas questões de importância vital para a Europa, como o desenvolvimento sustentável e a energia.

A OCDE estima que 30 a 40% do PIB das economias desenvolvidas depende

da Catálise e das Tecnologias Catalíticas. Os catalisadores são usados em mais de 80% dos processos de fabrico de produtos químicos, produtos farmacêuticos e materiais. Nos sectores da energia e dos transportes, a Catálise é essencial no controlo da poluição e no uso eficiente e limpo dos combustíveis. Os processos catalíticos permitem minimizar a produção de resíduos no fabrico de produtos químicos e farmacêuticos, contribuindo para a sustentabilidade do sector. Por definição, os catalisadores são energeticamente eficientes, e portanto vitais para o desenvolvimento da nossa economia e qualidade de vida.

Apesar da importância que lhe é reconhecida, a investigação em Catálise encontra-se fragmentada por diversas disciplinas, o que tem prejudicado a sua visibilidade; em particular, a Catálise não tem estado presente de forma explícita nos programas de financiamento da investigação da UE.

A rede ACENET tem como objectivo principal introduzir coerência e coordenação nos programas nacionais de investigação em Catálise Aplicada, para que esta disciplina seja reconhecida como uma

área científica motivadora e como um factor chave para o crescimento económico sustentável. Para atingir este objectivo, as organizações participantes comprometem-se a trocar informações e identificar boas práticas, coordenar os programas existentes e estabelecer métodos comuns de gestão dos programas de investigação, estabelecer programas trans-nacionais devidamente enquadrados na Agenda Estratégica de Investigação Europeia, e estruturar um programa comum de ensino e especialização no domínio da Catálise Aplicada. Estas actividades serão desenvolvidas em estreita colaboração com outras ERA-NETs, nomeadamente "ERA-Chemistry" (que coordena os programas de investigação em química) e "SUSPRIME" (tópicos relacionados com a "Empresa Sustentável").

Convidam-se todos os interessados, e em particular os sócios da SPQ afiliados na Divisão de Catálise e Materiais Porosos, a contribuir com as suas sugestões para o bom andamento destas actividades, tendo em vista o reforço do sistema nacional de investigação em Catálise Aplicada.

José L. Figueiredo, FEUP
(jlf@fe.up.pt)

Proteínas marcadas para destruição – Prémio Nobel da Química 2004

A Real Academia Sueca das Ciências decidiu atribuir o Prémio Nobel da Química 2004 à descoberta do processo de degradação de proteínas mediado pela ubiquitina, em ex-aequo a **Aaron Ciechanover, Avram Hershko** (ambos do Technion – Instituto Tecnológico de Is-

rael, Haifa, Israel) e **Irwin Rose** (Universidade da Califórnia, Irvine, EUA).

As proteínas são elementos constituintes de todos os seres vivos: plantas, animais e logo também nós humanos. O estudo dos mecanismos de produção das proteínas ao nível celular tem atraído a atenção de muitos investigadores nas últimas décadas. Ao contrário o processo oposto de decomposição das proteínas ao mesmo nível, não tem motivado

de igual modo a investigação bioquímica mais contemporânea. Aaron Ciechanover, Avram Hershko e Irwin Rose decidiram avançar contra a corrente e a partir de 1970 começaram a pôr de pé um conjunto de trabalhos sobre um dos processos mais importantes da célula, nomeadamente a degradação proteica regulada. E por este trabalho foram neste ano agraciados com o Prémio Nobel da Química, como explica o comunicado

de imprensa da Real Academia Sueca das Ciências.

Segundo o trabalho destes cientistas a célula pode ser descrita como um centro de processamento altamente organizado onde as diferentes proteínas são sistematicamente sintetizadas e destruídas de acordo com as necessidades do organismo. A destruição não pode ser indiscriminada, tendo de obedecer a um processamento finamente controlado, pois quer a falta, quer o excesso de proteínas pode resultar na ocorrência de doenças.

Como sempre as reacções ao prémio pelos laureados são de total surpresa, tanto mais que alguns destes cientistas nem sequer se consideram químicos de formação. Por exemplo, A. Ciechanover, tem essencialmente uma formação em física e bioquímica e consideraria "se alguma possibilidade houvesse [para o Prémio], a medicina ou fisiologia. Química é uma surpresa total", confessa na entrevista cedida à Fundação Nobel (FN) após ter conhecido a atribuição do prémio a 6 de Outubro.

Grande parte do trabalho na base do prémio foi desenvolvido durante períodos de licença sabática que A. Ciechanover e A. Hershko passaram no laboratório Fox Chase Cancer Center, Philadelphia, EUA, onde estava I. Rose, mas do qual se encontra reformado desde 1995. Em 1997, I. Rose aceitou uma cátedra especial como Professor emeritus na Universidade da Califórnia, Irvine, EUA onde mantém a sua actividade de investigação. Por seu turno, A. Ciechanover e A. Hershko mantêm as suas actividades de investigação em Israel, no Technion – Instituto Tecnológico de Israel, Haifa.

Quando questionado pela FN sobre que conselho dar aos jovens estudantes que sonham com o Prémio Nobel, A. Hershko sugere que "tentem encontrar um problema importante mas que ainda não seja o centro das atenções em biologia ou química. Penso que é o que conta para as verdadeiras descobertas e é assim que deve ser feito. É este o meu conselho para os jovens investigadores".

Perfume e Cor – Os prémios Nobel da Medicina e da Física 2004

A Assembleia do Nobel no Instituto Carolíngio decidiu em 4 de Outubro atribuir o Prémio Nobel da Medicina ou Fisiologia de 2004 em simultâneo a **Richard Axel** (New York, EUA) e a **Linda B. Buck** (Seattle, EUA) pelas suas descobertas sobre os receptores odoríferos e sobre a organização do aparelho olfativo.

O olfacto é dos mais misteriosos dos nossos sentidos, pela maneira como está associado às nossas funções cerebrais: até agora a maneira como reconhecíamos e guardávamos memória de cerca de 10.000 odores diferentes não era compreendida. Os laureados com o Prémio Nobel da Medicina deste ano identificaram uma família de genes com cerca de 1000 elementos diferentes (3% do número total de genes no nosso código) responsáveis por produzir um número comparável de tipos de receptores olfactivos, localizados nas células receptoras olfactivas e responsáveis pela detecção dos diferentes aromas.

O trabalho pioneiro da descrição da família de genes foi publicado num artigo conjunto em 1991 (*Cell*), com base no trabalho realizado no laboratório de R. Axel (Howard Hughes Medical Institute) e onde L. Buck se encontrava como

investigadora. Desde então têm trabalhado independentemente, mas em paralelo na descrição do sistema olfativo, desde o nível molecular até à organização celular.

A Real Academia Sueca das Ciências decidiu em 5 de Outubro atribuir o Prémio Nobel da Física 2004 à descoberta da "liberdade assintótica na teoria da interacção forte" em ex-aequo aos norte-americanos **David J. Gross** (Instituto Kavli para a Física Teórica, Universidade da Califórnia, Santa Barbara), **H. David Politzer** (Instituto Tecnológico da Califórnia (Caltech), Pasadena) e **Frank Wilczek** (Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT), Cambridge).

As descobertas agraciadas neste prémio estão na base da teoria Cromodinâmica Quântica (QCD, *Quantum Chromodynamics*) que data de 1973 e constitui um elemento importante do "modelo padrão" que descreve a física das forças electromagnéticas (entre partículas carregadas), das forças fracas (entre fótons) e das forças fortes (também conhecida por força de cor, que rege as interacções entre quarks). Com a ajuda da QCD os cientistas conseguem explicar o facto aparentemente contraditório de que os quarks não podem ser isolados, e por oposição comportam-se quase como partículas livres quando estão próximos entre si. No próton e no neutrão os quarks apresentam-se sempre como tripletos.

Estes trabalhos são mais um avanço na cruzada do Santo Graal da Física, que é a busca da Teoria Unificada. Representam mais um passo na compreensão do tipo de forças que actuam no Universo e como essas forças juntam as partículas que constituem tudo o que nos envolve.

(Fonte: Nobel.org)
JLF

Estímulo à Excelência distingue sócios da SPQ

Decorreu no dia 25 de Novembro, no Palácio das Laranjeiras em Lisboa, a ce-

rimónia de atribuição do "Estímulo à Excelência", presidida pela Senhora Ministra da Ciência, Inovação e Ensino Superior, Professora Maria da Graça Carvalho, que juntamente com o presi-

dente da Fundação para a Ciência e Tecnologia, Professor Fernando Ramôa Ribeiro, entregaram a distinção a 75 investigadores. Este estímulo pretende distinguir a carreira profissional dos in-

investigadores residentes em Portugal há pelo menos cinco anos, cuja produtividade se encontra ao nível dos padrões internacionais, reconhecendo assim a importância do seu trabalho.

Os índices mínimos para a atribuição do "Estímulo à Excelência" são: (a) publicação de 100 artigos em revistas internacionais e 500 citações referenciadas no Science Citation Index (SCI), da ISI Web of Knowledge; ou (b) a supervisão de 10 doutoramentos concluídos com êxito e a publicação de 50 artigos em revistas internacionais e 250 citações referenciadas no SCI. A atribuição consiste num financiamento a título excepcional no valor de 5000 /ano concedido à instituição onde o investigador exerce a sua actividade e destina-se a actividades de investigação e divulgação científicas.

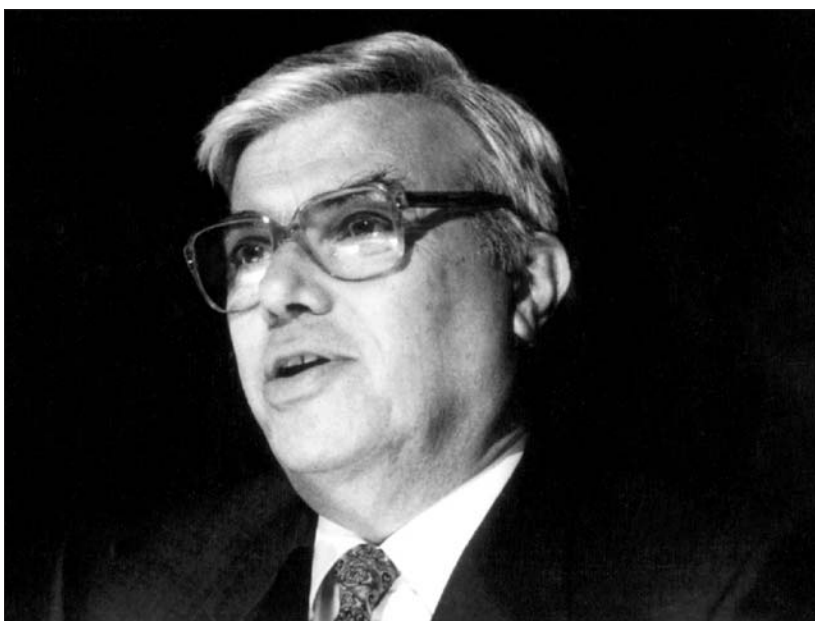
As áreas contempladas nesta primeira atribuição incluem as ciências de engenharia, química, física, ciências biológicas, biotecnologia e ciências de saúde. Está previsto alargar este tipo de distinção a todos os domínios científicos (onde se incluirá a matemática e as ciências sociais e humanas) com outros índices mínimos requeridos correspondentes a um idêntico grau de exigência.

De entre os 75 investigadores distinguidos, 33 são sócios activos da SPQ:

- Prof. Doutor Carlos Frederico de Gusmão Campos Geraldes (Universidade de Coimbra, Faculdade de Ciências e Tecnologia), sócio n.º 14;
- Prof. Doutor José Luís Fontes da Costa Lima (Universidade do Porto, Faculdade de Farmácia), sócio n.º 24;
- Prof. Doutor Manuel Aníbal Varejão Ribeiro Silva (Universidade do Porto, Faculdade de Ciências), sócio n.º 41;
- Prof. Doutor José Luís Cabral da Conceição Figueiredo (Universidade do Porto, Faculdade de Engenharia), sócio n.º 64;
- Prof. Doutor Baltazar Manuel Romão de Castro (Universidade do Porto, Faculdade de Ciências), sócio n.º 132;
- Prof. Doutor Rui Fausto Martins Ribeiro da Silva Lourenço (Universidade de Coimbra, Faculdade de Ciências e Tecnologia), sócio n.º 217;
- Prof. Doutor Alírio E. Rodrigues (Universidade do Porto, Faculdade de Engenharia), sócio n.º 328;
- Prof. Doutora Isabel Maria A M. Galhardas de Moura (Universidade Nova de Lisboa, Faculdade de Ciências e Tecnologia), sócio n.º 332;
- Prof. Doutor José João Galhardas Moura (Universidade Nova de Lisboa, Faculdade de Ciências e Tecnologia), sócio n.º 333;
- Prof. Doutor José Joaquim Cristino Teixeira Dias (Universidade de Aveiro), sócio n.º 414;
- Prof. Doutor Hugh Douglas Burrows (Universidade de Coimbra, Faculdade de Ciências e Tecnologia), sócio n.º 485;
- Prof. Doutor João Carlos Matias Celestino Gomes da Rocha, (Universidade de Aveiro), sócio n.º 668;
- Prof. Doutor Artur Manuel Soares Silva (Universidade de Aveiro), sócio n.º 709;
- Prof. Doutor Carlos José Rodrigues Crispim Romão (Universidade Nova de Lisboa, Instituto de Tecnologia Química e Biológica), sócio n.º 867;
- Prof. Doutora Maria José Diogo da Silva Calhorda (Universidade de Lisboa, Faculdade de Ciências), sócio n.º 872;
- Prof. Doutora Maria Arménia Abreu Fonseca Carvalho Teixeira Carrondo (Universidade Nova de Lisboa, Instituto de Tecnologia Química e Biológica), sócio n.º 987;
- Prof. José Abrunheiro da Silva Cavaleiro (Universidade de Aveiro), sócio n.º 990;
- Prof. Doutor Manuel Luís de Magalhães Nunes da Ponte (Universidade Nova de Lisboa, Faculdade de Ciências e Tecnologia), sócio n.º 1023;
- Prof. Doutor Fernando Ramôa Ribeiro (Universidade Técnica de Lisboa, Instituto Superior Técnico), sócio n.º 1028;
- Prof. Doutora Sílvia Marília de Brito Costa (Universidade Técnica de Lisboa, Instituto Superior Técnico), sócio n.º 1147;
- Prof. Doutora Maria de Lurdes Sadler Simões Gonçalves (Universidade Técnica de Lisboa, Instituto Superior Técnico), sócio n.º 1288;
- Prof. Doutora Maria Teresa Nogueira Leal da Silva Duarte (Universidade Técnica de Lisboa, Instituto Superior Técnico), sócio n.º 1467;
- Prof. Doutora Luísa Maria Álvares Duarte de Almeida Abrantes (Universidade de Lisboa, Faculdade de Ciências), sócio n.º 1896;
- Prof. Doutor António Manuel d'Albuquerque Rocha Gonçalves (Universidade de Coimbra, Instituto de Ciência Tecnologia e Inovação em Química), sócio n.º 2397;
- Prof. Doutor Rui Teives Henriques (Universidade Técnica de Lisboa, Instituto Superior Técnico), sócio n.º 2406;
- Prof. Doutora Ana Maria Félix Trindade Lobo (Universidade Nova de Lisboa, Faculdade de Ciências e Tecnologia), sócio n.º 2441;
- Prof. Doutor José Manuel Gaspar Martinho (Universidade Técnica de Lisboa, Instituto Superior Técnico), sócio n.º 2470;
- Prof. Doutor Fernando Jorge da Silva Pina (Universidade Nova de Lisboa, Faculdade de Ciências e Tecnologia), sócio n.º 2499;
- Prof. Doutor Alberto Sundaresan Prabhakar (Universidade Nova de Lisboa, Faculdade de Ciências e Tecnologia), sócio n.º 2501;
- Prof. Doutora Maria Helena Dias dos Santos (Universidade Nova de Lisboa, Instituto de Tecnologia Química e Biológica), sócio n.º 2513;

- Prof. Doutor Sebastião José Formosinho Sanches Simões (Universidade de Coimbra, Instituto de Ciência Tecnologia e Inovação em Química), sócio n.º 2523;
- Prof. Doutor António Joaquim de Campos Varandas (Universidade de Coimbra, Faculdade de Ciências e Tecnologia), sócio n.º 2552;
- Prof. Doutor Francisco Xavier Delgado Domingos Antunes Malcata (Universidade Católica Portuguesa, Escola Superior de Biotecnologia), sócio n.º 3109.

JLF



**Professor Catedrático Jubilado
César Augusto Nunes Viana
06/06/1932 – 13/08/2004**

O Professor César Viana faleceu repentinamente aos 72 anos de idade num hotel de Córdoba, Espanha, no próprio dia em que chegara para umas breves férias na companhia de sua Mulher.

Este inesperado acontecimento ocorreu no passado 13 de Agosto, tendo a triste notícia atingido os seus numerosos amigos e antigos colegas, funcionários e alunos. As suas elevadas qualidades humanas serão sempre recordadas com enorme saudade por todos. O funeral do Professor César Viana teve lugar, no dia 16 de Agosto, com grande acompanhamento e contou com a presença do Sr. Reitor da Universidade de Lisboa, Professor Doutor José Barata-Moura.

O Doutor César Augusto Nunes Viana, Professor Catedrático Jubilado do Departamento de Química e Bioquímica (DQB) da Faculdade de Ciências da Uni-

versidade de Lisboa (FCUL) desde 2002, e fundador e Coordenador Científico do Centro de Electroquímica e Cinética da Universidade de Lisboa (CECUL) entre 1976 e 2003, teve uma longa carreira dedicada à Química da FCUL. Nascido em Lisboa em 6 de Junho de 1932 e antigo aluno do Liceu Normal de Pedro Nunes, era licenciado em Ciências Físico-Químicas (FCUL, 1956), doutorado em Química pelas Universidades de Southampton (1966) e de Lisboa (1969), e obteve o título de Agregado em Química (FCUL, 1973). Subiu todos os degraus da carreira académica, tendo sido sucessivamente 2.º Assistente (1960), 1.º Assistente (1970), Professor Auxiliar (1970), Professor Extraordinário (1973) e Professor Catedrático (1979). Regeu um leque variado de disciplinas no âmbito da Química-Física e da Química Inorgânica, e orientou numerosos seminários, monografias, estágios científicos e dissertações de mestrado e de doutoramento em temas de

Cinética Química e de Electroquímica. Foi ainda Coordenador do Mestrado em Electroquímica Aplicada.

O Professor César Viana iniciou a sua actividade científica como bolseiro no Centro de Estudos de Radioquímica (FCUL, 1954). A partir de 1970 liderou um grupo de investigação em Termodinâmica e Processos Cinéticos em Solução, com o qual contribuiu marcadamente para a profunda renovação do ensino e investigação em química na Faculdade de Ciências. Foi através deste grupo, designado então por LQ/3, que orientou vários jovens colaboradores para a obtenção do grau de doutor em Universidades inglesas. Desde 1978, já como parte integrante do CECUL, foram concluídas 8 teses de doutoramento sob a supervisão directa do Professor César Viana. Foi ainda co-orientador de mais 6 doutoramentos. Quatro dos seus colaboradores obtiveram o grau de Doutor pela Universidade de Évora. Da sua investigação científica resultaram muitas dezenas de comunicações, lições plenárias e artigos em congressos e revistas, nacionais e internacionais. Era bem conhecido no meio académico nacional, tendo sido convidado para dezenas de júris de provas de doutoramento e de agregação, bem como de concursos para professor associado e catedrático em várias Universidades Portuguesas.

Ao longo da sua carreira, o Professor César Viana desempenhou importantes cargos oficiais, dos quais se salientam os de Vice-Presidente do Instituto Nacional de Investigação Científica, e de Conselheiro Científico deste Instituto, da NATO e da Junta Nacional de Investigação Científica e Tecnológica. Foi Presidente da Assembleia de Representantes

e do Conselho Científico da FCUL. Foi ainda sócio fundador e Presidente da Sociedade Portuguesa de Electroquímica, e membro das comissões redactoriais da Revista Portuguesa de Química e da *Portugaliae Electrochimica Acta*. Era membro da Academia Pontifícia das

Ciências (Roma) e sócio da Sociedade de Geografia de Lisboa. Vicentino desde os seus tempos de estudante, foi Presidente Nacional e, entre 1993 e 1999, Presidente Mundial da Sociedade de São Vicente de Paulo.

Maria Helena Florêncio (Presidente, Departamento de Química e Bioquímica)
 João Carlos R. Reis
 (Coordenador Científico, Centro de Electroquímica e Cinética da Universidade de Lisboa)
 Faculdade de Ciências da
 Universidade de Lisboa

Fenómenos de Superfície na Invicta Cidade do Porto

A XXIX Reunião Ibérica de Adsorção (RIA) teve lugar de 16 a 18 de Setembro 2004 na Faculdade de Ciências da Universidade do Porto. A reunião atraiu cerca de 88 participantes, e contou com 2 lições plenárias, 23 comunicações orais, 1 apresentação técnica e 2 sessões de discussão para as restantes 56 comunicações em painel. Participaram sobretudo investigadores universitários oriundos de Portugal e Espanha, além de 3 outros participantes da França e 1 do México. O historial destas reuniões remonta ao ano de 1976, em que se celebrou a "I Reunion Nacional de los Grupos de Trabajo Relacionados con la Investigación en el Campo de la Adsorción", na Universidade de Granada. Na III Reunion, celebrada em Oviedo em 1978, participou já uma numerosa delegação portuguesa, o que esteve na origem da posterior mudança de designação para "Reunião Ibérica de Adsorção". Celebraram-se em Portugal a V Reunião (Lisboa, 1980), a X (Porto, 1985), a XVIII (Lisboa, 1993) e a XXIII (Évora, 1998).

A adsorção é um processo em que as características superficiais de um dado sólido são exploradas para reter selectivamente componentes existentes numa fase líquida ou gasosa. Nos dias de hoje, não é só a adsorção que conta, mas também o processo inverso, a dessorção, sendo os dois temas indissociáveis. São fenómenos de superfície com um grande impacto industrial, sendo o melhor exemplo a substituição dos processos convencionais de separação por unidades de PSA nas refinarias e nas grandes fábricas petroquímicas. Como em todas as ciências, a adsorção é um processo em constante evolução e objecto de investigação continuada, sendo bastante longa a lista de potenciais aplicações.

O programa científico tentou cobrir de forma abrangente as principais áreas de intervenção, tendo-se organizado à volta dos seguintes tópicos:

- Adsorção em Fase Líquida
- Adsorção em Fase Gasosa
- Síntese e Caracterização
- Modelação e Simulação
- Instrumentação

Não sendo possível mencionar todas as contribuições importantes que tiveram lugar, indicam-se as duas lições plenárias apresentadas na reunião:

- Ljubisa R. Radovic (The Pennsylvania State University, EUA) "Quantum Chemistry of Adsorption and Desorption Processes on Carbon Surfaces".
- Sofia Calero (University Pablo de Olavide, Espanha) "Molecular Simulations of Adsorption of Alkanes in Zeolites"

Apesar do mês ter começado chuvoso, durante a reunião o tempo esteve soalheiro, permitindo tirar partido dos roteiros histórico-sociais do Porto. Assim houve lugar a uma visita ao Palácio da Bolsa, seguida de um pequeno cruzeiro no Douro durante o qual foi feita uma prova de vinho do Porto.

O evento foi organizado pela Delegação do Porto da Sociedade Portuguesa de Química, em colaboração com o Laboratório de Catálise e Materiais (FEUP) e o REQUIMTE (FCUP). A próxima reunião (XXX RIA) decorrerá em 2006 na Universidade de Rovira y Virgili, Tarragona, Espanha.

JLF

Bom Ambiente no Centro Cultural de Belém

Decorreu entre 27 e 29 de Outubro de 2004 a 8.ª Conferência Nacional do Ambiente, organizada pela Universidade Nova de Lisboa no Centro Cultural de Belém, reunindo mais de 400 estudantes, investigadores e público em geral, tendo o Ambiente como interesse comum. A Conferência tem uma periodicidade bienal (inicialmente designada

"Conferência Nacional sobre a Qualidade do Ambiente"), sendo organizada desde 1998 alternadamente pelos Departamentos de Ambiente da Universidade de Aveiro e da Universidade Nova de Lisboa. O programa escolhido, sem prejuízo da qualidade técnica e científica, teve um carácter generalista, procurando incluir praticamente todos os domínios do ambiente, traduzindo-se numericamente num total de duzentas e

vinte e oito comunicações orais em cinco sessões em paralelo e noventa e uma comunicações em poster em exibição permanente, distribuídas por dezasseis temas: (i) Alterações Globais e Relações Internacionais; (ii) Cidadania e Ambiente; (iii) Saúde e Ambiente; (iv) Educação Ambiental; (v) Auditoria e Eco Gestão; (vi) Economia Ambiental; (vii) Ecodesign e Análise de Ciclo de Vida; (viii) Avaliação de Impactos Ambientais;

(ix) Energia e Ambiente; (x) Planeamento Ambiental e Ordenamento do Território; (xi) Ecologia e Ecotoxicologia; (xii) Monitorização e Gestão de Recursos Naturais; (xiii) Sistemas de Informação Ambiental; (xiv) Desenvolvimento Sustentável a Nível Local; (xv) Tratamento, Gestão e Valorização de Resíduos; (xvi) Tratamento de Águas e de Águas Residuais; (xvii) Gestão de Sistemas de Abastecimento de Água e de Águas Residuais; (xviii) Poluição e Gestão da Qualidade do Ar; (xix) Gestão do Ruído.

O programa assim escolhido constituiu um Fórum Nacional de discussão de variados temas e estudos sobre o Ambiente, promovendo a divulgação de actividades de Investigação e Desenvol-

vimento realizadas em Portugal. Dada a importância Nacional da Conferência, a Sessão de Abertura foi presidida pelo Ministro do Ambiente e Ordenamento do Território, o Dr. Luís Nobre Guedes e a Sessão de Encerramento pelo Secretário de Estado do Desenvolvimento Regional, o Dr. José Eduardo Martins. Para complementar a qualidade das discussões técnico-científicas da Conferência, houve ainda oportunidade de apreciar um concerto do Rodrigo Leão no Pequeno Auditório do CCB e de desfrutar de um delicioso jantar volante no Museu da Cidade, patrocinado pela Câmara Municipal de Lisboa.

De acordo com a tradição do evento, a 9.ª Conferência Nacional do Ambiente será realizada em 2006 na cidade de Aveiro.

Helder Gomes



Simpósio da Divisão de Química Orgânica

Decorreu, nos dias 12 e 13 Novembro de 2004, na Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, em Vila Real, o Simpósio temático da Divisão de Química Orgânica da Sociedade Portuguesa de Química. O tema unificador desta reunião foi "Corantes e Pigmentos Orgânicos" e abrangeu um leque alargado de tópicos de grande interesse nesta área como fenómenos crómicos, corantes naturais e sintéticos, corantes funcionais, compostos fotocromáticos e aplicações em medicina e electrónica. Como principal inovação foram incluídas duas Sessões Experimentais, intituladas "*Química na cor dos têxteis*" e "*A Fotografia: da*



Momento da Cerimónia de Abertura.

prata aos bits", especialmente dedicadas a professores do ensino secundário e a alunos de cursos de pós-graduação.

O primeiro dia contou com a adesão de cerca de uma centena de participantes de todo o País e foram apresentadas 9 comunicações orais convidadas e 17 em painel. Foram proferidas ainda duas

lições plenárias: *Newer Technological Applications of Colour Chemistry*, pelo Dr. Peter Bamfield (Bamfield Consultancy, U.K.) e *NMR spectroscopy: a useful tool for investigation of the photochemical processes*, pelo Prof. Gaston Vermeersch (Université de Lille 2, France). No segundo dia realizaram-se duas Sessões Experimentais, muito concorridas (as lotações inicialmente previstas foram excedidas). O próximo evento da Divisão, em 2005, será o 6.º Encontro Nacional de Química Orgânica, em Braga, prevendo-se disponibilizar informações em breve.

Ana Maria Oliveira-Campos
Presidente da Divisão de Química Orgânica da SPQ

Divisões e Grupos da SPQ

O ano de 2005 será marcado pelos encontros sectoriais das Divisões e Grupos da SPQ. As datas de alguns desses encontros podem ser conferidas na Agenda no fim deste número. Adicionalmente apresenta-se de seguida uma lista contendo os actuais presidentes de

cada uma das Divisões ou Grupos actualmente em exercício.

Divisões

Química Inorgânica

João Rodrigues
Departamento de Química
Universidade da Madeira
Campus da Penteadá
9000-390 Funchal

Madeira
Phone: 291 705100
Fax: 291 705149
joaor@uma.pt

Química Orgânica

Ana Campos
Departamento de Química
Universidade do Minho
Campus de Gualtar,

4710-057 Braga
Tel: 253 604386
Fax: 253 67893
amcampos@quimica.uminho.pt

Química-Física

Alexandre Magalhães
Departamento de Química
Universidade do Porto
Rua do Campo Alegre 687
4169-007 Porto
Tel: 226 082794
Fax: 226 082959
almagalh@fc.up.pt

Química Analítica

Christopher Brett
Departamento de Química
Universidade de Coimbra
3004-535 Coimbra
Tel: 239 852080
Fax: 239 827703
brett@cygnus.ic.pt

Química Alimentar

Dulcineia Ferreira
Escola Superior Agrária de Viseu
Instituto Politécnico de Viseu
Quinta da Alagoa – Estrada de Nelas
3500-606 Viseu
Tel.: 232 480600 / 480655
Fax: 232 426536
ferdulcineia@esav.ipv.pt

Ensino e Divulgação da Química

Duarte Costa Pereira
Faculdade de Ciências
Universidade do Porto
Rua do Campo Alegre 687
4169-007 Porto
Tel.: 226 082990
Fax: 226 082959
dcpereir@fc.up.pt

Catálise e Materiais Porosos

Peter Carrott
Centro de Química de Évora e Departamento de Química
Universidade de Évora
Colégio Luís António Verney
7000-671 Évora
peter@uevora.pt

Química Industrial

José Costa Reis
Petrolabe _ Gab. Proj. Cons. Indústria, Lda
Rua. Prof. Reinaldo dos Santos, 12 – 10.ºD
1500-505 LISBOA
Tel.: 217 781208

Grupos

Colóides, Polímeros e Interfaces

Hugh Burrows
Departamento de Química
Universidade de Coimbra

3004-535 Coimbra
Tel: 239 852080
Fax: 239 827703
burrows@ci.uc.pt

Glúcidos

M. Isabel Ismael
Departamento de Química
Universidade da Beira Interior
Rua Marquês d'Ávila e Bolama
6201-001 Covilhã
Tel: 275 319778
iismael@ubista.ubi.pt

Cromatografia

José Manuel Nogueira
Departamento de Química e Bioquímica
Faculdade de Ciências Universidade de Lisboa
Campo Grande, C1, 5.º
1749-016 Lisboa
Tel: 217 573141
Fax : 217 573141
nogueira@fc.ul.pt

Fotoquímica

Sérgio Melo
Departamento de Química
Universidade de Coimbra
3004-535 Coimbra
Tel: 239 852080
Fax: 239 827703
sseixas@ci.uc.pt

IX Olimpíada Ibero-americana de Química – Medalha de Ouro e Menção Honrosa

Ana Ortins Pina e Ana Rita Lopes conseguiram para Portugal a Medalha de Ouro e uma Menção Honrosa, respectivamente, na IX OLIMPIADA IBEROAMERICANA DE QUÍMICA que teve lugar em Castellon, Espanha, de 30 de Setembro a 8 de Outubro.

Após uma participação discreta nas 36^{as} Olimpíadas Internacionais de Química, em Julho deste ano, em Kiel, Alemanha, Ana Ortins Pina, de 18 anos, da Escola Secundária Infanta D. Maria (Coimbra), chegou desta vez ao primeiro lugar do

pódio entre cerca de meia centena de participantes da região Ibero-americana. Por seu turno a estreante Ana Rita Lopes de 17 anos, do Colégio Internato dos Carvalhos (Porto), conseguiu uma Menção Honrosa (atribuída aos alunos não medalhados pela qualidade excepcional de uma das respostas dadas). A equipa nacional contava ainda com Cristina Marques (ES Cacilhas Tejo, Almada) e Mariana Ferreira (ES/B3 Augusto Gomes, Matosinhos), que também haviam participado nas 36^{as} Olimpíadas Internacionais, em Junho.

A equipa foi seleccionada entre os cerca de 500 participantes nas "Olimpíadas de Química 2004", realizadas pela Socieda-



Fotografia oficial da delegação portuguesa à IX Olimpíada Ibero-americana de Química. Da esquerda para a direita, observadores científicos e mentores, Dra. Amparo Faustino (UA), Dr. António Lopes (ITQB), Dra. M. Ribeiro da Silva (UP), Dra. Diana Pinto (UA), Dra. Clara Magalhães (UA), e estudantes, Ana Ortins Pina (com a Medalha de Ouro), Ana Rita Lopes (M.H.), Mariana Ferreira e Cristina Marques.

de Portuguesa de Química – SPQ –, cuja final decorreu no Departamento de Química da Universidade de Aveiro, a 8 de Maio.

Estes alunos frequentaram um curso de preparação específica para as olimpíadas internacionais, ministrado pelos docentes do Departamento de Química da Universidade de Aveiro. O curso consistiu em aulas presenciais no Departamento de Química (num total de 6 dias), textos de apoio específicos, e discussão por correio electrónico.

Nas palavras de Paulo Ribeiro Claro, o coordenador nacional das Olimpíadas de Química, este curso é indispensável para atenuar as diferenças entre o currículo de química dos ensinos secundários dos países participantes e o currículo extenso das olimpíadas internacionais (ver caixa Provas).

Do ponto de vista dos alunos, Ana Pina, numa entrevista recente, reconhece que este curso é uma das fases mais exigentes do processo. Em declarações a um jornal diário confessa que para a sua participação foi determinante o incentivo da professora de Química do 12.º ano e o facto de gostar de desafios. O seu mais recente desafio é a licenciatura, após ter



Ana Rita Lopes (Menção Honrosa) durante a prova laboratorial

entrado na Faculdade de Medicina da Universidade de Coimbra com uma média de 19,9 valores.

No caso da Ana Rita Lopes (Menção Honrosa) deve ser salientado o facto de não só ser a mais jovem da equipa – frequente actualmente o 12.º ano – e ainda ter sido chamada a participar na sequência da desistência de um dos elementos da equipa inicial, após as Olimpíadas Internacionais.

Esta foi a quarta participação de uma equipa portuguesa (ver artigo no seguimento) tendo-se obtido nas participações anteriores 1 medalha de bronze em 2002 (Argentina) e 2 medalhas de bronze em 2003 (México).

JLF

A participação da equipa portuguesa na IX Olimpíada Ibero-americana de Química

Portugal participou pela quarta vez nas Olimpíadas Ibero-americanas de Química, que este ano se realizaram em Castellon – Espanha, entre os dias 30 de Setembro e 08 de Outubro. Nesta IX Olimpíada participaram 48 estudantes oriundos de Argentina, Bolívia, Brasil, Chile, Colômbia, Costa Rica, Cuba, Espanha, México, Peru, Portugal, Uruguai e Venezuela. Cada país apresentou uma equipa constituída por um máximo de 4 alunos e pelo menos dois professores mentores. A equipa portuguesa concorrente foi constituída por quatro estudantes seleccionados na Final das Olimpíadas de Química 2004 que se realizou em Maio, na Universidade de Aveiro: Ana Ortins Pina (12.º Ano – Escola Secundária D. Maria – Coimbra), Cristina de Paula Nogueira Marques (12.º Ano – Escola Secundária Cacilhas-Tejo – Almada), Mariana Raquel Ferreira (12.º Ano – Escola Secundária com 3.º Ciclo Augusto Gomes-Matosinhos) e Ana Rita Azevedo Lopes (11.º Ano – Colégio Internato dos Carvalhos). Estas estudantes foram acompanhadas por dois docentes da Universidade de Aveiro – Clara Magalhães e Diana Pinto – e por três docentes observadores – Maria das Dores Ribeiro da Silva (DQ-UP), António Lopes

(ITQB) e Maria do Amparo Faustino (DQ-UA).

A participação portuguesa foi premiada com a atribuição de uma Medalha de Ouro e uma Menção Honrosa. A Medalha de Ouro foi conquistada pela estudante Ana Ortins Pina, enquanto e a Menção Honrosa foi conquistada pela Ana Rita Azevedo Lopes. É indiscutível que o mérito das classificações agora alcançadas é das estudantes, mas pensamos que todos os professores, que contribuíram para que estas desenvolvessem formas correctas de pensar e boas práticas laboratoriais, estão de parabéns. Mais uma vez se constatou a fraca ligação dos programas de Química das Olimpíadas internacionais aos programas nacionais, que obriga à preparação específica dos participantes. Muito do sucesso agora encontrado pelas alunas premiadas, teve por base a compreensão dos mecanismos de raciocínio da química, de forma a conseguir ultrapassar as dificuldades resultantes da falta de conhecimentos. Este facto, associado ao rigor das estudantes no trabalho experimental, contribuíram para a obtenção desta classificação.

De salientar que estes resultados premiaram também o esforço realizado pelos muitos voluntários que participaram nas várias etapas das Olimpíadas de Química Nacionais (selecção ao nível das Escolas Secundárias, Semifinais e Final nas Universidades de Aveiro, Lisboa e Porto, preparação de equipa para as competições internacionais).

Paralelamente à competição dos alunos, foi confirmado que as X Olimpíadas Ibero-americanas de Química terão lugar no Peru, no mês de Agosto de 2005, tendo Portugal assumido a organização da XI Olimpíada Ibero-americana de Química que decorrerá no início do mês de Setembro de 2006, em Aveiro.

Diana Pinto

Maria do Amparo Faustino

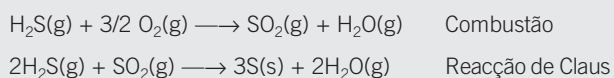
Docentes da comitiva portuguesa

Prova Teórica

Problema 1. A dessulfuração da gasolina (10 pontos)

No refinamento do petróleo bruto, tem lugar, entre outros, um processo de dessulfuração, pelo qual o enxofre se converte em sulfureto de hidrogénio que, após sofrer processos de purificação e concentração, produz uma corrente ácida, gasosa, rica em H₂S. Por sua vez, a partir deste, forma-se enxofre sólido passível de utilização posterior, evitando-se assim a emissão de gases nocivos para a atmosfera.

A conversão de H₂S gasoso em enxofre sólido dá-se de acordo com a clássica reacção de Claus. Neste processo, um terço do H₂S de alimentação é queimado num reactor térmico, de modo que o SO₂ formado durante a combustão reage posteriormente, na presença de um catalisador adequado, com os dois terços restantes de H₂S, produzindo-se enxofre elementar e vapor de água, de acordo com as seguintes equações químicas:



O reactor térmico é alimentado com as seguintes correntes gasosas:

Corrente 1: Caudal: 2000 m³/h; Pressão 1,5 atm; Temperatura 45° C

Composição (% em volume): H₂S 86,0 % ; H₂O 6,0 % ; CO₂ 8,0 %

Corrente 2: Oxigénio necessário para a primeira etapa do processo.

Calcule:

- a) O fluxo (mol/h) de cada componente da corrente gasosa 1, à entrada do reactor térmico.
- b) O fluxo (mol/h) de cada componente da corrente gasosa 1, à saída do reactor térmico.

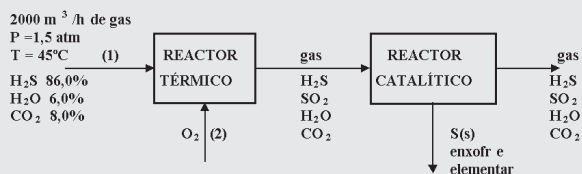
Se o rendimento da reacção catalítica é de 97%, calcule:

- c) O fluxo (mol/h) de cada componente da corrente gasosa 1, à saída do reactor catalítico.
- d) A quantidade de enxofre elementar produzido (mol/h)

Dados: R = 0,08206 atm.L.mol⁻¹.K⁻¹ = 8,314 J.mol⁻¹.K⁻¹

$$1 \text{ atm} = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

Diagrama de fluxo simplificado



Problema 2.

Uma indústria cerâmica. (10 pontos)

O sector cerâmico tem grande importância sócio-económica onde se encontra a Universidade Jaime I, sendo que na região de Castellón se concentra mais de 90% da produção de pavimentos cerâmicos. Uma das indústrias que lhe está associada é a produção de esmaltes e pigmentos cerâmicos, processos que decorrem a temperaturas superiores a 1000°C.

Para exprimir a composição em óxidos nos esmaltes cerâmicos utiliza-se a fórmula de Seger. Classificam-se os óxidos em básicos (M₂O, MO), anfotéricos (M₂O₃) e ácidos (MO₂) e indica-se através da razão entre a quantidade de substância de cada tipo de óxido relativamente a 1 mol de óxidos básicos totais. O óxido B₂O₃ é uma excepção dado que é considerado ácido. Por exemplo a fórmula de Seger (razão molar de óxidos anfotéricos e ácidos, relativamente aos óxidos básicos totais) para um esmalte verde é: (M₂O, MO) · 0,455 (M₂O₃) · 3,243 (MO₂).

- a) Deduza a fórmula de Seger para um esmalte cerâmico que contenha 85 % de "frita" (mistura de óxidos) e 15 % de "caulino" (Al₂O₃·2SiO₂·2H₂O)

Matéria prima para a "frita" Percentagem em massa

Feldespató (K ₂ O·Al ₂ O ₃ ·6SiO ₂)	60 %
Borax (Na ₂ B ₄ O ₇ ·10H ₂ O)	20 %
Calcário (CaCO ₃)	10 %
Quartzo (SiO ₂)	7 %
Ácido Bórico (H ₃ BO ₃)	3 %

Indique a quantidade de substância de cada componente e a quantidade de cada óxido necessária para obter 100g de esmalte.

- b) Existem disponíveis no laboratório as seguintes matérias-primas [a pureza está expressa em percentagem mássica (m/m)].

Y₂O₃ (99,9 %), Al₂O₃ (99,5 %), Nd₂O₃ (99,8 %), Cr₂O₃ (99 %), Co₃O₄ (98 %).

Calcule as quantidades necessárias para obter os pigmentos cerâmicos seguintes:

- b.1) 10,00 g de Y_{1-x}Nd_xAl_{1-x}Cr_xO₃, onde x = 0,05
- b.2) 10,00 g de CoAl_{1,25}Cr_{0,75}O₄

Massas molares (g.mol⁻¹):

Al ₂ O ₃ ·2SiO ₂ ·2H ₂ O	K ₂ O·Al ₂ O ₃ ·6SiO ₂	Na ₂ B ₄ O ₇ ·10H ₂ O	Y ₃ Al ₅ O ₁₂
258,158	556,670	381,367	593,611
Y _{0,95} Nd _{0,05} Al _{0,95} Cr _{0,05} O ₃	CoAl _{1,25} Cr _{0,75} O ₄		
167,901	195,653		
CaCO ₃	SiO ₂	H ₃ BO ₃	Y ₂ O ₃
100,088	60,084	61,832	225,807
Al ₂ O ₃	Nd ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	Co ₃ O ₄
101,960	336,477	151,989	240,795

Problema 3.**Recuperação de ouro, prata e platina numa ourivesaria. (16 pontos)**

Nas mesas de trabalho dos ourives, acumula-se um resíduo que é usualmente conhecido por "escória". Esta "escória" é constituída por limalhas de ferro, cobre, prata, ouro, platina, resinas e outros produtos sólidos.

Uma amostra de 97,58 g de "escória" foi calcinada com o objectivo de eliminar todos os componentes não metálicos. De seguida foi tratada com um excesso de solução de ácido nítrico 2 M que dissolveu todo o ferro, cobre e prata para a forma de Fe^{3+} , Cu^{2+} e Ag^+ . O resíduo sólido remanescente foi separado da solução por decantação. Este resíduo sólido, constituído exclusivamente por limalhas de ouro e platina foi totalmente dissolvido em água régia. A água régia é uma mistura de soluções de ácido nítrico e clorídrico concentrados, na proporção de 1:3 em volume.

A solução nítrica que contém os metais Cu, Ag e Fe foi aquecida à ebulição e diluída com água até perfazer um litro de solução (solução **A**).

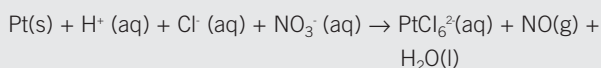
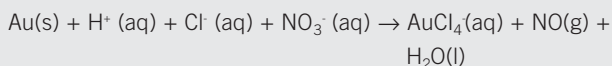
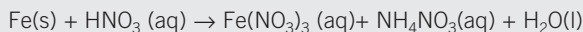
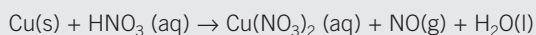
A 10,0 mL da solução **A**, colocados num erlenmeyer de 250 mL, adicionou-se 50 mL de água destilada. Para precipitar toda a prata presente sob a forma de AgCl, adicionou-se 14,0 mL de solução 0,10 M de NaCl. Outra amostra de 25 mL de solução **A** foi sujeita a electrólise. Para conseguir o depósito total dos metais presentes na solução foi utilizada uma corrente de 1,5 A durante 537 s. A massa total de precipitado obtida nestas condições foi de 0,510 g.

A solução de água régia, foi tratada com uma corrente gasosa de SO_2 . Este excesso de SO_2 provocou a formação de um precipitado castanho esponjoso e com aspecto de barro, o qual foi separado por filtração. O precipitado, conjuntamente com o papel de filtro, foi queimado num cadinho, produzindo um botão de 15,48 g de ouro metálico. Ao líquido filtrado foi adicionado cloreto de amónio em excesso, sendo produzido um precipitado de 5,76 g de hexacloroplatinato(IV) de amónio que foi transformado em platina metálica por calcinação.

1. Calcule a percentagem (%) em massa de cada metal presente na "escória".
2. Escreva as configurações electrónicas do Fe, Cu, Ag e Au.

Indique os estados de oxidação mais frequentes de cada um destes metais.

- 3.1– Porque se utiliza o ácido nítrico para dissolver o Cu e a Ag?
- 3.2– Poderá ser utilizado o ácido clorídrico em vez do ácido nítrico para dissolver o Cu e a Ag?
- 3.3– Indique qual a função do SO_2 .
- 4.– Acerte as equações químicas que descrevem os seguintes processos:



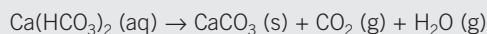
- 5.– Explique a razão pela qual o K, Rb e o Cs apresentam um comportamento químico diferente dos elementos Cu, Ag e Au.

Problema 4.**Análise de uma água mineral. (20 pontos)**

A análise de uma água mineral expressa em mg/L é a seguinte:

HCO_3^-	SO_4^{2-}	Cl ⁻	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+
101,9	42,3	6,9	33,5	6,6	12,2

- a) Comprove que existe o mesmo número de cargas positivas e negativas.
- b) No rótulo de uma água mineral aparece com frequência o dado "resíduo seco", que corresponde à massa de sólido que se obtém ao evaporar totalmente um litro de água mineral. Neste processo decorre também a decomposição do hidrogenocarbonato de cálcio, de acordo com a equação química:



Supondo que, durante a evaporação à secura, todo o HCO_3^- se transforma em $\text{Ca(HCO}_3)_2(\text{aq})$ e que só este sal sofre o citado processo de decomposição, calcule o resíduo seco desta água mineral e expresse-o em mg/L.

- c) Se se proceder à adição de 10,00 mL de uma solução de 0,0100 M de AgNO_3 sobre 1 L desta água mineral (considere o volume aditivo),
 - c1) Produzir-se-á precipitado de AgCl?
 - c2) Produzir-se-á precipitado de Ag_2SO_4 ?
 - c3) Caso se produza precipitado, calcule para cada caso a massa de sal que precipita.
 - c4) Calcule a massa de sal que precipitará após a adição de 2,00 g de amoníaco, admitindo que não existe variação de volume.
 - d) Calcule a massa de CaF_2 que se pode dissolver em 2 L desta água mineral.
 - e) Calcule a massa de NaF que se deverá adicionar a 2 L de água mineral para se iniciar a precipitação de CaF_2 .
 - f) Calcule a massa de NaF necessária para que precipite 99,99% do Ca^{2+} presente em 2 L de água.
 - g) Pretende-se separar, por adição de F^- , o catião cálcio do catião magnésio, precipitando CaF_2 sem que precipite MgF_2 .
- Determine a percentagem de Ca^{2+} que permanecerá em solução.

Dados: Massas molares (g mol^{-1}):

HCO_3^-	SO_4^{2-}	CaF_2	NaF	AgCl
61,016	96,060	78,076	41,988	143,32

Constantes de produto de solubilidade:

AgCl	Ag_2SO_4	CaF_2	MgF_2
$1,78 \cdot 10^{-10}$	$1,58 \cdot 10^{-5}$	$3,98 \cdot 10^{-11}$	$6,31 \cdot 10^{-9}$

Constante de estabilidade (formação) do complexo $\text{Ag}(\text{NH}_3)_2^+$: $1,70 \cdot 10^7$

Problema 5.

Citrinos (10 pontos)

Um dos maiores prejuízos económicos que sofrem as cooperativas agrícolas de citrinos de Castellón é o ataque dos frutos pelo fungo *Penicilium expansum*.

Está demonstrado que a lavagem dos citrinos com uma solução de um peptídeo extraído da levedura *Candida albicans* inibe a acção do fungo.

No procedimento de extracção do peptídeo activo da levedura obtém-se uma mistura de 4 peptídeos diferentes sendo por isso necessário proceder à sua purificação.

Para realizar a extracção inicial dos peptídeos, partiu-se de 5 g de levedura *Candida albicans*.

A purificação da mistura de peptídeos é efectuada passando-a por uma coluna que contém um polímero que só retém catiões deixando eluir os aniões.

Têm disponíveis 3 soluções tampão (**A**, **B** e **C**) cuja composição está discriminada na tabela 1. Na tabela 2 encontram-se os valores de pK_a das substâncias. Na tabela 3 encontram-se os valores dos pontos isoeléctricos (pI) dos 4 peptídeos obtidos do extracto de levedura.

Tabela 1

Solução Tampão	Concentração	Concentração
A	0,50 mM NaHCO_3	0,25 mM Na_2CO_3
B	1,00 mM CH_3COOH	0,80 mM CH_3COONa
C	1,00 mM NH_3	0,20 mM NH_4Cl

Tabela 2

Substância	pK_{a1}	pK_{a2}
H_2CO_3	6,4	10,3
CH_3COOH	4,8	--
NH_3	9,2	--

Tabela 3

Peptídeo	1	2	3	4
pI	9,5	6,0	8,9	11,0

A partir dos dados anteriores:

- Calcule o pH das soluções tampão **A**, **B** e **C**.
- Escolha a solução tampão que deverá utilizar para eluir apenas o peptídeo 2 que revela ser o único a inibir o fungo.
- Uma vez purificado o peptídeo pelo método anteriormente descrito, é necessário activá-lo dado que este só apresenta actividade contra o fungo *Penicilium* se possuir carga positiva. Desta forma, das três soluções tampão fornecidas, escolha a mais adequada para diluir o peptídeo 2 de modo a que este se torne activo e possa ser utilizado para a lavagem do citrinos.
- Para conhecer a concentração do peptídeo 2 e preparar a solução de lavagem, mede-se a absorvância da solução que o contém a um comprimento de onda de 297 nm. A absorvância de uma amostra contendo o peptídeo 2 purificado, medida numa célula (cuvette) de 1 cm de lado, foi de 0,541. O coeficiente de extinção molar (absortividade molar) do peptídeo é $1,05 \text{ M}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$. Calcule a quantidade de solução inicial de peptídeo purificado que é necessária para preparar 3 litros de uma solução com 0,3 mM do peptídeo 2.
- Sabendo que a quantidade de levedura inicial permitiu preparar uma solução suficiente para lavar 2 kg de citrinos, calcule a quantidade de levedura necessária para tratar 1 tonelada de citrinos, tendo em conta que a concentração de peptídeo activo é de 0,3 mM.
- Desenhe uma estrutura geral para a forma catiónica (ácida) e aniónica (básica) de um aminoácido e a sua estrutura no ponto isoeléctrico.
- Pretende-se separar, por adição de F^- , o catião cálcio do catião magnésio, precipitando CaF_2 sem que precipite MgF_2 . Determine a percentagem de Ca^{2+} que permanecerá em solução.

Problema 6.

Química Orgânica (10 pontos)

1 mol de composto **A** ($\text{C}_7\text{H}_{10}\text{O}$), opticamente activo, reage com 1 mol de hidrogénio, na presença de um catalisador adequado, para dar um composto **B** ($\text{C}_7\text{H}_{12}\text{O}$), que é opticamente activo. Quando o composto **B** sofre hidrogenação completa, na presença de uma quantidade catalítica de platina em carvão activado converte-se no composto **C** ($\text{C}_7\text{H}_{16}\text{O}$), que não apresenta actividade óptica. A ozonólise de 1 mol do composto **B** origina 2 moles de acetaldeído (CH_3CHO) e 1 mol de um hidroxi-dialdeído **D** ($\text{C}_3\text{H}_4\text{O}_3$). A oxidação do composto **B** origina a cetona **E** ($\text{C}_7\text{H}_{10}\text{O}$), que também não apresenta actividade óptica. A hidrogenação da cetona **E** produz a 4-heptanona (heptan-4-ona).

- a) Com os dados fornecidos e sabendo que a configuração absoluta do composto **A** é R, desenhe as estruturas dos compostos **A**, **B**, **C**, **D** e **E**.
- b) Determine o volume em litros de H₂, medido à pressão de 1 atm e a 25°C (R=0,082 atm.L.K⁻¹.mol⁻¹), necessários para hidrogenar completamente 10 g de composto **B**.

Prova Prática

Problema Experimental N.º 1

Determinação do Teor de Vitamina C num Sumo de Laranja

Objectivo

Determinar a concentração de vitamina C num sumo de laranja.

Introdução

A província de Castellón é uma das regiões de maior produção de laranjas. Um dos principais méritos nutritivos deste fruto e, portanto, do sumo de laranja, é o seu elevado conteúdo em vitamina C. Esta é solúvel em água e, por isso pouco retida pelo organismo, o que implica que deve ser ingerida diariamente, de modo que a Quantidade Diária Recomendada (QDR) de vitamina C seja de 60 mg.

Neste trabalho prático, pretende-se determinar a quantidade de vitamina C num sumo de laranja (obtido a partir de laranjas da região), mediante uma titulação redox utilizando uma solução de ião tiosulfato como agente titulante.

A vitamina C (ácido ascórbico) é oxidada por um oxidante fraco (como uma solução de iodo) para originar ácido desidroascórbico, de acordo com a equação química



Deste modo, é possível determinar o teor de vitamina C por titulação directa com uma solução de iodo. Também é possível proceder à determinação do teor de vitamina C, por volumetria de retorno, utilizando um excesso conhecido de iodo (para que a reacção anterior seja completa) e titulando o excesso de iodo (em forma de I₃⁻ na presença de I⁻) com tiosulfato.

O ião tiosulfato é um agente redutor moderadamente forte, que tem sido amplamente utilizado para determinar agentes oxidantes. Neste caso, o iodo em excesso oxida o ião tiosulfato, transformando-o quantitativamente em ião tetratioato, reduzindo-se a iodeto.

O iodato de potássio é um excelente padrão primário para a padronização das soluções de tiosulfato. Para a sua utilização, dissolve-se em água, quantidades rigorosamente conhecidas do reagente padrão primário, na presença de um excesso de iodeto de potássio. Ao acidificar a mistura com um ácido forte,

ocorre imediatamente a reacção entre iodato e iodeto para gerar iodo. O iodo libertado é titulado, de imediato, com solução de tiosulfato.

Para a detecção do ponto final das titulações de iodo/tiosulfato, o próprio reagente pode servir como indicador, desde que a solução problema seja incolor, já que se pode detectar a cor do iodo, mesmo que a sua concentração seja equivalente a menos do que uma gota de solução 0,05 mol L⁻¹ em 100 mL.

Contudo, nas titulações em que intervém o iodo, é mais frequente utilizar como indicador uma suspensão de amido. A cor azul escuro das soluções de amido na presença de iodo deve resultar da absorção do iodo nas cadeias de α-amiloze, um componente macromolecular do amido.

O amido decompõe-se irreversivelmente em soluções que contenham grandes concentrações de iodo. Assim, para titular as soluções de iodo com tiosulfato de sódio procede-se à adição do indicador apenas quando a reacção esteja quase completa (que se detecta pela mudança da cor vermelho escuro para amarelo claro).

Procedimento experimental

Parte 1: Determinação da concentração rigorosa da solução de tiosulfato

- 1) Encha a bureta com a solução de Na₂S₂O₃ aprox. 0,1 mol L⁻¹.
 - 2) Coloque 25,00 mL de solução de KIO₃ aprox. 0,01 mol L⁻¹ num matraz/Erlenmeyer.
 - 3) Adicione 10 mL da solução de H₂SO₄ 0,5 mol L⁻¹ (com a ajuda do pipetador automático).
 - 4) Adicione todo o conteúdo (1 g) de um dos *viales* (tubos cónicos) com KI sólido e misture até à sua dissolução completa.
 - 5) Utilizando a bureta, adicione solução de tiosulfato de sódio até que a solução contida no matraz/Erlenmeyer adquira a cor amarelo claro.
 - 6) Acrescente aprox. 2 mL (40 gotas) do indicador de amido.
 - 7) Continue a adição da solução de tiosulfato de sódio até que o desaparecimento da cor azul se mantenha durante cerca de 15 segundos.
 - 8) Anote o volume da solução de tiosulfato de sódio consumido.
 - 9) Repita os procedimentos 1 a 8 pelo menos outras duas vezes e registre o volume de tiosulfato gasto em cada caso.
 - 10) Calcule a concentração (mol L⁻¹) da solução de tiosulfato e registre-a na folha de respostas.
 - 11) Lave os matrizes/Erlenmeyers e passe-os por água destilada antes de continuar com a Parte 2.
- ###### Parte 2: Determinação da quantidade de vitamina C num sumo de laranja
- 1) Coloque 25,00 mL da amostra problema de sumo de laranja que lhe foi entregue (rotulada com o seu código de estudante) num matraz/Erlenmeyer.

- 2) Adicione 10 mL de solução de H_2SO_4 $0,5 \text{ mol L}^{-1}$ (utilizando o pipetador automático).
- 3) Adicione todo o conteúdo (1 g) de um dos viales (tubos cónicos) com KI sólido e misture até à sua dissolução completa.
- 4) Adicione 25,00 mL de solução de KIO_3 aprox. $0,01 \text{ mol L}^{-1}$.
- 5) Utilizando a bureta, adicione 5 mL de solução de tiosulfato de sódio.
- 6) Junte aprox. 2 mL (40 gotas) do indicador de amido.
- 7) Continue a adição da solução de tiosulfato de sódio até que o desaparecimento da cor azul se mantenha durante cerca de 15 segundos.
- 8) Anote o volume da solução de tiosulfato de sódio consumido.
- 9) Repita os procedimentos 1 a 8 pelo menos outras duas vezes e registre o volume de tiosulfato gasto em cada caso.
- 10) Calcule a concentração (mg/100 mL) de vitamina C no sumo de laranja e registre-a na folha de respostas.
- 11) Lave os matrizes/Erlenmeyers e passe-os por água destilada.

Folha de Respostas do Problema Experimental n.º 1

- 1.1. Escreva e acerte a equação química que traduz a reação redox entre o iodo molecular e o tiosulfato.
- 1.2. Escreva e acerte a equação química que traduz a reação redox entre o iodeto e o iodato, originando iodo molecular.
- 1.3. Anote na tabela seguinte o volume da solução de tiosulfato de sódio consumido nas titulações realizadas para a determinação da concentração rigorosa deste reagente (Parte 1) (pontuação máxima de 3 pontos por cada valor registado)

Parte 1	Titulação 1	Titulação 2	Titulação 3
---------	-------------	-------------	-------------

Volume de solução de tiosulfato de sódio consumido (mL)

Volume de solução de tiosulfato de sódio que vai ser utilizado no cálculo da concentração deste reagente

mL

- 1.4. Calcule a concentração da solução de tiosulfato de sódio expressa em mol L^{-1} .
- 1.5. Anote na tabela seguinte o volume da solução de tiosulfato de sódio consumido nas titulações da amostra de sumo de laranja (Parte 2). (pontuação máxima de 3 pontos por cada valor registado)

Parte 2	Titulação 1	Titulação 2	Titulação 3
---------	-------------	-------------	-------------

Volume de solução de tiosulfato de sódio

consumido (mL)

Volume da solução de tiosulfato de sódio que vai ser utilizado no cálculo da concentração de vitamina C no sumo de laranja.

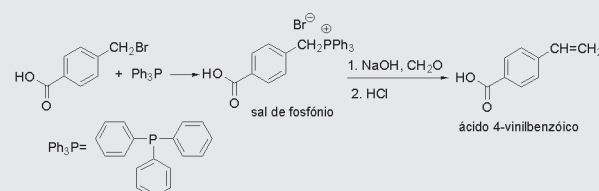
mL

- 1.6. Calcule a concentração de vitamina C (mg/100 mL) no sumo de laranja.
- 1.7. Calcule o volume deste sumo de laranja que deve ser ingerido diariamente para fornecer a Quantidade Diária Recomendada (QDR) de vitamina C.

Problema Experimental n.º 2

Síntese do ácido 4-vinilbenzóico

Procedimento experimental



a) Síntese do sal de fosfónio

Num balão de fundo redondo de 100 mL, coloque o ácido 4-bromometilbenzóico que foi previamente pesado (cerca de 1,1 g) e 1,4 g de trifetilfosfina. A seguir, adicione ao balão de fundo redondo 30 mL de acetona e o regulador de ebulição [plato poroso]. Coloque o balão de fundo redondo na manta de aquecimento e monte o condensador por forma a aquecer a mistura reaccional a refluxo durante aproximadamente 40 minutos, contabilizados a partir do momento em que a acetona entrar em ebulição. Durante o período de aquecimento da mistura reaccional formar-se-à um precipitado branco que é o sal de fosfónio.

Após os 40 minutos de refluxo, deve deixar arrefecer o balão contendo a mistura reaccional. O sólido branco formado é recolhido por filtração sob sucção no funil de vidro de placa filtrante (para facilitar a transferência do sólido para o funil de vidro de placa filtrante agite o balão de fundo redondo para provocar a suspensão do sólido branco). Com a ajuda de 20 mL de éter etílico transfira todo o sólido do balão para o funil de vidro de placa filtrante. Deste modo conseguirá transferir todo o sólido formado no balão. Finda esta transferência lave todo o precipitado com éter etílico.

O sal de fosfónio é transferido para o papel de filtro, com o qual é seco, e depois é transferido para o vidro de relógio e entregue ao responsável para que seja pesado e assim possa calcular o rendimento. O produto encontra-se suficientemente puro para ser utilizado na etapa seguinte.

Síntese do ácido 4-vinilbenzóico (Reacção de Wittig).

Coloque o sal de fosfónio obtido na reacção anterior num erlenmeyer de 100 mL. Adicione-lhe 24 mL de uma solução aquosa de formaldeído e a barra magnética. Coloque o erlenmeyer sobre a placa de agitação e adicione lentamente pequenas porções da solução aquosa de NaOH (2,5 M), num total de 7 mL. Esta adição deve ser feita de forma a durar cerca de 5 minutos. Após finalizar a adição, a mistura reaccional deve ser agitada durante 40 minutos.

Filtre por sucção o precipitado formado (óxido de trifetilfosfina) utilizando o funil de Büchner e o Kitassato. Lave o precipitado três vezes com água, utilizando porções de 3 mL. Recolha em conjunto o filtrado e as águas de lavagem. Transfira esta solução, que contém o 4-vinilbenzoato de sódio para um copo e adicione-lhe gota a gota sob agitação a solução de HCl conc. Este processo provocará a formação de um precipitado branco que é o ácido 4-vinilbenzóico. Continue a adicionar HCl conc. até que o papel indicador de pH indique que a solução se apresenta ácida.

Filtre sob sucção no funil de vidro de placa filtrante o precipitado obtido. Mantenha sob sucção durante 15 minutos. Transfira o precipitado para o vidro de relógio e entregue ao responsável para que seja pesado e assim possa calcular o rendimento

Folha de Respostas do Problema Experimental n.º 2

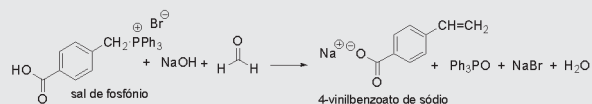
Questões.

- Com o peso do sal de fosfónio obtido calcule o rendimento na primeira etapa do processo.
- Com o peso do sal de fosfónio obtido e o peso de ácido 4-vinilbenzóico, calcule o rendimento na segunda etapa do processo.
- Calcule o rendimento global do processo: rendimento da transformação do ácido 4-bromometilbenzóico em ácido 4-vinilbenzóico.
- O ácido 4-bromometilbenzóico e a trifetilfosfina são solúveis em acetona aquecida. Entretanto, o sal de fosfónio é insolúvel em acetona aquecida. Porquê?

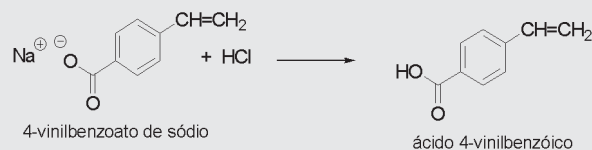
Escolha a afirmação correcta.

- Porque tem um átomo de bromo
- Porque é um composto iónico insolúvel num solvente pouco polar como a acetona
- Porque a acetona é ácida
- Porque a acetona é básica

5.– A reacção entre o formaldeído e o sal de fosfónio em meio básico gera o 4-vinilbenzoato de sódio segundo a reacção a seguir:



- Acerte a equação anterior.
 - Escolha a razão pela qual não se forma directamente o ácido 4-vinilbenzóico nas condições experimentais utilizadas.
 - Porque a solução está quente e é necessário deixá-la arrefecer.
 - Porque o pH do meio é ácido
 - Porque o pH do meio é básico
 - Porque o pH do meio é neutro
 - Escolha a razão pela qual o 4-vinilbenzoato de sódio é solúvel na solução aquosa básica.
 - Porque é um composto com uma massa molecular muito baixa.
 - Porque a solução está quente
 - Porque é uma substância iónica que se solubiliza num solvente muito polar como a água
 - Porque a agitação da solução impede a precipitação
- 6.– O ácido 4-vinilbenzóico é obtido por acidificação da solução básica que contém o 4-vinilbenzoato de sódio segundo a reacção:



- Acerte a equação química da reacção anterior.
- Escolha a razão pela qual o ácido 4-vinilbenzóico precipita quando se adiciona ácido à solução de 4-vinilbenzoato de sódio.
 - Porque o composto aumenta a sua massa molar.
 - Porque a solução arrefece.
 - Porque pára a agitação.
 - Porque é uma substância apolar insolúvel num solvente muito polar como a água.

Atracção Química



Programa Atracção Química

O crescente desinteresse dos jovens pela formação em áreas científicas – incluindo, naturalmente, a Química – é um problema que afecta as sociedades desenvolvidas e cujos efeitos são já muito nítidos em Portugal.

A Sociedade Portuguesa de Química (SPQ) tem desenvolvido um esforço crescente em actividades de divulgação e promoção da Química como Ciência – dentro das limitações de uma associação que depende do trabalho voluntário dos sócios e da sua capacidade de mobilização dos restantes intervenientes da Química em Portugal.

Um conjunto de circunstâncias recentes contribuiu para a criação de condições favoráveis ao acolhimento – por parte das universidades, escolas e empresas – de um programa de actividades que vise inverter o desinteresse dos jovens pela Química: a queda acentuada do número de candidatas a cursos de Química, o estrangulamento (financeiro e burocrático) do programa Ciência Viva, e a consciência crescente de que a inovação empresarial se faz pela qualificação dos quadros.

Deste modo, a SPQ decidiu lançar um programa de acção com o objectivo de despertar o interesse pela Química entre os jovens e cativar vocações para carreiras no âmbito da Química. A este programa foi atribuído o nome "Atracção

Química", associado a um logótipo e um símbolo de fácil identificação visual (ver caixa), com o intuito de lhe conferir maior visibilidade. Para definir as linhas orientadoras das actividades a desenvolver, foi efectuado um estudo de avaliação da situação – causas e soluções – cujo relatório sumário se apresenta seguidamente.

A avaliação da situação

1. A origem do problema

O facto de o problema ser comum a um grande número de países permite caracterizar as suas causas gerais a partir dos estudos já realizados por diversas entidades [1-13]. Com efeito, muitos países têm desenvolvido programas de estímulo ao estudo das Ciências com base em estudos detalhados deste problema. Muitos dos correspondentes relatórios são facilmente acessíveis através da Internet.

A partir destes relatórios – em particular, daqueles que incluíram inquéritos no terreno –, é possível dividir em 3 grandes categorias o conjunto de razões apresentadas pelos jovens para justificar o seu desinteresse pelo estudo das Ciências e, particularmente, da Química:

I – A Química é uma disciplina difícil;

II – A Química é uma disciplina pouco interessante;

III – A Química não é uma boa opção profissional;

A primeira categoria de respostas está relacionada com a tendência crescente na Sociedade para procurar a gratificação imediata e evitar o esforço. A esta tendência associa-se um aumento da oferta de alternativas à Química, nomeadamente no que diz respeito aos cursos superiores. Este grupo de respostas encontra-se normalmente entre os mais citados pelos jovens.

A segunda categoria é aquela que está mais fortemente relacionada com a escola, já que é na escola que os jovens têm um contacto mais próximo com a Química. Os estudos mostram que o entusiasmo dos jovens pelas Ciências decresce desde a idade de entrada no ensino básico até à idade de saída do secundário. As "aulas pouco interessantes" aparecem como causa principal do desencanto com a Ciência em vários inquéritos. As principais razões apontadas para a falta de interesse das aulas são:

- Ensino demasiado teórico e poucas actividades laboratoriais;
- Pouca relação entre a matéria leccionada e a vida quotidiana;
- Falta de preparação ou falta de entusiasmo dos professores.

Esta opinião parece ser partilhada por muitos professores inquiridos, já que estes contestam a falta de oportunidade para discutir ideias e estratégias com outros professores, os currículos que não encorajam a criatividade, a ausência de formação profissional que os mantenha a par dos desenvolvimentos científicos e a falta de apoio ao desenvolvimento de actividades experimentais.

Na terceira categoria (a Química não é uma boa opção profissional) inclui-se não só o receio de não conseguir uma profissão bem remunerada, mas também a

O símbolo do programa "Atracção Química" é uma versão estilizada da estrutura molecular do (E,Z)-10,12-hexadecadienol, a primeira feromona a ser identificada e isolada (1956). Esta substância química, também designada por Bombicol, é utilizada pela fêmea do bicho-da-seda, *Bombix mori*, para atrair o macho.

imagem negativa da Química e dos químicos na Sociedade. É sabido que a Química é actualmente associada a conceitos como poluição, efeito de estufa, a contaminação ambiental, etc., e ignorada nas benesses do dia-a-dia. Por outro lado, o prestígio social dos químicos, e dos cientistas em geral, tem sofrido alguma erosão. Convém referir que esta categoria de respostas é claramente menos referida pelos jovens do que as anteriores, em todos os estudos consultados. No entanto, é sabido que as opções dos jovens não são totalmente independentes das preocupações parentais...

2. As soluções propostas

Os estudos acima referidos apontam para um leque de soluções variado. Neste texto não serão discutidas as que dependem de políticas governamentais (por exemplo, pagamento de bolsas aos alunos que escolham disciplinas científicas, ou alterações curriculares profundas em todo o ensino das ciências*). As restantes, de alguma forma ao alcance das sociedades científicas e organizações afins, podem organizar-se em seis acções principais, bastante interligadas:

(a) Promover actividades de contacto dos estudantes com a Química, nomeadamente através de competições (Olimpíadas de Química e similares), Clubes de Química, Feiras de Ciência, Semana da Ciência, etc. Os eventos podem ser da iniciativa da escola, mas sugere-se que as Universidades tenham uma posição mais activa nas escolas da sua região.

Neste grupo de actividades propostas incluem-se também as que visam melhorar a imagem da Química na escola e na sociedade e as que visam tornar mais claras as opções de carreira profissional em Química, por exemplo, o dia-a-dia de trabalho de um cientista prestigiado ou encontros-debate com empresários da indústria química (*Meet the Boss*, na expressão inglesa).

(b) Apoiar efectivamente os professores, com apoio científico e pedagógico nas

escolas, apoio ao desenvolvimento de actividades experimentais, e criação de oportunidades de formação profissional e actualização. A organização de Encontros entre professores e o acesso a revistas dirigidas aos professores de Química são actividades recomendadas. O desenvolvimento de recursos pedagógicos, referido na alínea seguinte, também constitui um apoio aos professores. Neste particular, o estímulo à criatividade dos próprios professores no desenvolvimento destes recursos é recomendada.

(c) Desenvolver recursos pedagógicos, incluindo "pacotes de experiências" – mais simples para o Ensino Primário e Básico, e interessantes, bem organizados e baseados nas novas tecnologias, para o Ensino Secundário. Estes recursos podem ser aproveitados para, tanto quanto possível, fazer a ponte entre a teoria e o quotidiano.

(d) Clarificar as opções de carreira profissional em Química. Além das actividades referidas em (a) e que requerem numa maior ligação entre as escolas, as universidades e as empresas, sugere-se a criação de pacotes informativos sobre as carreiras profissionais. É particularmente importante que esta informação chegue aos alunos, mas não deve ser ignorado o papel dos pais e dos conselheiros de orientação vocacional das escolas. A importância destes últimos é apenas mencionada num estudo australiano mas o resultado é elucidativo: 2/3 dos alunos australianos confiam na orientação vocacional para obter informação acerca de carreiras científicas.

(e) Melhorar a imagem da Química na escola e na sociedade. No fundo, todas as actividades acima mencionadas contribuem para esse objectivo a longo prazo, mas a curto prazo as sugestões são escassas e resumem-se ao reconhecimento da grande importância dos meios de comunicação social (em particular, a televisão). Curiosamente, nenhum dos estudos encontrados refere o papel da Internet neste processo, mas o cuidado no desenvolvimento e apresen-

tação dos portais e sítios das sociedades científicas revela a importância que lhes é atribuída.

3. E a especificidade da situação portuguesa?

Não há razões para crer que as causas gerais para o desinteresse pelo estudo da Química encontradas noutros países não se apliquem ao caso português. Por exemplo, o estudo da Comunidade Europeia "Europeus, Ciência e Tecnologia" (Eurobarómetro 55.2) não revela distinções fortes entre jovens portugueses e a média europeia nesta matéria. No entanto, algumas especificidades da situação portuguesa merecem ser analisadas brevemente:

Em Portugal, o número de alunos matriculados no ensino secundário passou de cerca de 320.000 em 1997/98 para 250.000 em 2003/04 [14], o que poderia sugerir que a perda de alunos resulta de uma inevitabilidade demográfica. Convém, contudo, recordar que, em 2001, 44% dos jovens dos 18 aos 24 anos não tinham concluído o ensino secundário, nem se encontravam a frequentar a escola [15] (a entrada no ensino universitário de uma pequena fracção destes jovens será suficiente para reverter a tendência demográfica).

Surpreendente é que esta perda de alunos no ensino secundário se reflectiu de uma forma muito atenuada nas áreas científico-naturais. De facto, contrariamente a tendência europeia, a percentagem de jovens que escolhe o agrupamento de Ciências no 10.º ano tem aumentado a um ritmo acelerado desde 1996, passando de menos de 45% (em 95/96) para mais de 55% (em 2003/04). Este padrão crescente tem sido associado ao Programa Ciência Viva, sendo designado por "efeito Ciência Viva" [14].

Por outro lado, a análise das opções dos alunos no concurso de acesso ao ensino superior mostra uma relação muito próxima entre o decréscimo recente do número de alunos nos cursos de Química

*Neste particular, as recomendações vão fortemente no sentido de (i) aproximar a matéria leccionada do mundo real; (ii) aumentar o tempo dedicado a trabalhos práticos/laboratoriais.

(e outros da área científico-natural) e o aumento de oferta de vagas na área das Ciências da Saúde [16]. A criação de novos cursos e novas vagas nesta área estará assim a "drenar" cursos como os de Química.

Estes factos, contudo, não alteram de forma significativa a apreciação global do problema. A "drenagem" provocada pelo aumento de oferta de cursos na área das Ciências da Saúde apenas significa que o número de interessados em cursos de Química é baixo – seja por razões da categoria I, II ou III... Mais do que manter alunos que gostariam de estar noutra curso, interessa aumentar o número daqueles para os quais a Química é a primeira opção. Por outro lado, a existência do "efeito Ciência Viva" apenas confirma a importância da divulgação científica na captação do interesse dos jovens para o estudo da Ciência. Ou seja, é a prova de que as iniciativas acima enunciadas podem, de facto, resultar!

A acção da SPQ

Como facilmente se compreende, a SPQ não pode, por si só, resolver um problema desta natureza. Contudo, como todas as sociedades científicas, está obrigada a contribuir para a resolução. Ou seja, a SPQ pode fazer pouco, mas deve fazer tudo o que pode.

O programa "Atracção Química" - despertar o interesse pela Química entre os jovens e cativar vocações para carreiras no âmbito da Química, pretende ser um título visível sob o qual se organizam todas as actividades que podem contribuir para os seus objectivos. Não tem um elenco de actividades definido, porque este irá sendo construído à medida que as ideias e os projectos forem encontrando condições de exequibilidade. Estas condições passam pelos recursos humanos e financeiros necessários, que terão de ser encontrados com o apoio de todas as instituições que se dedicam ao estudo, ensino, investigação, aplicação, divulgação e financiamento da Química em Portugal.

Neste momento, é possível garantir o arranque da "Atracção Química", com um

pequeno núcleo actividades. As Olimpíadas de Química, pela sua contribuição positiva para a imagem da Química junto dos jovens, integram naturalmente a "Atracção Química". A realização das Olimpíadas de Química Júnior a nível nacional em 2005 – só possível com o envolvimento empenhado de vários Departamentos de Química – é, para já, o primeiro sucesso deste programa. Paralelamente, a SPQ está a proceder à concepção e distribuição de folhetos de promoção e divulgação da Química como ciência de relevância social e como carreira profissional. Este tipo de folhetos é bastante utilizado pelas sociedades científicas de vários países e desempenham um papel importante no esclarecimento dos alunos e como apoio aos professores. A renovação do sítio da SPQ na Internet e sua conversão no "Portal da Química em Portugal" é outra das iniciativas marcadas pela "Atracção Química".

Na altura em que este texto for publicado, é provável que já estejam reunidas as condições para a concretização de mais algumas actividades. A listagem das actividades de "Atracção Química" será divulgada no novo portal da SPQ (www.spq.pt) e aparecerá regularmente nestas páginas. Comentários e sugestões dos sócios podem ser enviados para spq@spq.pt.

Paulo Ribeiro Claro, SPQ, 2004

Fontes:

- 1 – "Europeans, Science and Technology", Comunidade Europeia – Eurobarometer 55.2, Dezembro 2001. <http://europa.eu.int/comm/research/press/2001/pr0612en.html>
- 2 – "How to make Europe more attractive to new jobs in science and technology?", Euroscience (Young scientists Working Group), Novembro 2002. http://www.euroscience.org/WGROUPS/YSC/bischenberg2002_whitepaper.htm
- 3 – Livro Branco da Física e da Química, SPQ/SPF, Janeiro 2002.
- 4 – "Why do students turn away from science", Bright Minds (Australia), Maio 2002. http://www.brightminds.uq.edu.au/teachers/resources/mattick_report.pdf
- 5 – Vários (Inglaterra). Por exemplo:

<http://www.jobsite.co.uk/articles/candidate/c312/s614/a1441.html>

http://education.independent.co.uk/low_res/6 – "Attitudes of primary and secondary students to science, technology and innovation", The Irish Scientist Year Book (Irlanda) 2002

7 – "Baisse des effectifs en Sciences: constats et réflexions" des Doyens Sciences, (França) 2002. <http://www.cdus.asso.fr/fichiers/poitiers.html>

8 – Report by the Netherlands Royal Chemical Society (KNCV), (Holanda) Maio 2003. <http://www.c3.nl/c3/nl/>

9 – "Science Education on the Secondary School Level in Germany, with special emphasis on chemistry...", H. von Dieck, 2002. <http://rsme.es/comis/educ/senado/q5a.pdf>

10 – "Proposta de reestruturação da Licenciatura em Química", J.P. Telo e col., IST, (Portugal) Dezembro 2002.

11 – "Los científicos proponen un acceso a la universidad por áreas de conocimiento", (Espanha) Setembro de 2001. www.fanpasnorte.org/revista/noticias/noticiasdo2001/4-trimestre/x-c-24setembro.htm

12 – "Propositions pour lutter contre la désaffection des jeunes bacheliers pour çles disciplines scientifiques", Paul Clavin, Julho 2003.

http://grip.ujf-grenoble.fr/documents/Rapport_PClavin_sur_etudes_scientif_290703.rtf

13 – Comentários e análises do livro "Talking About Leaving: Why Undergraduates Leave the Sciences" Elaine Seymour, Nancy M. Hewitt (Ed. Westview, 1997).

Por exemplo:

http://www.sciencenews.org/pages/sn_arc97/5_31_97/bob1.htm

14 – Manuel Heitor, O Público, 27/09/2004, Suplemento Economia, pág. 17.

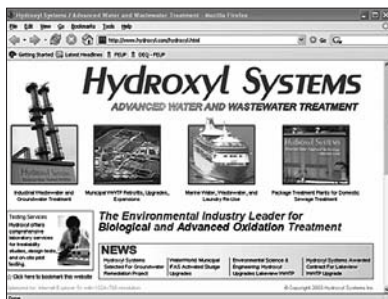
<http://in3.dem.ist.utl.pt/downloads/press/pub20040927.pdf>

15 – Ministério da Educação – Abandono e Insucesso escolares

http://www.min-edu.pt/Scripts/ASP/destaque/estudo01/estudo_01.asp

16 – Ensino Superior: Lista de Colocações de 2004

<http://www.acessoensinosuperior.pt/coloc2004/index.htm>



Processos avançados de tratamento de águas residuais – Hydroxyl Systems

<http://www.hydroxyl.com/hydroxyl.html>

A Hydroxyl Systems é uma empresa canadiana que se dedica ao desenvolvimento, projecto, produção e instalação de sistemas de tratamento de águas e águas residuais, sobretudo de tecnologias avançadas de oxidação química. Estes processos baseiam-se principalmente na produção de radicais hidroxilo, caracterizados pelo seu elevado poder oxidante, e constituem uma solução promissora para tratamento de efluentes líquidos em alternativa aos processos convencionais, principalmente de natureza biológica. Entre eles destacam-se tratamentos oxidativos com ozono, peróxido de hidrogénio, reagente de Fenton e processos fotoquímicos envolvendo radiação ultravioleta. O sítio apresenta ainda uma lista de contaminantes passíveis de serem encontrados em efluentes líquidos de diversas origens e para cada classe de poluentes é sugerido um conjunto de soluções de tratamento com base num balanço custo/eficiência.

Cláudia Silva



Políticas Europeias sobre a qualidade da água

<http://europa.eu.int/comm/environment/water/>

Nesta página web inserida no portal da União Europeia (<http://europa.eu.int>) encontra-se informação nas diversas vertentes relativas à legislação da água (e políticas relacionadas) na comunidade europeia. Podem ser consultados documentos sobre a Nova Política Europeia da Água, Estratégias de Controlo da Poluição da Água, Qualidade da Água, entre outros assuntos que integram a actualidade sobre a temática da Água.

Cláudia Silva

compostos químicos novos, ou conhecidos. A segunda ferramenta é o resultado da compilação e organização de artigos especializados em secções específicas, numa base de dados compreensiva sobre o tema. O objectivo da base de dados (ainda em construção) é constituir uma colecção de literatura em química verde que possa ser acedida publicamente.

JLF



A Indústria das Tintas

<http://www.occa.org.uk/home.lasso>

Este é um portal público da Oil & Colour Chemists' Association (OCCA), fundada em 1918 e constituída por sócios individuais ou colectivos ligados à indústria mundial das tintas, vernizes e outros revestimentos de superfícies. Esta associação é reconhecida internacionalmente como a principal autoridade em todos os assuntos relacionados com a indústria da cor e dos revestimentos. A associação tem um excelente nível de organização regional e internacional, sendo responsável pela realização de vários eventos por todo o mundo. O portal é muito rico em informação a vários níveis. Saliente-se a secção dedicada à formação técnica onde se incluem factores de conversão, padrões, definições, glossário e abreviaturas. A OCCA produz vários tipos de publicações onde se inclui uma revista especializada em duas partes. Existe ainda um portal adicional apenas para associados em: www.occaonline.net.

JLF

Química Verde – Uma Missão

<http://www.epa.gov/greenchemistry/tools.html>

Portal do Programa Química Verde da Agência de Protecção Ambiental dos Estados Unidos. Na página de apresentação pode ler-se que a missão deste departamento é a de promover tecnologias químicas inovadoras para reduzir ou eliminar o uso e a produção de substâncias perigosas na concepção, fabricação e utilização de produtos químicos. Duas das ferramentas mais interessantes deste portal são o Green Chemistry Expert System (GCES) e o Green Chemistry Literature Database. A primeira permite aos utilizadores construir um processo químico verde, conceber um produto químico verde, ou efectuar uma pesquisa no âmbito da química verde. O sistema inclui documentação compreensiva sobre o tema, e é igualmente útil para

Química de Polímeros

Coordenação de J. S. Seixas de Melo, M. João Moreno, H.D. Burrows e M. Helena Gil, Imprensa da Universidade, Coimbra, 2004. xii + 665 páginas. Preço: 22 €. ISBN 972-8704-22-4

MÁRIO N. BERBERAN E SANTOS*



Lançado durante o XIX Encontro Nacional da Sociedade Portuguesa de Química, realizado em Coimbra, e cuja temática principal foram os polímeros, o livro *Química de Polímeros* reúne 22 capítulos assinados por mais de meia centena de docentes e investigadores universitários nacionais ou em colaboração com nacionais.

É aqui oportuno recordar dois factos relacionados: a criação em 2004 do Grupo de Colóides, Polímeros e Interfaces no âmbito da SPQ, e cujo presidente, H. D. Burrows, é um dos editores (e autores) do presente livro; e o facto de o Boletim da SPQ ter dedicado em tempos um número aos Polímeros (n.º 24, no longínquo ano de 1986 mas já mencionando os "novos" polímeros condutores), com um artigo muito semelhante (artigo Poliuretanos, Cap. II.2 do livro) e outros complementares dos capítulos do livro.

Para além de uma introdução sucinta, em que os coordenadores situam a temática dos polímeros no contexto da in-

vestigação, indústria e ensino portugueses, a obra encontra-se organizada em quatro grandes secções: Síntese e processamento (5 capítulos), Estrutura e dinâmica (8 capítulos), Polímeros condutores (4 capítulos), e Biopolímeros e Biomateriais (5 capítulos).

Inserido na Série Ensino, não se trata no entanto de um manual universitário de *Química de Polímeros*. Como acontece com todos os livros que reúnem capítulos escritos por vários autores, não há um encadeamento perfeito, nem um tratamento sistemático de tópicos relevantes. Não há também, neste caso, uma preocupação pedagógica uniforme. Alguns autores descrevem sobretudo a sua investigação ou área de trabalho, pressupondo conhecimentos prévios ou interesse por certos pormenores que muitos leitores não terão. O livro é contudo útil para o ensino da *Química de Polímeros*, pois há uma maioria de capítulos em que se introduz o respectivo assunto de forma clara e bastante completa.

Declara-se no Prefácio que o objectivo primeiro do livro é fornecer uma panorâmica da actividade de investigação nacional em *Química de Polímeros*, com excepção da química coloidal e das macromoléculas biológicas (por exemplo proteínas). Este objectivo é plenamente atingido, e permite-nos ajuizar da actividade realizada em cada uma das áreas, nomeadamente por análise da respectiva bibliografia. O método de selecção de autores utilizado numa primeira fase pelos editores, baseado na *Web of Knowledge* (ISI) (mínimo de 10 artigos e 50 citações), é louvável. Há, ao que parece, quem afirme que o acesso nacional a

esta base de dados é desnecessário, e que se trata de um desperdício de dinheiro. Trata-se de uma afirmação deplorável, mas provavelmente cada vez menos ouvida. O que não quer dizer que, em círculos restritos, não haja quem continue a fugir dos indicadores bibliométricos como o diabo foge da cruz.

Outra virtude do livro *Química de Polímeros* é o contributo dado para a fixação em português da respectiva terminologia.

Uma pequena achega: afirma-se na Introdução, remetendo para um endereço de internet aparentemente entretanto modificado, que o fabrico de papel em Portugal tem mais de 300 anos. De facto, o registo mais antigo conhecido (Matos Sequeira, *A Abelheira e o fabrico de papel em Portugal*, 1935) é de 1411, e refere-se a moíños de água para o fabrico de papel a partir de trapos, situados em Leiria, junto ao rio Liz. Fabrica-se portanto papel em Portugal há (pelo menos) quase 600 anos. Mas só em meados do séc. XIX se começou a produzir na Europa o "papel de madeira", a que se refere o Cap. V.1. O inadequado tratamento químico de então levou ao papel ácido (veja-se, por exemplo, H. A. Carter, *J. Chem. Educ.* **74** (1997) 508) amarelado e manchado de muitos livros de oitocentos, por vezes com um cheiro desagradável, e tão frágil e feio ao pé do seu antecessor de linho ou algodão, que encontramos em perfeito estado nos livros dos séculos XVI a XIX (1.ª metade).

Química de Polímeros é, em suma, uma obra de consulta bem organizada e bem editada, que vem enriquecer a escassa bibliografia científica em português, e cuja aquisição se aconselha.

* Centro de Química Física Molecular, IST

As Características das tintas e as características dos polímeros com que são formuladas

SUSANA CARVALHO¹, JOSÉ LUÍS NOGUEIRA²

Resumo

A parte mais importante do veículo fixo de uma tinta é sem dúvida constituída pelas resinas que compõem e as suas características são, também, fundamentalmente determinadas por essas mesmas resinas.

No começo do século 20 a indústria de tintas estava fortemente condicionada pelo facto de, no campo dos polímeros obtidos por via sintética, a oferta ser ainda praticamente inexistente e a escolha de veículos estar limitada aos óleos e resinas de origem natural. Essa situação foi mudando progressivamente e a partir da década de 50 deu-se um salto qualitativo importante com a introdução no mercado de homopolímeros de poliactato de vinilo que, plastificados externamente, começaram a ser utilizados no fabrico de tintas aquosas para paredes.

Para melhorar o comportamento destas primeiras tintas cedo se começaram a utilizar copolímeros em que um dos monómeros é um monómero duro e o outro um monómero flexibilizante.

A escolha dos monómeros é fundamentalmente determinada pelas propriedades físicas e químicas necessárias no produto final e, em consequência, a maior parte das dispersões aquosas são produzidas usando mais do que um monómero para se poderem atingir as propriedades desejadas.

Nesta comunicação discute-se a relação entre os monómeros utilizados na formulação de resinas aquosas em dispersão e as características das tintas com elas formuladas e colocam-se interrogações sobre os desenvolvimentos desejáveis no futuro.

Introdução

A primeira manifestação humana que podemos dizer que está de algum modo ligada ao tema das tintas e vernizes é, sem dúvida, a pintura de animais e cenas de caça nas paredes das cavernas, as mais antigas das quais foram recentemente descobertas em cavernas usadas por trogloditas há mais de 20.000 anos atrás.

Podemos dizer que o paleolítico superior foi o berço da tecnologia das tintas que, durante muitos séculos, permanecerá, como começou, ligada à expressão artística das crenças do homem e de múltiplos aspectos da vida humana.

As tintas utilizadas pelo homem primitivo foram produzidas utilizando materiais que ele foi descobrindo enquanto prosseguia a sua actividade normal. Os primeiros desenhos nas paredes foram

muito provavelmente feitos com torrões de terras coradas como quem escreve com giz num quadro preto.

A necessidade de encontrar novas cores para se exprimirem melhor levou esses primeiros artistas a procurarem outros materiais que pudessem ser usados como corantes e, naturalmente, levou à necessidade de os misturar entre si. Este facto tão simples deve ter conduzido ao uso de pigmentos em pasta em vez dos pedaços sólidos habituais. Nasceram assim, os conceitos de pigmento e verniz.

As tintas utilizadas nas pinturas rupestres começaram por ser feitas com pigmentos naturais tais como o carvão com que se obtinha a cor preta, caulinos, carbonatos e mais tarde o carbonato básico de chumbo com que se obtinham os brancos e terras coradas extraídas de

depósitos naturais de óxidos de ferro, silicatos e óxidos de outros metais. Conforme a natureza e quantidade relativa dos óxidos presentes estes depósitos naturais permitiam obter vermelhos, amarelos e castanhos, nomeadamente as cores que ainda hoje se conhecem por "umbria" e "siena".

Os primeiros veículos utilizados pelo homem primitivo devem ter sido as gorduras dos animais que ele caçava e lhe serviam de alimento. À medida que ele foi desenvolvendo hábitos de agricultor e o conhecimento das plantas, é de presumir que começaram, também, a ser utilizados com essa finalidade sucos e óleos vegetais.

De um modo geral podemos dizer que os veículos em uso variavam muito de região para região, conforme as disponibilidades locais. O alcatrão, a clara de

1 Resiquímica – Resinas Químicas, S.A. EN 249, km 15, 2725 – 397 Mem Martins

2 CIN–Corporação Industrial do Norte, S.A., EN 13(Km 6)– Apartado 1008,4471-909 Maia

ovo, a cal, a goma-arábica e a cera de abelhas são alguns dos veículos que se tem a certeza que foram usados desde os tempos mais remotos. Os egípcios cultivavam o linho e sem dúvida conheciam as propriedades secativas do óleo de linhaça, bem como as técnicas de fabrico de vernizes formulados com óleo de linhaça e resinas duras de baixo ponto de fusão tais como o alcatrão natural, resina de aroeira e resina de sandárcara.

Com o aparecimento dos primeiros artifices e comerciantes deve ter surgido, também, a necessidade de proteger os materiais e foi com certeza esta necessidade que originou que a actividade de produção de tintas não se tivesse confinado às aplicações em pintura artística.

A revolução industrial foi, sem dúvida, o facto singular que maior pressão exerceu para o desenvolvimento da tecnologia das tintas e vernizes. O aparecimento de enormes quantidades de maquinaria e estruturas de ferro a necessitar de protecção contra a corrosão constituiu um desafio enorme que levou ao estudo de tintas de qualidade e que pudessem ser produzidas na quantidade requerida pela procura existente.

O principal veículo utilizado na produção de tintas nesta época era, sem sombra de dúvida, o óleo de linhaça. Os artistas e profissionais tinham à sua disposição no mercado pastas de pigmento obtidas por moagem fina de pigmentos em óleo de linhaça e procediam depois à sua transformação em produtos acabados por adição de vernizes ou óleos vegetais e aditivos.

No começo do século 20, a indústria de tintas estava fortemente condicionada pelo facto de, no campo dos polímeros obtidos por via sintética, a oferta ser ainda praticamente inexistente e a escolha de veículos estar limitada aos óleos e resinas de origem natural. Essa situação foi mudando progressivamente e vamos tentar dar a seguir uma curta ideia das principais modificações ocorridas neste campo na primeira metade deste século:

1907 – Resinas fenólicas;

1910 – Síntese de acetato de vinilo;

1920 – Poliacetato de vinilo em meio solvente;

1927 – Resinas alquídicas modificadas com óleo;

1930 – Borracha clorada;

1930 – 1935 – Combinação de resinas alquídicas com resinas de ureia; polímeros de cloreto de vinilo;

1935 – *Wash-primers* formulados com butiral-polivinílico;

1940 – Resinas de melamina;

1944 – Resinas de silicone;

1946 – 1950 – Poliacetato de Vinilo em meio aquoso; Estireno-Butadieno em meio aquoso;

1947 – 1950 – Resinas epoxi;

1950 – Resinas de poliéster insaturadas;

1951 – Polímeros acrílicos em dispersão aquosa;

1960 – Outros polímeros em meio aquoso (VAM/VeoVa; VAM/Acrilatos; copolímeros estireno/acrilato; copolímeros acrílicos puros);

1970 – Copolímeros VAM/Etileno – copolímeros de pressão em meio aquoso.

O que é uma tinta. Os seus constituintes principais.

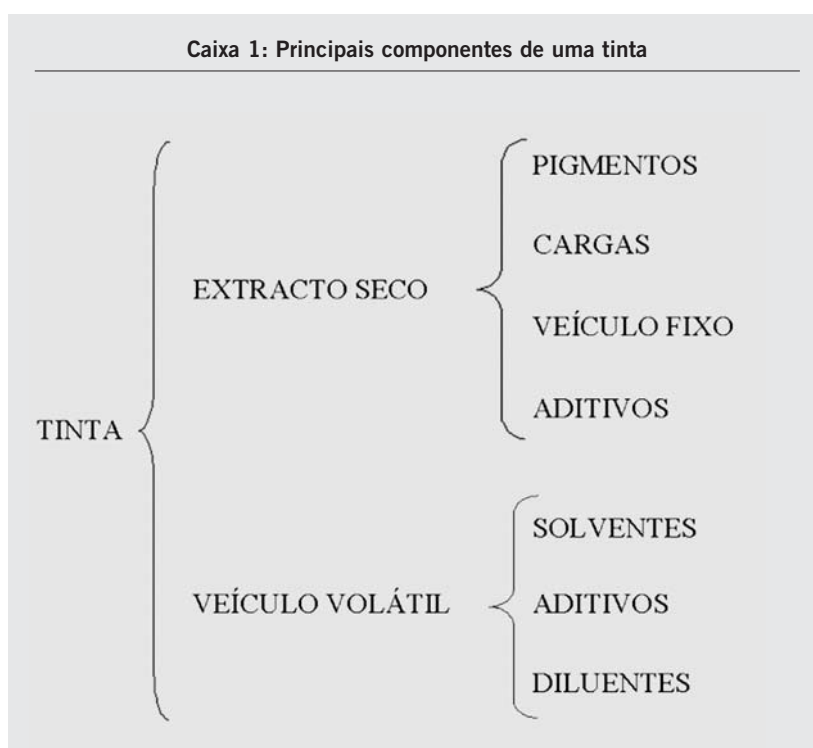
Se muito simplesmente recorrermos à norma portuguesa NP 41 para obtermos a definição de tinta encontramos:

TINTA – Composição pigmentada líquida, pastosa ou sólida que, quando aplicada em camada fina sobre uma superfície apropriada, no estado em que é fornecida ou após diluição, dispersão em produtos voláteis ou fusão, é convertível ao fim de certo tempo, numa película sólida, contínua, corada e opaca.

Os principais componentes de uma tinta estão representados na Caixa 1.

O veículo fixo é o responsável pela agregação dos constituintes da tinta e determina, por esse facto, o comportamento da tinta no que se refere a características como:

- Propriedades mecânicas (p.e. elasticidade);
- Resistência à intempérie e à radiação UV;



- Resistência química (p.e. à alcalinidade);
- Brilho;
- Pegajosidade superficial e resistência ao bloqueamento.

A relação entre o veículo e os pigmentos e cargas é um parâmetro essencial na diferenciação das tintas. Uma vez que as tintas são aplicadas em camadas tridimensionais, esta relação é traduzida em termos de volume e toma a designação de CPV – Concentração de Pigmentos em Volume (ou PVC, como é mais frequentemente conhecida, da designação em inglês – Pigment Volume Concentration). A CPV é expressa em percentagem e corresponde ao quociente entre o somatório do volume de cargas (V_c) e pigmentos (V_p) e o somatório do volume de cargas, pigmentos e veículo (V_L), também designado por ligante:

$$CPV[\%] = \frac{V_p + V_c}{V_p + V_c + V_L} \times 100$$

As tintas muito ricas em veículo, após evaporação dos voláteis, apresentam um filme contínuo de ligante no qual se distribuem os pigmentos e cargas. Neste caso a CPV da tinta é baixa, geralmente inferior a 45%, conforme se pode ver na figura 1.

Por outro lado as tintas pobres em ligante apresentam filmes porosos, nos quais predominam os pigmentos e cargas, sendo o ligante apenas o elemento aglutinador entre estes constituintes, não chegando a sua quantidade para preencher os espaços livres, como se pode observar na figura 2. Estas tintas têm CPVs acima de 70%.

A parte mais importante do veículo fixo de uma tinta é sem dúvida constituída pelos óleos e resinas que o compõem e as suas características são, também, fundamentalmente determinadas por essas mesmas resinas. Daí que seja comum utilizar o nome da resina que compõem o veículo fixo ao caracterizar os sistemas de pintura, pois as suas propriedades estão indissolúvelmente ligadas às dos veículos com que estão formulados os produtos que o constituem, nomeadamente as tintas de acabamento.

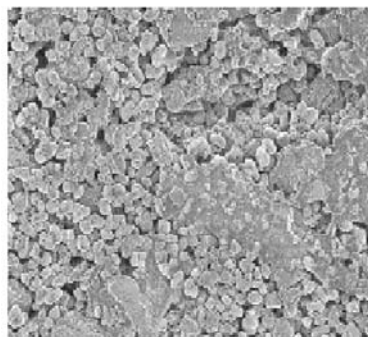


figura 1 Fotografia obtida por microscopia electrónica de tinta abaixo da CPV crítica.

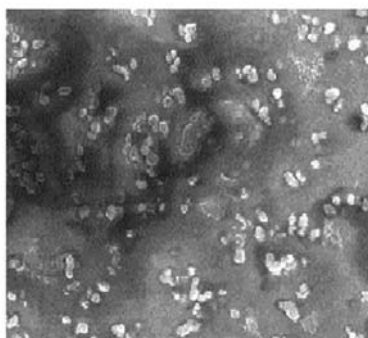


figura 2 Fotografia obtida por microscopia electrónica de tinta acima da CPV crítica.

A referência a todos os veículos que têm utilização na indústria de tintas e vernizes levar-nos-ia a escrever um livro. Neste artigo vamos pois limitar-nos a discutir alguns aspectos relacionados com os polímeros que têm utilização corrente em tintas para arquitectura, nomeadamente tintas de base aquosa para a pintura de paredes em interior e exterior.

Polímeros em emulsão aquosa

As dispersões de resinas podem ser preparadas de duas maneiras distintas: uma por polimerização em emulsão e outra por emulsificação posterior da resina. Tal como o próprio termo indica, a polimerização em emulsão é um conjunto de dois processos distintos conduzidos numa só operação: a polimerização para transformação do monómero no polímero e a emulsificação deste.

A emulsificação posterior da resina envolve somente a emulsificação propriamente dita uma vez que se parte de uma resina que se obteve previamente de fontes naturais ou por polimerização usando reacções de adição ou condensação.

No processo em emulsão a polimerização ocorre em pequenas micelas (cerca de $0,01 \mu\text{m}$), dispersas em meio aquoso, formadas por surfactante, monómero e polímero em crescimento. Estão ainda presentes gotículas de monómero de tamanho superior ($1 \mu\text{m}$), que funcionam como "reservatórios" para fornecimento de monómero às cadeias em crescimento nas micelas. Os monómeros vulgarmente usados na produção de dispersões aquosas contêm obrigatoriamente uma ligação dupla entre dois átomos de carbono. É à custa da quebra desta ligação dupla e formação de duas ligações simples, que se vai dar o crescimento do polímero – reacção de poliadição.

Devido às boas condições de transferência de calor através da fase aquosa, o calor de polimerização pode ser removido facilmente e a polimerização processa-se rapidamente. Por outro lado, uma vez que o polímero não é solúvel na fase contínua (água), o comprimento do polímero, isto é, o seu peso molecular não influencia a viscosidade do produto. Estes dois factores, a facilidade de transferência de calor através da fase aquosa, bem como o facto da viscosidade da dispersão ser independente do

Caixa 2 – Monómeros mais comuns

Monómero	Fórmula
Acetato de vinilo (VAM)	$\text{CH}_3 \text{ COOCH} = \text{CH}_2$
Butadieno	$\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{CH} = \text{CH}_2$
Acrilato de Butilo (BA)	$\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{COOC}_4\text{H}_9$
Acrilato de 2-etilhexilo (EHA)	$\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{COOC}_8\text{H}_{17}$
Cloreto de vinilo	$\text{CH}_2 = \text{CH Cl}$
Dibutil maleato	$\text{CH} - \text{COOC}_4\text{H}_9$ $\text{CH} - \text{COOC}_4\text{H}_9$
Estireno	$\text{C}_6\text{H}_5\text{CH} = \text{CH}_2$
Etileno	$\text{CH}_2 = \text{CH}_2$
Metacrilato de Metilo	$\text{CH}_2 = \text{C} (\text{CH}_3) - \text{COOCH}_3$
Versatato de Vinilo (VeoVa 10)	$\text{CH}_3 \text{ C}(\text{R}_1) (\text{R}_2) \text{ COOCH} = \text{CH}_2$ (R_1 e R_2 são grupos alquila que no seu conjunto possuem 7 átomos de carbono)

peso molecular do polímero, permitem a produção de polímeros de alto peso molecular.

Alguns dos monómeros mais frequentemente utilizados são referidos na Caixa 2.

O processo de polimerização começa com a dissociação do iniciador em radicais livres. Na fase seguinte, estes colidem com as moléculas do monómero, dando origem a novos radicais livres mais complexos que continuam a combinar-se com outras moléculas de monómero até formarem um polímero de cadeia comprida.

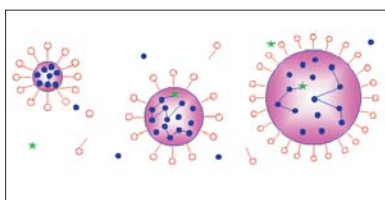
A fase final ou de termo pode ocorrer pela combinação de duas cadeias em crescimento, combinação de uma cadeia em crescimento com um radical livre, etc. Com monómeros com funcionalidade dois (uma dupla ligação por molécula), formam-se polímeros lineares. Quando se introduzem moléculas com uma funcionalidade maior do que dois, pode ocorrer a formação de polímeros com cadeias laterais e reticuladas.

Uma dispersão aquosa no final do processo de polimerização pode represen-

tar-se esquematicamente como se ilustra na figura 3.

As esferas onde se encontram quer os monómeros ("bolinhas") quer os polímeros ("bolinhas" ligadas entre si) estão estabilizadas pelos agentes tensoactivos na forma de micelas, que permitem a sua compatibilidade com a fase aquosa. As "estrelas" são os iniciadores que permitem o crescimento das cadeias de polímero.

A escolha dos monómeros é fundamentalmente determinada pelas propriedades físicas e químicas necessárias no produto final e, em consequência, a maior parte das dispersões aquosas são produzidas usando mais do que um monómero para se poderem atingir as propriedades desejadas. Por exemplo, o acetato de vinilo por si só produz polímeros relativamente duros e quebradiços; se combinado com o dibutil malea-



to produz polímeros menos duros e muito mais elásticos.

Muito frequentemente usam-se monómeros especiais na fabricação de polímeros para se obterem propriedades específicas. Tal é o caso, por exemplo, da inclusão de pequenas quantidades de ácido para melhorar a estabilidade ao gelo – degelo e a adição de etileno para melhorar a aderência a certos materiais.

Pelo que atrás ficou dito se vê que a escolha dos monómeros mais adequados é uma tarefa muito complicada; para além do comportamento final dos polímeros outros factores tais como o custo, a facilidade de produção e a estabilidade em armazém, por exemplo, têm também que ser considerados e convém salientar que mesmo uma escolha criteriosa dos monómeros pode conduzir a um mau polímero, pois o tamanho de partícula, a tensão superficial e outras características têm uma influência importante no comportamento final do produto.

Homopolímeros

Os homopolímeros de acetato de vinilo (VAM) foram dos primeiros polímeros em emulsão aquosa a serem utilizados para o fabrico de tintas de arquitectura. Como o acetato de vinilo é um polímero duro, isto é, os filmes de polímero à temperatura ambiente são quebradiços, tinham que ser plastificados utilizando plastificantes externos, dos quais o mais utilizado foi seguramente o ftalato de dibutilo.

As tintas assim formuladas utilizavam-se muito há cerca de 40 anos. Foram substituídas devido à baixa resistência à água e aos alcalis e ao facto de com o tempo perderem a flexibilidade e fissurarem devido à perda progressiva do plastificante externo por evaporação.

Actualmente em Portugal quase só se utilizam no fabrico de massas para obtenção de efeitos decorativos especiais.

figura 3 Representação esquemática de um polímero em emulsão aquosa na fase final de polimerização.

Utilizam-se ainda hoje em outros países para o fabrico de tintas fundamentalmente para interior e são difíceis de substituir por uma razão inesperada: o cheiro suave e adocicado do poliacetato de vinilo que os profissionais associam a produtos que utilizaram frequentemente ao longo da sua vida profissional e que, portanto, resistem a substituir.

Copolímeros de acetato de vinilo

A abordagem de copolimerizar vários monómeros com o acetato de vinilo surgiu da necessidade de melhorar as características de flexibilidade e resistência à alcalinidade dos homopolímeros de acetato de vinilo.

Os monómeros mais utilizados para este fim foram os acrilatos, nomeadamente o acrilato de butilo e o acrilato de 2-etilhexilo, e o versatato de vinilo (Veova 10).

O parâmetro que é utilizado para avaliar a dureza/flexibilidade dos polímeros de um dado monómero é a temperatura de transição vítrea (Tg). Esta grandeza traduz a temperatura à qual um dado homopolímero passa do estado vítreo a fluido viscoso e quanto mais baixa for, mais macio é o polímero. Alguns exemplos encontram-se na Tabela 1.

Através da copolimerização de VAM com os monómeros de Tg mais baixa consegue-se um efeito de plastificação interna. Na prática isto traduz-se em películas mais macias e que não perdem as suas características ao longo do tempo, uma vez que o agente que vai plastificar o polímero é ele próprio um monómero polimerizado que é parte integrante do polímero. Os exemplos de copolímeros de VAM e acrilatos ilustram este efeito (Tabela 2).

Em termos de resistência à alcalinidade, também a utilização de copolímeros pode ser avaliada, como se demonstra com os resultados de percentagem de saponificação de copolímeros de acetato de vinilo (Tabela 3).

A maior resistência à alcalinidade dos copolímeros VAM/Veova relativamente aos VAM/acrilatos resulta essencialmente de uma distribuição mais homogênea dos dois monómeros nos VAM/Veova,

uma vez que ambos os monómeros têm como centro reactivo um grupo vinílico e por isso com reactividade semelhante. No caso dos VAM/acrilatos, os monómeros têm, respectivamente, um grupo vinílico e um acrílico como centros reactivos. As reactividades cruzadas destes grupos são diferentes e por isso a distribuição do monómero acrílico não é uniforme ao longo do filme, originando zonas de maior fragilidade ao ataque pelos alcalis.

Resumindo o efeito da plastificação interna com a do aumento da resistência à alcalinidade conferidos pela copolimerização de outros monómeros com o acetato de vinilo, conclui-se que os acrilatos mencionados são mais eficientes na redução da Tg do copolímero, isto é, conferem maior elasticidade ao filme de polímero do que o Veova, mas que este último é mais eficiente no aumento da resistência à alcalinidade do que os acrilatos.

Esta constatação explica de alguma forma as diferentes tendências que se observam nos mercados europeu e norte-americano em termos de utilização de ligantes.

Na Europa, as tintas formuladas com VAM/Veova vieram substituir os homopolímeros VAM essencialmente nas tintas de média e alta qualidade para interior e exterior, cobrindo uma larga gama de CPVs e brilhos. Actualmente são usados na formulação de tintas até CPVs de 70%. A sua excelente resistência à alcalinidade é um requisito fundamental, uma vez que os substratos usados na Europa são minerais (argamassas de cimento, estuques).

Na América do Norte as casas de habitação eram (e continuam ainda a ser) tradicionalmente construídas em madeira, pelo que o efeito da flexibilidade do filme de polímero é um requisito mais importante do que o da resistência à al-

Tabela 1 – Temperatura de transição vítrea (Tg) do homopolímero

Monómero	Tg do homopolímero (°C)
Acetato de vinilo	30
Acrilato de butilo	-54
Acrilato de 2-etilhexilo	-85
Veova 10	-2


Tabela 2 – Copolimerização de VAM com monómeros de baixa Tg.

Polímero	Composição (%)	Tg (°C)
VAM/EHA	85/15	10
VAM/BA	83/17	10

Tabela 3 Percentagem de saponificação de copolímeros de acetato de vinilo

% Comonómero	Veova	BA	EHA
0	91	91	91
10	41	68	56
20	19	42	28
30	11	28	21

Tabela 4 Variação das propriedades físicas e químicas em função do tipo de co-monomero utilizado.

Homopolímero	Dureza	Flexibilidade	Resistência aos U.V.	Resistência aos alcalis
Estireno			Baixa	Excelente
Acrilonitrilo			Razoável	Baixa
Metacrilato de metilo			Muito boa	Muito boa
Metacrilato de etilo			Excelente	Excelente
Metacrilato de butilo			Excelente	Excelente
Acrilato de metilo			Baixa	Muito boa
Acrilato de etilo			Razoável	Muito boa
Acrilato de butilo			Muito boa	Muito boa
Acrilato de 2-etilhexilo			Boa	Muito boa

calinidade. Os ligantes mais usados são os VAM/acrilatos. Para aplicações mais exigentes são usados polímeros acrílicos puros.

Copolímeros Acrílicos

Os copolímeros acrílicos são uma importante classe de copolímeros que parte do mesmo princípio de utilização de um monómero duro e um monómero macio.

Os monómeros macios mais utilizados são os anteriormente referidos. Os monómeros duros mais frequentes são o estireno ($T_g = 107^\circ\text{C}$), sendo os copolímeros assim obtidos designados por estireno/acrílicos ou ele próprio um acrilato, como seja o metacrilato de metilo ($T_g = 105^\circ\text{C}$), obtendo-se polímeros acrílicos puros.

Para além dos parâmetros de elasticidade e resistência à alcalinidade anteriormente referidos, os copolímeros acrílicos são também avaliados em termos da resistência aos raios ultravioleta (UV) que, por sua vez, determina a resistência à intempérie. Nesta última característica os copolímeros contendo quantidades apreciáveis de estireno têm baixos desempenhos, o que condiciona a utilização de copolímeros estireno/acrílicos em tintas para exterior.

Por outro lado, a excepcional resistência à alcalinidade do estireno permite a formulação de tintas para interior de altas

CPVs (baixos teores em ligante) mas com boas características de resistência à lavagem. Assim, os polímeros estireno/acrílicos são muito utilizados para a formulação de tintas com CPVs acima de 70%.

Os copolímeros acrílicos puros aliam as várias características de elasticidade, resistência à alcalinidade e resistência à intempérie, o que faz deles os utilizados para as aplicações mais exigentes de tintas para exterior. São usados em geral em formulações com baixas CPVs.

A versatilidade dos polímeros acrílicos em termos da selecção de propriedades que advêm da utilização dos diferentes acrilatos faz deles os ligantes de eleição para as aplicações industriais, mais exigentes do que as aplicações em tintas decorativas. De facto, os copolímeros acrílicos puros são já largamente utilizados como ligantes em revestimentos para madeira, plástico e metal (protecção anticorrosiva).

Na tabela 4, resumem-se as propriedades de dureza/flexibilidade, bem como de resistência à radiação UV e à alcalinidade dos monómeros mais utilizados na produção de ligantes estireno/acrílicos e acrílicos puros.

Futuro

Mesmo o cidadão menos atento já se apercebeu da crescente importância dos movimentos ecologistas, o que, na-

turalmente, traduz a preocupação crescente das pessoas em geral com a qualidade do ar, da água e de todo o meio ambiente que as cerca. As últimas investigações tendem a demonstrar que se pode obter uma redução importante da poluição foto-oxidante pela simples redução das emissões de compostos orgânicos voláteis (COVs ou em inglês VOCs de *volatile organic compounds*) e é por isso que hoje em dia existem em quase todos os países planos para limitar essas emissões.

A indústria de tintas é, directa e indirectamente, uma fonte importante de poluição, entre outras razões, pela emissão de quantidades importantes de solventes para a atmosfera. Fácil é concluir-se que vai estar sujeita cada vez mais a pressões para que esse problema se resolva. Exemplos claros disso são a publicação recente de Directivas Comunitárias como a Directiva 1999/13/CE e a Directiva 2004/42/CE que obrigam à redução do conteúdo dos solventes nas tintas. Essa redução far-se-á, muito provavelmente, mediante a introdução de novas tecnologias uma das quais, e talvez a mais promissora, é a da generalização da utilização de produtos de base aquosa.

As tintas aquosas para fins decorativos estão já bem introduzidas em algumas áreas, com as tintas de emulsão para paredes.

Mais difícil tem sido a introdução de tintas de base aquosa na indústria e para substituir os esmaltes decorativos nas tintas de arquitetura. Essas dificuldades resultam fundamentalmente de as tintas aquosas possuírem preços mais elevados, baixo brilho e serem difíceis de aplicar, nomeadamente, pela dificuldade de cobrir convenientemente as arestas, devido a fenómenos de tensão superficial ainda não resolvidos. É de admitir que se dê nos próximos 5 anos o grande salto em frente para os produtos aquosos.

Como já atrás referimos, com o aumento das restrições à emissão de solventes nos revestimentos decorativos e repintura automóvel, cujo primeiro passo se avizinha já em 2007 com a implementação da primeira fase da directiva 2004/042/CE, é de esperar um forte incremento na utilização de polímeros em emulsão aquosa em geral e no aparecimento de novos polímeros que satisfaçam as novas exigências do mercado.

Uma nova classe de polímeros que vem encontrando utilização para a formulação de tintas isentas de emissão são os copolímeros de VAM e etileno. O etileno é um monómero gasoso extremamente macio que diminui muito eficientemente a Tg do polímero. Permite por isso a formulação de produtos cuja película é formada à temperatura ambiente sem necessidade de recorrer a adjuvantes de filmificação (coalescentes de filme) que são solventes e, por isso, contribuem para o aumento de compostos orgânicos voláteis na atmosfera. Os polímeros de VAM/etileno são obtidos através da polimerização sob pressão, uma vez que o etileno é um gás à pressão atmosférica.

Outra classe de polímeros que tem interessado muito os investigadores é a dos polímeros que permitam obter um tempo aberto e um brilho final elevados. Este tipo de polímeros tem sido alvo de um enorme desenvolvimento, recorrendo à introdução de pequenas quantidades de co-monómeros funcionais bem como à modificação da sua morfologia, o que permitiu a obtenção de produtos de base aquosa com melhores desempenhos na aplicação; mas a realidade é que algumas características fortes dos produtos de base solvente tais como,

tempo aberto, corpo, lacagem ou brilho, são ainda difíceis de igualar com produtos de base aquosa. São, no entanto, conhecidos alguns avanços no estudo de novas resinas que fazem supor que estes problemas serão resolvidos, de forma satisfatória, muito em breve.

Qualquer que seja a nossa visão sobre como vai evoluir a sociedade humana num futuro próximo, penso que será facilmente aceite por todos que, nas áreas dos polímeros e das tintas a que temos vindo a referir-nos, as linhas de desenvolvimento a seguir descritas farão parte dessa evolução:

- aceleração do processo de automatização das operações de fabrico;
- desenvolvimento de novos produtos com maior compatibilidade com superfícies menos bem preparadas, maior facilidade de aplicação com métodos convencionais e melhor adaptação à aplicação com métodos automáticos;
- desenvolvimento de novos produtos com secagem mais rápida e maior compatibilidade com condições atmosféricas adversas;
- desenvolvimento de novos produtos com maior compatibilidade com novos materiais, nomeadamente novos plásticos e materiais cerâmicos;
- desenvolvimento de novas tecnologias que permitam a utilização de esquemas de pintura mais simples, em particular no que respeita ao número total de demãos;
- desenvolvimento de novos produtos com maior durabilidade.

A satisfação destas necessidades pode passar, por exemplo, pela modificação de copolímeros acrílicos com monómeros tradicionais dos produtos de base solvente e que possam sofrer um processo de cura oxidativo após a evaporação da água, tornando as películas de tinta mais resistentes e mantendo o tempo aberto mais elevado. Esta é uma abordagem que já está em curso e que pode contribuir decisivamente para o desenvolvimento de novos produtos nestas áreas.

Deixamos aqui algumas pistas que podem inspirar não só o trabalho dos químicos na indústria, mas também o trabalho de investigadores nas Universidades como contributo para a tão discutida e desejada maior aproximação entre a indústria e o meio académico universitário.

Bibliografia

- Clive H. Hare, *Anatomy of Paint*, Journal of Protective Coatings and Linings, October 1990.
- G.G. Shurr, *Exterior House Paint*, Federation Series on Coatings Technology, Unit 24, 1977.
- G.P.A. Turner, *Introduction to Paint Chemistry and Principles of Paint Technology*, Science Paperbacks- Chapman and Hall, 1980
- Guy E. Weismantel, *Paint Handbook*, McGraw-Hill Book Company., 1981
- Joe Maty, *In the 40's. Wartime Rubber Crunch gives Bounce to Fledgling Science of Latex Resins*, Paint and Coatings Industry, August 2004.
- M. Schwartz, R. Baumstark, *Waterbased Acrylates for Decorative Coatings*, Ulrich Zorll, 2001.
- P. Oldring et al, *Resins for Surface Coatings*, SITA Technology, 1987.
- Peter Johns et al, *Waterborne & Solvent Based Surface Coating Resins and Their Applications*, Sita Technology Ltd, 1996.
- Pierre Grandou, Paul Pastour, *Peinture et Vernis*, Hermann, 1969.
- S.R. Finn, *Introduction to Paint Technology*, Oil and Colour Chemists Association, 1976.
- T. C. Patton, *Alkyd Resin Technology*, Interscience, 1962.
- W.M. Morgans, *Outlines of Paint Technology*, Charles Griffin and Company Limited, 1984.
- Wayne R. Fuller, *Formation and Structure of Paints Films*, Federation of Societies for Coatings Technology, 1965.
- Wayne R. Fuller, *Introduction to Coatings Technology*, Federation of Societies for Coatings Technology, 1973.
- Mowilith Handbook* 5.ª edição, Farbwerke Hoechst AG, 1972.
- Resinas Sintéticas e Matérias Primas para Vernizes*, Hoechst AG, 1994.
- Surface Coatings*, 2.ª edição, Oil and Colour Chemists Association, 1983

José A. S. Cavaleiro

Prémio Ferreira da Silva 2004

ENTREVISTA CONDUZIDA POR JOAQUIM LUÍS FÁRIA

O Prémio Ferreira da Silva, foi este ano atribuído ao Professor José A.S. Cavaleiro, numa pequena cerimónia durante o XIX Encontro Nacional da SPQ (ver QUÍMICA 93). O Professor J. Cavaleiro é Catedrático do Departamento de Química da Universidade de Aveiro desde

1986 e é o primeiro investigador na área da Química Orgânica a receber esta distinção da SPQ. Por isso e por toda uma carreira, esta entrevista que decorreu no ambiente calmo do campus Universitário de Aveiro, a 10 de Maio de 2004.



A sua nota biográfica indica que se licenciou em Ciências Físico-Químicas na Universidade de Coimbra em 1965. Em que altura da sua vida sentiu o chamamento da Química?

Fiz o liceu em Coimbra e até ao quinto ano tive um professor de Português que fez com que detestasse a ideia de seguir qualquer linha de Letras, portanto ficaram as Ciências. Assim, ao terminar o então segundo ciclo liceal, era claro para mim que iria seguir Ciências. Tendo feito o sexto e sétimo anos de Ciências com um bom professor de Química e de Física que me convenceu a seguir a Química, as opções seguintes seriam a Licenciatura em Ciências Físico-Químicas ou a de Engenharia Quími-

ca. Agradava-me seguir Engenharia Química, mas para isso, após o terceiro ano, teria de sair de Coimbra, o que não quis fazer por diversos motivos. Na altura a decisão acabou por ditar a Licenciatura em Ciências Físico-Químicas. Veja-se que apesar da minha freguesia ficar na zona centro do país, a 20 km de Coimbra, eu fui o primeiro "lá da terra" a tirar um curso universitário. Isto significa que os ambientes sociais e a maneira de ser nessa altura estavam muito afastados do que são hoje.

Mas o curso de Ciências Físico-Químicas não era um curso muito aplicado, o que de certo modo poderia limitar possibilidades profissionais. Já havia alguma inclinação para a investigação nessa altura?

Não. Primeiro havia que tirar o curso; o que viria depois, logo se veria. Nessa altura a investigação em Portugal estava muito, muito longe do que hoje conhecemos. A maior parte dos docentes universitários obtinham, nesses tempos, os seus doutoramentos no estrangeiro. Portanto, penso que não se poderia pensar bem em investigação. Mas já existiam algumas empresas industriais que aceitavam licenciados em Ciências Físico-Químicas. Após terminar o curso tive uma entrevista nessas condições e acabei por não concordar com a proposta que me foi apresentada. Como já estava

Assistente em Coimbra, optei por não lutar mais por isso.

Tendo acabado o curso em 1965 e recusado a proposta na indústria, ficou na Universidade de Coimbra como Assistente no Laboratório de Química ...

Foi, de facto, assim. Efectivamente, nesses tempos, os Assistentes faziam de tudo um pouco. Fiquei em Coimbra um ano, tendo sido envolvido na leccionação de aulas práticas de Química Inorgânica e de Química Analítica. Seguidamente fui, em comissão de serviço, para a Universidade de Lourenço Marques. Foram vários os motivos que determinaram essa decisão. Um deles, de grande significado para mim, tinha que ver com o Serviço Militar. Nessa altura havia a ideia de que se uma pessoa estivesse numa universidade ultramarina, teria a possibilidade de amenizar as condições de prestação desse serviço militar. E isso foi determinante na minha decisão pela Universidade de Lourenço Marques. E também porque o professor com quem estava a trabalhar em Coimbra, o Professor Vítor Crespo, ia em Outubro de 1966 para Lourenço Marques substituir o Professor Redinha que estava de regresso a Coimbra. Poder-se-á assim dizer que várias situações se conjugaram. Já em Lourenço Marques e após terminar a referida comissão de serviço em Maio de 1968, fui então contratado como Assistente dessa Universidade.

É mais ao menos por essa altura que surgem os seus primeiros artigos científicos juntamente com o Professor Vítor Crespo na área da Química Analítica.

Sim, justamente, essa era a área de trabalho do Prof. Vítor Crespo. Nós trabalhávamos com um reagente orgânico, o 2-mercaptobenzotiazol, e estudávamos a formação de vários complexos. Os resultados obtidos originaram as minhas primeiras publicações surgidas na Revista Portuguesa de Química.

Algum tempo depois vamos já encontrá-lo em Liverpool, a trabalhar no seu doutoramento e já naquele que virá a ser o seu domínio de trabalho, estudos de síntese envolvendo porfirinas. O que o fez rumar a Inglaterra e como se deu essa transição?

Ora bem, ainda em Lourenço Marques fui responsável não só pela leccionação de aulas teórico-práticas e práticas de várias disciplinas (Química Geral, Química Analítica, Química Inorgânica, Química Orgânica), mas também me foi atribuída a regência teórica da cadeira de Química Orgânica. Essa atribuição de aulas teóricas, com as implicações e responsabilidades daí resultantes, foi decisiva para a escolha do trabalho futuro. Tornou-se claro para mim que isso teria de ser em Química Orgânica.

E Liverpool?

Porquê Liverpool? Porque havia uma ligação anterior de Coimbra a Liverpool, vinda sobretudo através do Prof. Andra-de Gouveia que se tinha lá doutorado.

Quando a ideia de eu ir para fora começou a ganhar forma, estava já o colega Rocha Gonsalves há um ano em Liverpool ido também de Lourenço Marques. Parecia assim que a minha ida para Liverpool seria uma decisão óbvia. Contudo, nessa altura, cheguei a entrar em contacto com alguns professores de outras Universidades (recordo-me de ter escrito ao Prof. Ollis, de Sheffield e ao Prof. Crombie, de Nottingham). Mas o Prof. Crespo também tinha contactado o Prof. George Kenner, um dos dois professores de Química Orgânica em Liverpool, sobre a minha possível ida para essa Universidade. Fui, de imediato, lá

aceite no programa de doutoramento. O projecto das porfirinas veio por sugestão do professor inglês que tinha duas linhas de trabalho muito activas (porfirinas e péptidos). E assim foi tomada a decisão de eu integrar o seu grupo dedicado a estudos de síntese e biossíntese de porfirinas, decisão essa de que não me arrependo absolutamente nada.

E como foi o arranque em Liverpool?

Naturalmente que teve de haver um esforço grande de adaptação a condições de trabalho diferentes daquelas a que estava habituado. Penso que consegui entrar depressa no "novo sistema". Como o Rocha Gonsalves já lá estava, lá íamos falando de tudo e todos em português, mas fora do laboratório. Dentro do laboratório, disseram-nos que só em inglês! Cheguei lá em Outubro de 1970 e vim-me embora, com o doutoramento concluído, em Agosto de 1973. Foram, sem dúvida, tempos de muito trabalho, que agora recordo com saudade. Fizem-se amizades que têm perdurado até à actualidade.

Fui para Liverpool com uma bolsa da Fundação Calouste Gulbenkian, a qual cobria essencialmente as propinas. É evidente que a investigação demora, muitas vezes, a dar-nos os resultados que ansiosamente pretendemos. Nesse aspecto, além de haver momentos mais difíceis, eu estava pressionado pelo Serviço Militar, pois tinha adiamento até aos 30 anos. E as coisas tinham "mesmo que andar", mas muitas vezes não é bem assim.... Mas era muito agradável ter a visita anual da D. Maria Antónia Silva, funcionária da Gulbenkian em Londres, responsável pelo "welfare" dos bolseiros. Perante os supervisores essas visitas traduziam interesse e acompanhamento, por parte da Fundação Gulbenkian, relativamente aos seus bolseiros.

Do ponto de vista científico, imagino que quando chegou a Liverpool deparou com outro mundo. Depois de cerca de 3 anos de trabalho foi altura de voltar a Portugal. Como é que uma pessoa entusiasmada e cheia de vontade de produzir viveu esses contrastes?

Nesses tempos...com resignação! Mas tinham surgido algumas alterações,

poucas, relativamente aos tempos anteriores. O Prof. Rocha Gonsalves tinha regressado um ano antes, e começado a dinamizar a aquisição de algum equipamento. Por exemplo, quando cheguei, em Outubro de 1973, já havia um pequeno RMN de 60 MHz a funcionar. Mas as carências eram, de facto, enormes. Como exemplo disso lembro-me que, para poder adquirir um evaporador rotativo, imagine-se, um simples evaporador rotativo, andei a "bater a portas" para me ser emitido um Boletim de Registo de Importação (os ditos BRIs de então). Isto demonstra que, apesar de algumas mudanças a nível interno na Universidade, havia mesmo muito pouco, a situação não era nada encorajadora. Por isso, poucos meses após o regresso a Lourenço Marques, contactei um grande centro que existia em Pretória, o Council for Scientific and Industrial Research (CSIR), para ir para lá trabalhar no período das férias de Verão. Houve acordo pela parte do CSIR; enviaram-me uma possível linha de trabalho, pediram-me para discriminar as necessidades de consumíveis, e tudo apontava para lá poder estar no período em questão. Entretanto deu-se o 25 de Abril de 1974. Foi necessário repensar tudo. Além do mais acabei por ser incorporado na EPI de Mafra em Outubro de 1974.

E depois disso começa a fase de Aveiro em 1975...

Nessa altura existiam enormes entraves à contratação, pelas Universidades mais antigas, de elementos vindos das Universidades de Luanda e de Lourenço Marques. Assim todos aqueles que tinham decidido regressar "à metrópole" viam nas Universidades recém-criadas uma boa possibilidade de integração. No meu caso a proposta da Universidade de Aveiro já vinha de trás. Aveiro já era, nessa altura, uma cidade onde se gosta de estar; também os colegas, que eram poucos, envolvidos no projecto "Universidade de Aveiro", faziam-no com grande entusiasmo e, além disso, eram pessoas amigas. Relembro, neste contexto, o saudoso Prof. Aristides Hall, a quem, na minha opinião, a Universidade de Aveiro muito ficou a dever. Após aquele impacto inicial de grandes incer-

tezas durante cerca duma década, partindo do "zero", tudo se foi a pouco e pouco conseguindo... Deverei fazer uma referência ao Programa Ciência que foi um verdadeiro "motor de arranque" nas condições de trabalho em Aveiro...

E como se chega à formação de um grupo como o Grupo de Química Orgânica que lidera actualmente? Foi um processo lento de gestação cautelosa, ou obedeceu a uma necessidade estratégica de desenvolvimento da Universidade de Aveiro?

A Química Orgânica era obviamente uma das áreas a desenvolver. E deveria sê-lo a pensar no futuro. No início eu era o único elemento da Universidade de Aveiro a trabalhar em síntese orgânica. Além da experiência e interesse científico que tinha na química de porfirinas, considerei que não deveria ficar só por aí, mas que deveria procurar condições que acarretassem outros interesses científicos na área da Orgânica a futuros membros da Universidade. O Fernando Domingues foi o primeiro Assistente a ser contratado e foi para Inglaterra em 1978 para doutoramento numa linha de trabalho relacionada com terpenos. Seguidamente foi contratada a Graça Neves para a Orgânica. Começámos de imediato a tentar fazer algum trabalho em Aveiro, na linha em que se tinha mais experiência, ou seja na das porfirinas, tendo a Graça concluído o seu doutoramento em 1986. Entretanto, com as contratações de novos Assistentes, foram sendo implementados novos interesses científicos, os quais viriam a alargar as potencialidades do grupo de investigação.

E os doutoramentos seguintes foram também aparecendo, o do Artur Silva em 1993, os do Augusto Tomé e do Armando Silvestre em 1994, etc., etc. A "geração" dos assistentes entretanto terminou e foi substituída pela dos bolsiros. Mas sempre com a convicção de que os novos conhecimentos resultantes do trabalho dessas pessoas viriam futuramente a aumentar as capacidades do grupo. O que de facto veio a acontecer!

Também, a partir de certa altura, algumas empresas (sobretudo uma com grande capacidade de produção, im-

plantada na região de Aveiro) começaram a vir à Universidade pôr-nos questões resultantes dos seus problemas. E da nossa parte sempre se procurou dar resposta adequada.

Mas isso é algo invulgar, mesmo para hoje: uma empresa que procura a Universidade para resolver problemas. Estamos a falar de que altura?

Isso foi há cerca de 15-20 anos. Houve o estabelecimento de um protocolo entre a Universidade e essa grande empresa de produção de pasta de papel, o qual permitiu, na altura, a atribuição de bolsas a vários licenciados.



Então voltando um pouco atrás, a estratégia consistiu em encontrar um ponto de intersecção para diferentes linhas no grupo.

Sim, foi isso. A ideia era a de ter um grupo com capacidades de investigação em várias linhas de acção dentro da Química Orgânica. As maiores capacidades têm-se centrado na síntese, mas deverão também ser realçadas outras, como as dos estudos envolvendo compostos naturais, as de transformações em produtos de valor acrescentado, as relacionadas com as técnicas espectroscópicas de análise estrutural implantadas no Departamento e as relacionadas com possíveis aplicações medicinais e/ou industriais de todos os compostos resultantes dos estudos feitos. Tem sido possível uma transferência de mais va-

lias em termos científicos entre os membros do grupo.

Parece haver uma certa tendência para que as pessoas se formem, por assim dizer na casa, aí tirem o seu doutoramento e depois acabem eventualmente contratadas no sítio onde fizeram toda a formação...

Isso aconteceu em muitos casos, quando ainda se contratavam assistentes estagiários no âmbito de concursos a nível nacional. Porém os que aqui se doutoraram e depois continuaram, com ligação à Universidade, têm tido a possibilidade de terem estadias, mais ou menos prolongadas, no estrangeiro.

Além do trabalho de síntese, uma grande parte da actividade está centrada na caracterização estrutural. E isso leva-nos à questão de como se financia um grupo em Química Orgânica? Por exemplo, a aquisição do primeiro RMN só data dos anos 90.

Foi instalado em 1992, com o Programa Ciência.

Precisamente. Há aqui um intervalo de muitos anos. Como se cobriu esse período?

Com muitas dificuldades. Algumas ligações internacionais deram-nos pontualmente acesso a vários equipamentos. Isso ajudou muito nalguns casos mas a eficiência no trabalho era reduzida. Em termos nacionais foi necessário procurar quem nos pudesse ajudar; por exemplo, relativamente às análises de RMN, realço toda a abertura do Prof. V. Gil e posteriormente do Prof. C. Geraldès (Coimbra) e também do Prof. A. Xavier (Lisboa). Mas imagine-se o que era, quer em termos de tempo, quer de análise de espectros e eficiência de trabalho, ir a Lisboa com uma solução dum novo composto, que entretanto se decompunha...!

Em termos de espectrometria de massa, existia em Aveiro um máquina comprada nos anos 80. Tivemos o apoio do grupo de espectrometria de massa desde o princípio, mas também tivemos de recorrer ao estrangeiro. Íamos, pois, tentando fazer alguma coisa dentro das muitas dificuldades que existiam.

E as condições locais de trabalho, as instalações, os gabinetes e os espaços?

Nos primeiros tempos tudo era provisório e sem condições, num edifício "emprestado". Mais tarde, em 1979, a Química passou a dispor dum andar e espaço de cave num outro edifício para tal construído, já pertencente à Universidade. Essa mudança trouxe grandes melhorias e cada grupo passou a ter o seu espaço laboratorial. Em termos instrumentais já havia algum equipamento, um espectrómetro de massa, um pequeno RMN de 60 MHz, um cromatógrafo de gás, um aparelho de absorção atômica, espectrofotómetros de ultravioleta-visível e de infravermelho, enfim ... passou a haver algum equipamento básico. Finalmente mudamos para as actuais instalações em 1992/93. A vinda para aqui alterou completamente as condições de trabalho, quer a nível de espaços, quer a nível dos equipamentos que depois foram sendo instalados, a maior parte graças ao Programa Ciência. A partir desse período, se não fomos capazes de publicar, isso não ficará a dever-se à falta do equipamento básico que se encontra noutros sítios...

Estamos a falar do último grande investimento em Ciência em Portugal, em 1992. Nessa altura ainda não existia o que é hoje a Unidade de Investigação em Química Orgânica, Produtos Naturais e Agro-Alimentares. No entanto se alguém quer pôr um grupo de investigação no mapa da ciência internacional, tendo desde "balões de oxigénio" a espaços manifestamente insuficientes, como se ganha coragem para montar um grupo desta dimensão num ambiente tão incerto?

Creio que as pessoas têm os seus "idealismos", o que as fará lutar sempre para atingir melhores condições. Efectivamente em Aveiro penso que poucos terão sido os que desistiram naquelas fases mais complicadas e difíceis. E há sempre a possibilidade de "amanhã vir a ser melhor". E 1992 foi, de facto, para nós um arranque motivador... Outros problemas viriam mais tarde!

Nessa altura houve muitas associações de conveniência, mas nem sempre um

objectivo comum que não fosse garantir um certo financiamento...

Esse não foi o caso das nossas candidaturas ao Programa Ciência. E também o não foi aquando da proposta da Unidade de Investigação em 1993. Esta foi constituída a partir dos grupos de Química Orgânica, de Química Alimentar e de Espectrometria de Massa. Deverei realçar que tem havido interacção entre os grupos na investigação que desenvolvem. Por exemplo, nós em Química Orgânica precisamos da Espectrometria de Massa; os nossos colegas da Espectrometria de Massa trabalham com alguns dos compostos sintetizados por nós. Temos aí uma ligação mais ou menos directa. Com o grupo de Química Alimentar não tem sido tão fácil, a interacção tem-se centrado na aquisição de dados espectroscópicos (RMN e Massa). Contudo a junção na Unidade destes grupos não foi uma questão puramente de oportunismo para fazer número. A dimensão era importante, mas havia e há sempre a ideia de se estabelecer uma cooperação significativa.

Eram quantos elementos à partida e são quantos agora?

Na Unidade agora somos 23 doutorados, 7 pós-doutorados e vários estudantes de doutoramento; quando começámos éramos 10 doutorados, 5 Assistentes e 3 Assistentes Estagiários.

Avançando no tempo, em 1999 passou a ser editor do prestigiado European Journal of Organic Chemistry, o contraponto europeu do famoso Journal of Organic Chemistry norte-americano. Isto representa o franco reconhecimento fora de portas. Como surgiu?

Resultou de uma solicitação da SPQ, através do Prof. Martinho Simões, que era, na altura, Presidente da Sociedade. Foi com gosto que entrei nesse projecto, apesar de, desde o início, prever que daí adviria trabalho acrescido.

Como editor pode sem dúvida apreciar a evolução da contribuição portuguesa ao longo destes anos no número de publicações na área da Química Orgânica...

As publicações em Química Orgânica por autores nacionais têm vindo a cres-

cer muito significativamente de ano para ano, embora no EurJOC [European Journal of Organic Chemistry] isso ainda não seja muito visível. Há países europeus onde os investigadores apostam muito no EurJOC, mas essa não tem sido a situação portuguesa, apesar de já ter tentado em vários congressos nacionais fazer passar informação pertinente sobre a revista. O desenvolvimento da I&D em Portugal tem sido bastante significativo. No caso da nossa Unidade, temos tido uma média anual da ordem de 35-40 artigos em jornais internacionais, situação impensável há 10-15 anos atrás.

Além do EurJOC ainda é editor de outras revistas, além de revisor de artigos internacionais. Todo este trabalho, se por um lado dá acesso a uma actualização permanente, também consome muito tempo e a investigação acaba por sofrer com isso. Como se conciliam as duas coisas?

Quanto mais velho se está, mais trabalho se tem para fazer... Mas no meu caso acho que tenho tido a sorte de ter bons colaboradores, capazes de actuar de forma relativamente independente, o que me permite distribuir e compensar a minha atenção por todas as actividades e projectos em que estou envolvido.

Estando a máquina a funcionar bem e as linhas montadas, impõem-se perguntar como vai ser daqui para a frente? Acabou de receber o Prémio Ferreira da Silva a laurear uma carreira e por isso cabe perguntar como será daqui para frente...

As máquinas com o uso vão-se gastando... Será assim? Mas mais tarde ou mais cedo terá que haver abrandamento. Quando alguns colegas me perguntam "– Quando é que tu te reformas?" eu respondo "– Mas agora é que estou a gostar disto!". Agora que está tudo a funcionar, agora que temos condições, tenho pena de não ter 20 anos menos. O que vai acontecer a seguir é que vamos continuar a trabalhar até um dia... Não tenho planos para ir a correr para casa!

Esperemos que não pois ainda recentemente em 2001 deparamos com o re-

gisto de duas patentes. O que já por si é invulgar, ainda por cima sendo em produtos de química orgânica onde a concorrência externa é enorme.

O assunto "patente" é um assunto muito curioso. Desde há muito tempo que é absolutamente humano e lógico as pessoas pensarem em pôr algum valor nos compostos resultantes da Química "pura e dura" que estão a fazer. Quando há já vários anos tivemos um projecto STRIDE deparámos com um possível composto que parecia ser muito promissor e daí a ideia de registar uma patente. Comecei a pensar como poderia levar essa ideia por diante. Estávamos em 1996 e o então Presidente da Agência de Inovação (Prof. Jorge Alves) a quem expus o problema aconselhou-me a ir ao Porto falar com o advogado da referida Agência. Após esse encontro ainda fiquei mais baralhado e decidido a esquecer o assunto, pois além do mais era preciso fazer o relatório final do projecto e preparar uma publicação sobre o trabalho. Hoje a situação é diferente e muita informação e ajuda já é disponibilizada pelas Universidades. Por isso surgiram as referidas duas patentes que foram registadas pela Universidade de Aveiro. Mas não se vai longe se não houver uma grande indústria interessada em juntar-se...

Mas nos dias de hoje mesmo para as Universidades é importante mostrar indicadores de realização e ter patentes é sem dúvida uma mais valia na captação de alunos e de promoção da imagem da própria Universidade junto da Sociedade.

Pois é, deveria ser assim. Acho que a Universidade de Aveiro está a encarar de forma correcta a situação, fazendo inclusivamente um certo esforço nesta perspectiva. Duvido, porém, que isso tenha alguma influência na decisão dos alunos!

O registo foi feito apenas a nível nacional...

Para já sim, só a nível nacional.

Mas assim não se corre o risco de ter muito pouco retorno, ou mesmo ser ultrapassado por uma das grandes multinacionais?

Claro que sim. Mas aí começa a fase seguinte, implicando diálogo com os industriais do sector para se darem os passos seguintes. De facto, já houve uma empresa interessada em saber o conteúdo duma dessas patentes. Mas, após a assinatura dum acordo de confidencialidade e envio de toda a informação, manifestaram-se indisponíveis para acções futuras! Por outro lado não me parece que uma Universidade tenha capacidade para defender, se tal for necessário, uma patente, quer a nível europeu e/ou mundial.

Ou seja, não lucrou nada com a patente...



Sejamos optimistas para responder "ainda não".

Já agora as patentes eram sobre que produtos?

Têm que ver com o desenvolvimento e acção de novos compostos, uns com acção virucida e outros com acção fungicida. A dos compostos anti-vírus foi a que mereceu o interesse da empresa referida na assinatura do acordo de confidencialidade.

E independentemente do valor monetário, existe algum impacto sobre os alunos, nomeadamente na motivação para um doutoramento em ciência, numa altura em que se nota uma perda de interesse nos doutoramentos em ciência e em química em particular?

Em termos de alunos de doutoramento sim, até porque alguns dos autores da

patente foram os alunos que participaram no projecto. E que terão passado essa informação a outros colegas mais jovens.

E os outros alunos, os da licenciatura, potenciais candidatos a um doutoramento?

Nesse aspecto acho que não temos prestado muita atenção a esse pormenor. Mas certos conteúdos de patentes podem ser introduzidos em disciplinas terminais de licenciatura. Tenho verificado que há um despertar de atenção sempre que assuntos de avaliação de propriedades medicinais, agroquímicas ou outras e respectivas aplicações são referidos nos cursos. Mas fica-se por aí. De facto, um workshop recentemente organizado pela Universidade sobre patentes/protecção da propriedade industrial teve participação insignificante de alunos de licenciatura.

Será que essa falta de interesse tem a ver com a ideia corrente (apesar de provavelmente incorrecta) de que estudar química, estando ela cada vez mais associada às maleitas da actualidade, à poluição, às armas químicas, etc. ...

Claro que é errado fazer essa associação. É preciso ter em conta que a vida actual depende da Química. Nós habituámo-nos a um certo tipo de vida; como seria se não tivéssemos desenvolvido todos os processos que existem actualmente? Como seriam as condições de vida, por exemplo, em termos de saúde e de combate à fome? A Química é de facto fundamental à vida. E tem soluções. Mas tudo depende da mentalidade humana. Compete a todos os interessados mostrar que a Química é vital à vida.

Para terminar, fazendo uma retrospectiva e olhando para esta Universidade de Aveiro que viu crescer até "ficar no mapa", o que lhe ficou de todo esse percurso?

Eu, que estou cá praticamente desde o princípio, olhando para trás tenho uma visão muito clara das dificuldades sentidas ao longo do tempo. Dificuldades que foram sendo vencidas graças à acção de muita gente e, em particular, das várias equipas reitorais, com desta-

que para as mais recentes lideradas pelos Profs. Renato Araújo, Júlio Pedrosa e Helena Nazaré. Realço novamente, uma vez mais, a intervenção como Pró-Reitor e como Vice-Reitor, do saudoso Prof. Aristides Hall. Portanto houve, ao longo do tempo, uma enorme dedicação a todos os níveis e assim chegámos ao que a Universidade é hoje. Mas foi uma longa caminhada, isso foi!

Bem, toda esta conversa veio a propósito do recente Prémio Ferreira da Silva

que veio somar a um outro prémio que já tinha ganho em Liverpool por altura do doutoramento. Além da satisfação pessoal, qual acha que é o papel e o significado destes pequenos reconhecimentos?

Essas atribuições traduzem o reconhecimento, por quem de direito, da concretização de objectivos e do trabalho para tal levado a cabo. No caso do prémio de Liverpool, tal teve que ver com o colóquio que realizei no meu 3.º ano de dou-

toramento, sobre o trabalho lá realizado. Lá, a nível departamental, todos os estudantes de doutoramento o faziam na altura dos seus terceiros anos de trabalho. Quanto ao Prémio Ferreira da Silva foi bom tê-lo recebido; entendo-o como sendo o reconhecimento de todo o meu trabalho passado, por parte dos meus colegas da SPQ e dos que estiveram envolvidos no processo de atribuição do mesmo. Satisfação pessoal com certeza que existe, mas para além disso fica-nos a certeza de que "tudo valeu a pena"!

Perfil do Professor José Cavaleiro

Originário do Vale do Mondego, às portas de Coimbra, José Cavaleiro teve a sua primeira formação em Química no Departamento de Química dessa Universidade, onde também iniciou a sua carreira como investigador e docente universitário. A esse princípio cedo se seguiu uma "aventura africana", com uma estadia de vários anos na Universidade de Lourenço Marques (hoje Maputo), anos esses que se revelaram decisivos para a direcção que a sua carreira tomou.

De facto, foi lá que decidiu a sua saída para a Universidade de Liverpool, onde a sua formação científica encheu o rumo que tem marcado a sua vida de Universitário, e onde estabeleceu contacto decisivo com o que então era a vanguarda da Ciência, já que em Portugal a actividade científica (que ainda hoje tem as limitações geralmente reconhecidas) atravessava uma fase puramente incipiente.

No Departamento de Química de Liverpool, José Cavaleiro iniciou a sua ligação a um campo científico que, ainda hoje, marca profundamente a sua actividade como Químico: a síntese e estudo, em geral, das porfirinas e substâncias semelhantes. E foi também aí, à sombra das "*Liver Birds*", que se começou a desenvolver outra característica que tem sempre marcado a sua posição de Universitário: a internacionalização. De facto, José Cavaleiro compreendeu, talvez antes de muitos que posteriormente agitaram essa bandeira, que no campo científico não há realizações significa-

tivas numa posição geograficamente isolada, que a base de conhecimentos para a qual os cientistas contribuem não tem fronteiras. E assim, a sua actividade tem sido marcada por um grande esforço de expansão de colaborações, de projectos internacionais, de troca de ideias, de associações científicas, ultrapassando fronteiras em direcções não frequentemente seguidas. A começar pela Europa (em casa!), as suas colaborações atravessaram o Atlântico, nos Estados Unidos da América e no Brasil, dirigiram-se ao Mundo Árabe, atingiram a China, proporcionando em geral, a si e aos seus colaboradores, aquela visão do Universo científico indissociável dos dias de hoje.

Regressado de Liverpool, e depois de um breve período, menos significativo, da sua carreira, que incluiu uma passagem pelo serviço militar obrigatório (passagem essa que não ficou, de modo algum, marcada por feitos guerreiros inesquecíveis!) ingressou na Universidade de Aveiro e no seu recém-nascido Departamento de Química. Foi aí que, no decurso das últimas três décadas, se desenrolou de forma marcante a sua actividade. Intransigente defensor da qualidade no ensino, nunca pactuou com o facilismo para o qual se tem, por vezes, tentado arrastar a Universidade (em Portugal e noutras paragens!), e foi um dos responsáveis pela manutenção da qualidade científica dos cursos hoje, felizmente, ligada à imagem da Universidade de Aveiro e do seu Departamento de Química.

Neste Departamento a acção de José Cavaleiro caracterizou-se pela dinamização de uma intensa actividade na área da Química Orgânica. Inicialmente trabalhando em porfirinas (como foi referido acima), os seus interesses estenderam-se a outras áreas, nomeadamente no campo do estudo de produtos naturais e da aplicação clínica de sínteses orgânicas. Originário (cientificamente) de uma instituição onde a importância das modernas técnicas instrumentais de caracterização molecular foi desde muito cedo compreendida (o Departamento de Química da Universidade de Coimbra, começando com Pinto Coelho e Andrade Gouveia) José Cavaleiro teve um papel de relevo no apetrechamento científico na área da Química da Universidade de Aveiro, e contribuiu também por esse modo, de forma significativa, para a imagem de qualidade que o seu Departamento, e o seu grupo de trabalho, grangearam no panorama científico nacional.

Por último (mas não menos importante), o perfil de José Cavaleiro não ficaria completo sem referência ao notável conjunto de jovens investigadores e Professores Universitários que conseguiu reunir, entusiasmar e motivar, e a quem soube sempre dar condições (por vezes lutando contra circunstâncias muito adversas) para atingirem uma posição e uma postura que reflete as do Mestre, e que são um exemplo (felizmente cada vez menos isolado) para a comunidade científica nacional.

A.J. Ferrer Correia, Universidade de Aveiro

Erros experimentais

– uma abordagem pedagógica¹ – Parte I

ISABEL M. A. FONSECA²

Resumo

O processo de medição de uma determinada propriedade consiste num conjunto de procedimentos que têm como objectivo "produzir" um número. Neste conjunto inclui-se a análise e tratamento dos erros que afectam os resultados. A experiência demonstra que não existe nenhuma medição, por mais cuidadosa que seja a sua realização

que esteja isenta de erros. Uma vez que a estrutura e aplicação da Ciência depende destas medições, a questão da determinação dos erros e sua minimização é uma questão crucial para o experimentalista.

Pretende-se com este artigo abordar de uma forma pedagógica conceitos relacionados com a identificação e tratamento dos erros experimentais.

1. Processo de medição

A medição de uma determinada propriedade apresenta na prática a forma de uma sequência de passos que dão origem a um número – número esse que quantifica essa propriedade. A medição refere-se sempre a propriedades de algo e não ao sujeito da medição propriamente dito. Não se mede um varão, mas sim o comprimento do varão. Na prática, a atribuição de um número a uma propriedade específica de uma certa coisa é efectuada normalmente por comparação com padrões, quer comparando directamente a propriedade sob medição ou uma outra que esteja com ela relacionada. Por exemplo, a determinação de comprimentos é geralmente efectuada por comparação directa com o comprimento de uma régua calibrada, mas já a medição da temperatura é geralmente realizada recorrendo a uma escala calibrada que se baseia no facto do aumento de volume do mercúrio ser proporcional ao aumento da temperatura.

A medição pode ser encarada como um processo de produção sendo o "produto" os números, ou seja, os resultados. Para viabilizar um processo de medição é necessário *a priori* realizar um conjun-

to de procedimentos que se apresentam dum modo esquemático na figura 1.

As contribuições (1), (2) e (3) estão directamente relacionadas com o projecto da experiência ou seja com a fase que envolve os conceitos teóricos sobre a propriedade a ser medida e sobre o método experimental; inclui também o projecto do aparelho experimental.

A contribuição (4) constitui a calibração e verificação dos instrumentos auxiliares de medição e do aparelho experimental propriamente dito. Esta fase consiste basicamente numa forma refinada de medição que inclui frequentemente a utilização de substâncias e/ou processos de referência que se destina a validar o método e o aparelho experimental utilizados.

Efectuados os procedimentos anteriormente referidos está-se em condições de realizar a experiência que "produzirá" os primeiros resultados, que designaremos por resultados primários. Estes resultados são então sujeitos a tratamento(s) matemático(s) recorrendo à teoria e dados auxiliares (5), obtendo-se os resultados finais. A análise e tratamento dos erros dos resultados (6) constitui

uma parte fundamental em qualquer processo experimental e deverá ser efectuada em relação a todas as contribuições da figura 1, e também em relação àquelas que o experimentalista considere poderem ser eventualmente significativas. Estas contribuições devem ser consideradas não só tendo em conta os seus possíveis efeitos directos nos valores medidos, mas também como as incertezas que lhe estão associadas se propagam através da medição e dos cálculos para os resultados finais.

2. Erros experimentais

Iremos agora abordar a questão dos erros experimentais e não nos preocuparemos com outros tipos de erros, como sejam os erros de cálculo. Usaremos ao longo do texto a designação incerteza como sinónima de erro.

A definição de erro (ou incerteza ΔX) experimental é dada pela expressão:

$$\Delta x = x_{\text{obs}} - v \quad (1)$$

onde x_{obs} é o valor observado da grandeza e v o valor verdadeiro.

Esta definição implica que na prática não se possa conhecer o verdadeiro erro

¹ Este artigo teve por base uma comunicação com o mesmo título apresentada em Aveiro, 2004, no Encontro da Associação para o Ensino de Laboratórios de Engenharia Química.

² Departamento de Engenharia Química da Universidade de Coimbra, Pinhal de Marrocos, Pólo II, 3030-290, Coimbra, Portugal (fonseca@eq.uc.pt)

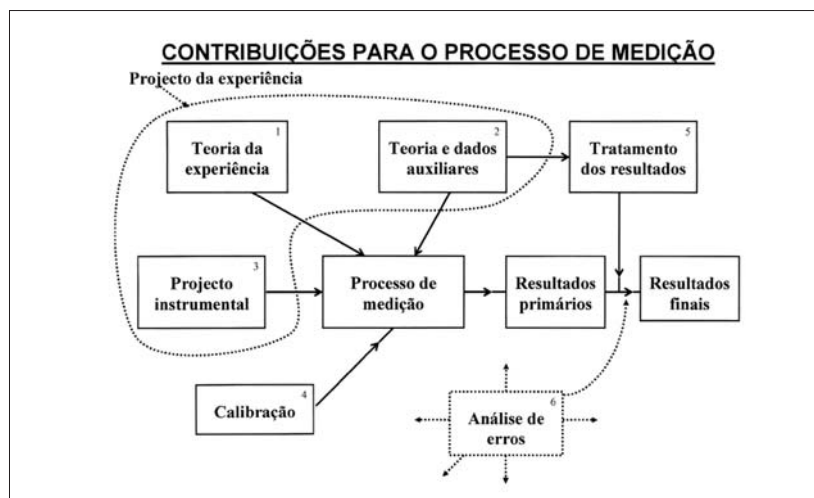


figura 1 Contribuições para o processo de medição

uma vez que o valor verdadeiro da grandeza se desconhece, o que nos leva a concluir que apenas podemos determinar estimativas dos erros. No entanto, esta questão é facilmente contornável em algumas situações, se reflectirmos um pouco sobre a realidade. No laboratório efectua-se frequentemente a medição de uma grandeza cujo valor já foi determinado rigorosamente diversas vezes, e para o qual existe um valor aceite como sendo o correcto. É o caso da constante universal dos gases perfeitos,

$$R = 8.314472 \pm 0.000015 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1} \quad (2)$$

que é hoje aceite como sendo o valor correcto. É óbvio que este apresenta uma certa incerteza, mas esta é tão baixa que para as aplicações comuns se pode considerar desprezável. Convém no entanto referir que este valor que admitimos ser o correcto não é o verdadeiro valor, v , que aparece na eq. (1). Tendo em atenção estas considerações, podemos definir o erro associado a uma determinada medição como sendo a diferença entre o valor observado, x_{obs} e o valor que se admite ser o correcto, x_c , i.e. :

$$\Delta x = x_{\text{obs}} - x_c \quad (3)$$

Na prática, considera-se frequentemente que este é o verdadeiro erro e , por conseguinte, passível de ser determinado. De acordo com a expressão (3) o erro poderá ser positivo ou negativo dependendo do valor observado ser superior ou inferior ao valor correcto. Frequentemente o investigador conhece a ordem de grandeza do valor correcto, quer através de experiências anteriores,

como no exemplo acima referido, quer através de considerações de natureza teórica, o que lhe permite avaliar bem o grau de correcção do valor medido.

2.1 Importância da determinação do erro

Para o experimentalista o resultado numérico de uma medição tem pouco valor se não for seguido pela indicação da incerteza que lhe está implícita. O exemplo seguinte ilustra bem a necessidade de conhecermos as incertezas associadas a qualquer medição.

Exemplo 1: Pretende-se identificar o composto X sabendo que só pode ser um dos dois compostos químicos: 1,2-dicloropropano (DCP) ou o propano-1-ol (P). Para isso o experimentalista procedeu à determinação do seu ponto de ebulição normal recorrendo a um termómetro graduado em 0.1°C , tendo efectuado a experiência 10 vezes. O resultado obtido foi $T_b(X) = 370.0 \pm 0.6^\circ \text{C}$. Sabendo que os compostos DCP e P apresentam os pontos de ebulição 369.5°C e 370.4°C o experimentalista verificou não ser possível tirar conclusões. A representação da figura 2 evidencia que não é possível identificar o composto visto que a precisão do resultado não o permite, uma vez que os pontos de ebulição de ambos os substâncias se encontram dentro dos limites da incerteza da determinação. Por esta razão, o experimentalista procedeu novamente à determinação do ponto de ebulição do composto X realizando o dobro das experiências, 20. Neste caso o valor determinado foi $T_b(X) = 369.7 \pm 0.3^\circ \text{C}$, o que lhe permitiu identificar o composto X como sendo

1,2-dicloropropano (DCP). Nesta segunda experiência a precisão do resultado aumentou significativamente devido ao facto de ter aumentado o número de medições.

Neste simples exemplo podemos constatar que o conhecimento do erro é essencial uma vez que quem mede tem sempre um objectivo a concretizar com o valor medido, isto é, o resultado tem sempre uma determinada aplicação. Por outro lado, o rigor que se pretende que a medição tenha depende também do fim a que esta se destina. Um bom experimentalista deverá ter isto sempre em consideração e assegurar que os erros nas suas medições são de uma ordem de grandeza que não afecte as conclusões a retirar dos resultados, caso contrário a medição revelar-se-á infrutífera.

Para facilitar a análise dos erros é útil que se proceda *a priori* à sua classificação. É o que iremos fazer seguidamente.

2.2 Classificação dos erros

Como já se referiu uma das melhores maneiras de obter um resultado de confiança é repetir a medição várias vezes e examinar os resultados obtidos. As incertezas experimentais que podem ser determinadas com este procedimento designam-se por **erros aleatórios**; aqueles que não podem ser detectados deste modo designam-se por **erros sistemáticos**. Dum modo geral podemos atribuir-lhes as seguintes características (ver caixa)

Um exemplo que permite ilustrar estas características é o seguinte.

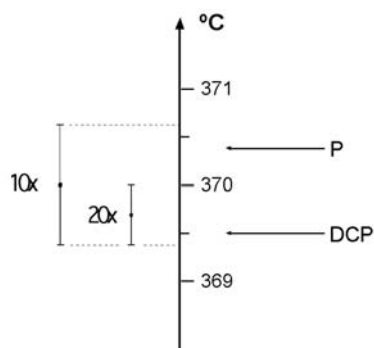


figura 2 Representação dos resultados da medição do ponto normal de ebulição do composto X. 10X, intervalo do erro resultante de 10 determinações; 20X, intervalo do erro resultante de 20 determinações. Pontos de ebulição tabelados: 369.5°C (DCP), 370.4°C (P) (vd. Exemplo 1).

Exemplo 2. Procedeu-se à medição do comprimento de um objecto utilizando uma régua metálica a uma temperatura ambiente diferente daquela à qual foi graduada. Uma parte do erro advém da necessidade de interpolar entre as marcas da escala; trata-se dum erro aleatório visto que ao proceder à interpolação podemos sobrestimar ou subestimar o valor do comprimento, sendo este efeito aleatório. A repetição da leitura pode minimizar este erro, nunca anulá-lo. Por outro lado, o erro introduzido no valor medido devido à contracção ou expansão da régua é um erro sistemático, que não pode ser minimizado pela repetição da observação (se a régua se expandir o

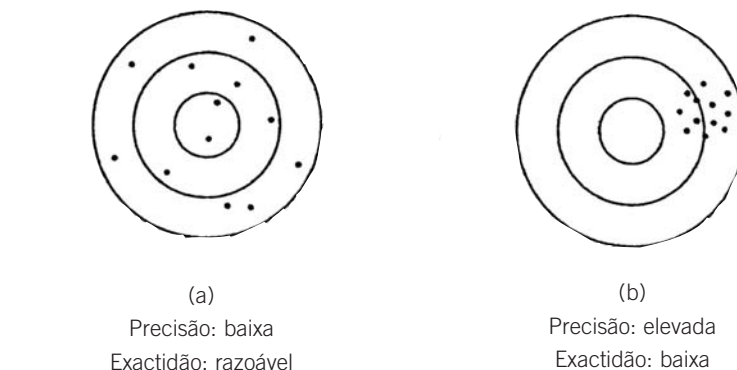


figura 3 Visualização dos conceitos de precisão e exactidão num alvo. Em (a) o conjunto de tiros (resultados) apresenta uma baixa precisão pois apresentam uma dispersão apreciável e uma exactidão razoável visto que não apresentam um desvio sistemático do centro do alvo. Em (b) a precisão é mais elevada (os tiros estão menos dispersos) e a exactidão é mais baixa pois os tiros encontram-se "sistematicamente" afastados para a direita do alvo.

valor virá subestimado, se se contrair, virá sobrestimado). No entanto, pode ser eliminado a partir do conhecimento do factor de expansão linear da escala.

O modelo de classificação dos erros – aleatórios/sistemáticos – é bastante funcional, embora existam experiências onde podem surgir erros que podem ser considerados como uma combinação dos dois tipos de erros ou que apresentem características de ambos. É o caso dos erros de paralaxe.

Vamos seguidamente indicar dois parâmetros, precisão e exactidão que são uma medida dos erros aleatórios e siste-

máticos, respectivamente, e explorar em detalhe o seu significado.

2.3 Precisão e exactidão

Os conceitos de precisão e exactidão estão directamente relacionados com os conceitos de erros aleatórios e sistemáticos. A precisão é uma medida dos erros de carácter aleatório e a exactidão é uma medida dos erros sistemáticos. Considere-se um exemplo clássico para clarificar esta questão.

Exemplo 3. Na figura 3 representam-se dois alvos onde o atirador (experimentalista) disparou um conjunto de tiros.

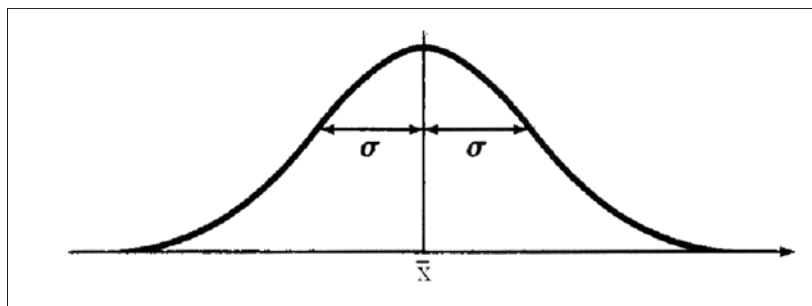
O centro do alvo é o objectivo a atingir pelo atirador. Os tiros consideram-se exactos quando atingem o centro do alvo. A exactidão é, por conseguinte, uma medida de proximidade do resultado experimental do verdadeiro valor, sendo por esta razão um indicador da correcção do resultado. A precisão dos resultados é uma medida do grau de reprodutibilidade dos resultados, ou seja, da concordância entre eles, independentemente da proximidade do valor verdadeiro (centro do alvo).

A exactidão é sobretudo afectada pelos erros sistemáticos que fazem com que os tiros apresentem um desvio sistemático numa direcção que pode ter origem, por exemplo, no facto da arma ter a direcção desalinhada.

Os erros aleatórios fazem com que os tiros se dispersem sobre o alvo afectan-

Classificação dos erros	
Erros aleatórios	<ul style="list-style-type: none"> – natureza indeterminada – ocorrem nos dois sentidos – podem ser detectados pela repetição da experiência – minimizados (nunca anulados) através da análise estatística – origem subjectiva
Erros sistemáticos	<ul style="list-style-type: none"> – ocorrem em geral num sentido (desvio sistemático do valor medido) – não se detectam pela repetição das experiências – não é possível efectuar a sua análise estatística – origem determinada – podem ser eliminados (total ou parcialmente) introduzindo factores correctivos ou ensaios em branco

figura 4 Distribuição normal centrada em \bar{x} . σ é o desvio padrão da distribuição, ou metade da largura a meia altura.



do a precisão dos resultados. Pode acontecer que o atirador não tenha a mão bem firme ou apresente dificuldades de visão, esteja nervoso, etc.

O exemplo evidencia também o facto de uma boa concordância entre medições repetidas não implicar necessariamente que a média das medições esteja próxima do "verdadeiro valor", e, por outro lado, que a repetição das observações pode não alterar a exactidão dos resultados.

Na prática o experimentalista está interessado em obter uma boa precisão e exactidão; os resultados devem ser suficientemente exactos para o objectivo a que se destinam, não sendo possível alcançar uma boa exactidão sem uma boa precisão. Por conseguinte, **a exactidão pressupõe precisão**, mas já **a precisão não pressupõe necessariamente exactidão**, como ficou bem claro no exemplo anterior.

2.4 Distribuição de Gauss e significados dos seus parâmetros característicos

Vamos muito sucintamente introduzir a distribuição de Gauss que nos permitirá relacionar os seus parâmetros característicos com os conceitos de precisão e exactidão.

Considere-se uma experiência onde se mediu a grandeza X , utilizando um determinado processo experimental e se obteve um conjunto de valores x_1, x_2, \dots, x_n . Observando o conjunto dos n valores x_i medidos, pudemos constatar que alguns eram demasiados elevados e outros demasiado pequenos, distribuindo-se à volta de um valor central, que é a média dos valores x_i . Esta distribuição designa-se por distribuição de Gauss (ou normal) e apresenta a seguinte forma funcional:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(x-\bar{x})^2}{2\sigma^2}\right) \quad (4)$$

função esta cujos parâmetros característicos são a média, \bar{x} , e o desvio padrão, σ , que se definem pelas expressões:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (5)$$

e

$$\sigma = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1} \right]^{1/2} \quad (6)$$

Na figura 4 ilustra-se o significado destes parâmetros.

É, no entanto, na figura 5 que os significados de σ e \bar{x} podem facilmente ser relacionados com os dos conceitos de precisão e exactidão, que são medidas dos erros aleatórios e sistemáticos.

A alínea (a) da figura 5 mostra claramente que σ é uma **medida da dispersão dos resultados** ou seja da sua **precisão**.

Na alínea (b) é possível inferir que \bar{x} é uma **medida de localização da distribuição**, ou seja uma medida da **correção** do resultado, isto é, da sua **exactidão**.

3. Análise e tratamento dos erros

A análise e tratamento dos erros experimentais é uma questão crucial para qualquer experimentalista. Um resultado experimental deverá ser sempre acompanhado dos erros que o afectam, caso contrário tornar-se-á inútil, como já se referiu na secção 2.1.

O tratamento dos erros aleatórios é necessariamente diferente do tratamento dos erros sistemáticos. Os métodos estatísticos permitem obter estimativas razoáveis dos primeiros que poderão ser minimizados com procedimentos adequados. Os erros sistemáticos levantam mais problemas em relação à sua identificação e estimativa, podendo ser total ou parcialmente eliminados através de factores correctivos.

3.1 Metodologia para o tratamento dos erros

A ordem de identificação e tratamento dos erros aleatórios e sistemáticos não é irrelevante. A ordem correcta deverá ser a seguinte:

1.º Erros sistemáticos

- identificação de todas as fontes de erros com este carácter
- tratamento pela introdução de factores correctivos
- estes erros são geralmente os mais difíceis de analisar

2.º Erros aleatórios

- não há que os identificar pois desconhece-se a sua origem e natureza
- passíveis de tratamento estatístico

Vamos agora considerar um exemplo demonstrativo de que a ordem de tratamento não pode ser a inversa.

Exemplo 4. Considere-se a medição como um cronómetro dos tempos relativos à queda de uma esfera através de um fluido contido num tubo cilíndrico com o objectivo de determinar a viscosidade do líquido (a esfera cai mais lentamente quanto maior for a viscosidade do fluido). Admitamos que se efectuaram várias leituras nas mesmas condições com o objectivo de avaliar os erros de carácter aleatório, tendo-se obtido os se-

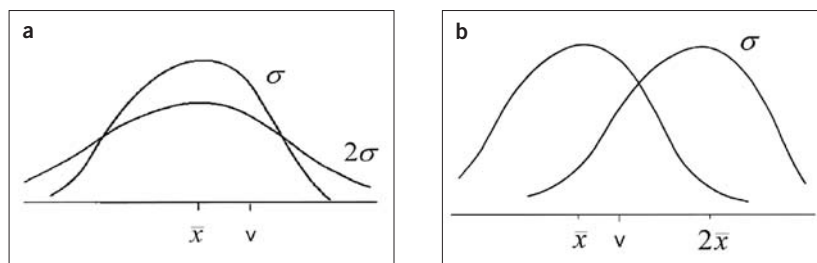


figura 5 Distribuições normais: (a) distribuições com desvios padrões diferentes e médias iguais. v representa o verdadeiro valor da grandeza medida; (b) distribuições com médias diferentes e o mesmo desvio padrão.

guintes valores: 30.2, 30.4, 30.3, 30.2, 30.4, ..., 30.3 s

O valor médio e a respectiva incerteza são:

$$\bar{x} = 30.3 \pm 0.2 \text{ s}$$

A incerteza de 0.2 s traduz, como já se referiu, os erros de carácter aleatório. Posteriormente por comparação do cronómetro utilizado com outro de melhor qualidade, verificou-se que este se adiantava sistematicamente 5%, o que significa que logo a primeira medição apresenta um erro sistemático de 1.5 s ($0.05 \times 30.2 \approx 1.5 \text{ s}$), valor superior à precisão obtida. Obviamente que a repetição da experiência nunca revelaria este erro sistemático. O exemplo evidencia claramente o facto de ser sempre necessário, em qualquer experiência, proceder em primeiro lugar à identificação de todas as fontes de erros sistemáticos e à sua minimização e, só posteriormente fará sentido proceder à repetição da experiência com o objecti-

vo de avaliar e melhorar a precisão dos resultados.

Uma segunda parte deste artigo incidirá sobre os métodos que devem ser utilizados na análise e tratamento dos erros sistemáticos e aleatórios. Analisaremos também como as incertezas associadas aos valores medidos se propagam através do processo de medição e dos cálculos para os resultados finais.

Conclusões

O processo de medição consiste num conjunto de procedimentos cujo "produto final" são os números ou seja, os resultados.

A análise e tratamento dos erros que afectam os resultados é uma fase crucial do processo experimental. Um resultado só será útil se for acompanhado do respectivo erro.

Os erros de carácter aleatório afectam a reprodutibilidade dos resultados, ou seja a sua precisão. Os erros sistemáticos

afectam a correcção dos resultados, ou seja a sua exactidão.

A metodologia correcta de análise e tratamento dos erros deverá iniciar-se com a identificação e correcção dos erros sistemáticos e só posteriormente se deverá efectuar o tratamento dos erros aleatórios.

Bibliografia

Existem muitos livros de texto que abordam a questão da análise e tratamento dos erros experimentais. Seleccionei apenas três que considero excelentes manuais pedagógicos e que apresso por ordem crescente de complexidade:

L. Lyons, *A Practical Guide to Data Analysis for Physical Science Students*, Cambridge University Press, 1991.

P. R. Bevington, *Data Reduction and Error Analysis for the Physical Sciences*, McGraw-Hill, 1969.

G. E. P. Box, W. G. Hunter, J. S. Hunter, *Statistics for Experimenters*, John Wiley, 1978.

Actualidades Científicas

Azoto Polimérico

Nos últimos 20 anos, o comportamento do azoto molecular tem sido intensamente estudado em condições de pressão elevada, com o objectivo de se obter evidências sobre a existência de azoto polimérico. Esta forma de azoto apresentaria somente ligações simples, sendo estruturalmente semelhante ao diamante. No decorrer destes estudos, foram identificadas várias novas fases, incluindo uma fase não molecular com propriedades semicondutoras, mas o objectivo primordial nunca foi atingido.

No entanto, Mikhail I. Eremets do Instituto Max Planck de Química, em Mainz, Alemanha, e seus colaboradores, anunciaram a obtenção de *poliazoto* através da compressão de N_2 a pressões supe-

riores a 110 GPa (aproximadamente 1.1 milhões de atmosferas) à temperatura de 2000 K numa pequena célula aquecida a laser (Mikhail I. Eremets *et al*, *Nature Materials* (2004) **3**, 558). Análises por espectroscopia Raman e difracção de raios X indicam que cada átomo de azoto se encontra ligado a três átomos vizinhos através de ligações covalentes simples. O material é estável a pressões superiores a 42 GPa, mas até agora não foi possível isolá-lo à pressão atmosférica. No entanto, os investigadores esperam desenvolver um método que permita isolar o *poliazoto*, mesmo que implique a introdução de outros componentes no sistema.

O azoto polimérico deverá ser muito instável, porque a ligação simples N-N é

relativamente fraca (160 kJ/mol), ao contrário da ligação tripla (954 kJ/mol) da molécula diatómica, uma das ligações químicas mais estáveis. Consequentemente, a decomposição do poliazoto a N_2 seria altamente exotérmica, o que lhe conferia uma capacidade energética mais de cinco vezes superior à do material energético não nuclear mais potente actualmente conhecido. Como afirma Thomas M. Klapötke da Universidade Ludwig Maximilians de Munique, na Alemanha, o *poliazoto* "parece ser o material ideal, como material de densidade energética elevada", mas ainda será necessária investigação adicional para se determinar a sua adequação em aplicações como combustível ou explosivo.

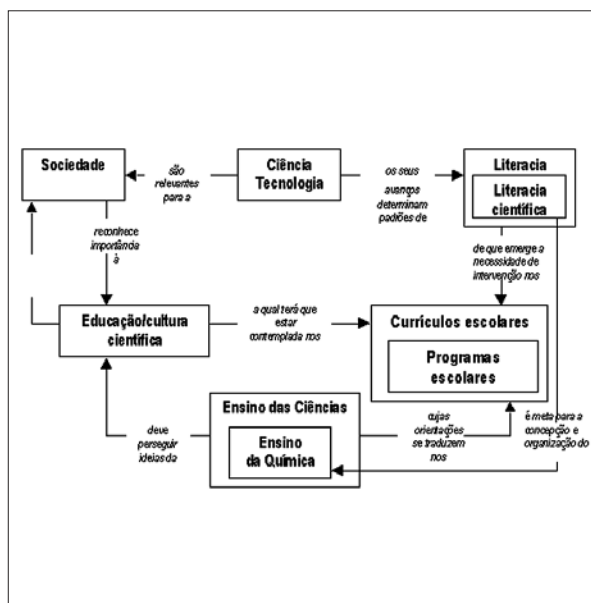
Paulo Brito

Educação em Química e Ensino de Química – Perspectivas curriculares

ISABEL P. MARTINS¹, MARIA OTILDE SIMÕES², TERESA SOBRINHO SIMÕES³, JOSÉ MANUEL LOPES⁴, JOSÉ ALBERTO COSTA¹, PAULO RIBEIRO-CLARO¹

O presente trabalho, a ser publicado em duas partes, pretende apresentar e discutir perspectivas que têm vindo a ser assumidas para o ensino das Ciências, em geral, e fazer a sua transposição para o caso da Química, em particular. Os argumentos desenvolvidos dizem respeito à concepção de currículos e programas, seus fundamentos e princípios orientadores. Por razões de clarificação das posições defendidas, procura-se fazer o seu enquadramento em concepções mais abrangentes da educação científica como um valor e ter por referência estudos de investigação em educação em ciências/química. Advoga-se a **literacia científica** como meta para a concepção e organização do ensino da química o que implica, **obrigatoriamente**, a **ruptura com desenhos curriculares tradicionais**.

O diagrama que se segue, pretende organizar as ideias fundamentais subjacentes ao desenvolvimento aqui apresentado:



1. Ciência e Educação em Ciência

O século XX foi absolutamente marcante em termos de crescimento científico e tecnológico e apesar das críticas de alguns sectores sobre se tal crescimento pode ser tomado como sinónimo de desenvolvimento, é inequívoco que isso trouxe a todos os seres humanos que dele podem usufruir mais bem-estar e melhor qualidade de vida. No entanto, o aumento dos artefactos tecnológicos disponíveis não gera, por si só, conhecimento nos cidadãos e vários estudos conduzidos nas últimas duas décadas têm evidenciado que o público em geral não consegue acompanhar, ainda que de forma rudimentar, as questões científicas manifestando compreensão inade-

quada ou desconhecimento total (Eurobarometer, 2001).

Ora, esta situação de crescimento/desenvolvimento é também possível graças ao crescimento explosivo dos níveis de educação das populações. A sociedade mudou, entretanto, profundamente. Nos últimos quarenta anos a população mundial duplicou, e as formas de trabalhar e de comunicar, os hábitos de consumo e as mentalidades alteraram-se radicalmente, ao ponto de se afirmar que não está em causa, sequer, valorá-las como melhores ou piores, pois os paradigmas em que assentam são diferentes.

As últimas décadas foram particularmente ricas no aumento da consciência social sobre a importância das **compe-**

tências de literacia dos indivíduos, a nível pessoal e sócio-económico das nações, o que se repercutiu na preocupação em precisar o(s) significado(s) do termo e em definir padrões de literacia com aceitação internacional. Este facto veio contribuir para tornar mais visíveis as insuficiências na literacia dos cidadãos e, por isso, a necessidade de encontrar vias para as superar (Wearmouth et al, 2003), o que veio a gerar grandes movimentos de apoio à promoção da literacia dos cidadãos, culminando com a criação da Década da Literacia das Nações Unidas, 2003-2012. Dos debates em torno desta questão, surgidos em diversos pontos do Mundo, emergiu praticamente sempre a necessidade de **intervenções nos currículos**

¹ Universidade de Aveiro; ² Escola Secundária Almeida Garrett, V. N. Gaia; ³ Escola Secundária Soares dos Reis, Porto; ⁴ Escola Secundária Jaime Magalhães Lima, Aveiro.

escolares. No entanto, tem sido também claro que a promoção da literacia de todas as pessoas não pode nem deve ficar confinada à escola, embora esta desempenhe um papel fundamental na motivação para a aprendizagem permanente, em particular através da educação não formal, a qual deve continuar ao longo de toda a vida. A literacia assume então um papel instrumental no desenvolvimento das sociedades, ideia traduzida de forma exemplar na expressão "Literacy as Freedom" (Sen, 2003), com o significado de que "não há nada mais fundamental na educação do que a literacia".

Ora, é neste enquadramento de relevância primeira para a literacia (no sentido amplo), que se destaca **a importância da Ciência e da Tecnologia nas sociedades contemporâneas** como um assunto não controverso hoje em dia, embora não seja isento de polémica o modo como se deve perspectivar a educação formal e não formal em Ciência e Tecnologia. Proliferam propostas sobre formas de organização curricular, a extensão da escolarização em ciências, os objectivos da educação em Ciência e Tecnologia, o tipo de actividades a desenvolver, os recursos a utilizar, a avaliação de competências dos alunos e também do público em geral. Apesar disso, é praticamente aceite que **Escola desempenha um papel fundamental no desenvolvimento do gosto pela aprendizagem das ciências, quer se opte ou não pelo prosseguimento de estudos em Ciências e Tecnologia.**

Apesar de toda esta constatação, assiste-se ao desinteresse dos jovens pelas áreas de Ciências e Tecnologia, o que os leva a fazerem opções por outros campos de estudo. Várias associações profissionais têm vindo a alertar para a regressão na procura pelos jovens de cursos de engenharia admitindo que se tal tendência não for corrigida poder-se-á reçar pelo futuro de algumas actividades industriais e técnicas (Kinstrey, 2004, alerta para carências de quadros na área de Química e Engenharia). Também o começo deste século tem sido particularmente crítico para a investigação científica em muitos países europeus. Por um lado, a União Europeia

afirma um elevado interesse em reforçar o seu potencial científico e tecnológico, de modo a tornar-se na maior economia do mundo com base em conhecimento, definindo metas notáveis para o ano 2010, mas, por outro lado e paradoxalmente, assiste-se à estagnação e até a um retrocesso no investimento financeiro e em capital humano necessários para tal. Os movimentos de protesto registados nas comunidades científicas de muitos países europeus estão a ser absolutamente incomparáveis com quaisquer outros no passado.

A discussão sobre o ensino das ciências nos níveis básico e secundário é hoje um tema recorrente nas sociedades dada **a importância que se reconhece ao conhecimento científico** e a opinião, muito difundida, que as aprendizagens escolares em ciências se revelam como muito deficientes nos testes de literacia científica e, quando é caso disso, remetem os respectivos países para posições pouco confortáveis nas comparações internacionais (estudos de avaliação TIMSS e PISA 2000). No entanto, apesar das críticas que vários sectores da sociedade, praticamente em todos os países que não apresentam posições de topo, têm desenvolvido, são reduzidas as discussões sobre que conteúdos devem ser contemplados nos programas escolares.

Antes disso, e do nosso ponto de vista, há que **clarificar os princípios em que deve assentar a organização de currículos e programas** de modo a terem em conta o valor da educação em ciência a nível pessoal, social e profissional capaz de salientar a importância do conhecimento científico no desenvolvimento de uma cultura de paz geradora de sociedades mais equilibradas e mais justas.

2. Educação científica e ensino de química

Assume-se aqui a posição de diversos autores dispersos por vários pontos do mundo e de organizações como a UNESCO (Conferência Mundial sobre a Ciência, Budapeste, UNESCO, ICSU, 1999), segundo os quais a orientação do ensino das ciências deverá reger-se por princípios que promovam a literacia

científica de todos os alunos, pese embora a dificuldade de acordo sobre um conceito único de literacia científica.

[No presente trabalho assume-se como significado de literacia científica, aquele que foi assente no quadro conceptual de referência da OCDE/PISA, isto é, a capacidade de usar conhecimento científico para identificar questões, para estabelecer conclusões a partir de provas, com a intenção de compreender e ajudar a tomar decisões sobre o mundo natural e sobre as modificações nele operadas fruto da actividade humana (OECD, 2000, pp.10; OECD, 2003)].

A discussão que a seguir se desenvolve assume o conhecimento químico como uma parte indelével do conhecimento científico actual, o qual deverá, numa perspectiva de literacia científica para todos, ser parte integrante da educação em ciências, no contexto formal. Assumimos, por isso, que **a imagem escolar da Química hoje deverá estar em sintonia com avanços do conhecimento químico** (o que não significa entrar precocemente em assuntos complexos).

As ciências químicas mudaram substancialmente nos últimos tempos. Das divisões clássicas como química analítica, química inorgânica, química orgânica, química física, química teórica ou bioquímica evoluiu-se para domínios mais específicos como, por exemplo, nanotecnologia, ciência dos materiais, química computacional. Também a ligação entre química e engenharia química é tida como cada vez mais aprofundada dada a procura de soluções para problemas novos e/ou a capacidade de criar novos produtos os quais passam a constituir-se como necessidades reais da sociedade. É, pois, importante que os alunos se apercebam que os químicos procuram compreender qual é a relação entre a estrutura e as propriedades físicas, químicas e biológicas das substâncias, sejam elas naturais ou sintéticas, com vista a poderem inventar novas substâncias para fins específicos, para o que será também necessário desenvolver processos de síntese laboratorial e de produção industrial, e ainda possum sintetizar substâncias para comprovar/testar teorias.

Apesar da importância inegável do conhecimento químico para o avanço das sociedades tal constatação não resolve, por si só, a falta de interesse dos jovens pelo estudo da Química, mais acentuada à medida que avançam para níveis de escolaridade superiores (Walberg, Paik, 1997). Para esta situação contribuem vários factores, dos quais se salientam três: **(1)** a imagem social negativa da Química; **(2)** o tipo de currículos e programas, de estratégias de ensino e de recursos didácticos; **(3)** a formação de professores de Química, suas concepções e convicções.

No presente trabalho, abordaremos alguns aspectos referentes ao segundo factor, conscientes, porém, das interdependências com os restantes, bem como dos avanços da investigação em educação em química, uma área do conhecimento que cresceu de forma muito acentuada nas últimas duas décadas, a apreciar o número de publicações dedicadas, de congressos e encontros específicos, de artigos e livros publicados. No entanto, o crescimento da investigação em educação em ciências não está igualmente distribuído pelas várias áreas de ciências, nem pelos níveis de escolaridade. Tendo em conta a dispersão por níveis de escolaridade, podemos afirmar que a preferência na investigação em educação em química vai para o ensino secundário (13-18 anos). Pela natureza dos estudos desenvolvidos, somos compelidos a concluir que não se está a compreender devidamente qual a apetência dos jovens alunos pela aprendizagem da Química, antes mesmo da tomada de decisão por esta área de estudo, nem as implicações de programas e estratégias de ensino de Química, alguns deles bastante promissores. São ainda poucos os estudos que permitem aferir o seu impacto nas aprendizagens dos alunos.

3. Orientações para o ensino das Ciências

O ensino das Ciências em contexto escolar, nos últimos séculos, foi fortemente influenciado por **um pensamento social sobre o papel do conhecimento**. De uma concepção mais útil para a educação das classes trabalhadoras (a "ciên-

cia das coisas comuns") passou-se para uma concepção dirigida às elites sociais (a "ciência laboratorial pura"). Esta mudança acompanhou também a evolução do próprio conhecimento científico a nível epistemológico e foi imposta de cima para baixo, isto é, do ensino universitário para o ensino secundário.

No entanto, apesar das evidências da importância da Ciência e Tecnologia para a sociedade, não é irrelevante ponderar que finalidades, que objectivos, que conteúdos e que formas de ensino de Ciências e de Tecnologias são as mais adequadas para a formação dos cidadãos, aspectos sobre os quais existem perspectivas diversas: propedêutica, democrática, funcional, sedutora, útil, pessoal e cultural (Acevedo *et al.*, 2003; Acevedo, 2004).

Apesar das diferenças de forma, em geral, todas as propostas enunciadas por diversos autores se baseiam na **democracia** como um valor e, por isso, como um **objectivo do desenvolvimento humano**, e na **Ciência** como um **domínio que persegue ideais de bem para a Humanidade**. Segundo Cachapuz e colaboradores (2002) **a educação em Ciências deve perseguir ideais de cultura científica dos alunos, por oposição a uma lógica de mera instrução científica**, que promovam o desenvolvimento pessoal dos alunos e lhes permitam alcançar uma participação social esclarecida.

Sendo certo que não é legítimo atribuir à escola a responsabilidade única pela reduzida preparação dos alunos, em Ciências e em qualquer outro domínio, também não é possível isentá-la de responsabilidades. Aliás, são muitos os países que procuram introduzir no sistema de ensino formal programas que contrariem a desmotivação dos alunos quanto à aprendizagem das Ciências e os aliciem pela escolha de carreiras profissionais afins. Uma das medidas a seguir é relevar o papel das Ciências nos primeiros anos para o desenvolvimento de atitudes e competências de valorização do conhecimento científico (Harlen, 2001).

Tal como defende Delval (2001), **a Escola tem de se preocupar com as**

mudanças que ocorrem na sociedade e assumir como prioritário **o desenvolvimento de competências dos indivíduos** para detectar problemas, analisá-los criticamente, compreender o sentido das mensagens emitidas pelos meios de comunicação e estar atento às injustiças sociais geradas por desigualdades e problemas de dimensão planetária (Gil-Pérez, Vilches, Astaburuaga e Edwards, 2000). A literacia científica é, porventura, uma das componentes da formação dos indivíduos capaz de dar um contributo positivo para esse fim. Mais ainda, se é certo que os meios tecnológicos tornam hoje possível o acesso instantâneo à informação, é também claro que informação não é o mesmo que conhecimento e que competências de descodificação e interpretação da informação serão, indubitavelmente, algo que a Escola deverá sempre promover. A educação, numa perspectiva cultural, deverá ter como propósito a compreensão da sociedade do seu tempo, com referência ao passado e com capacidade de prever implicações para o futuro. **O conhecimento científico e tecnológico é parte integrante da cultura contemporânea** e, por isso, será sempre uma ferramenta indispensável para o reforço do papel social, argumentativo e reivindicativo, das populações. Se é certo que se trata de um objectivo muito ambicioso não deveremos, apesar disso, ignorar que a literacia científica individual constitui a base para a definição do nível de compreensão pública da ciência que cada sociedade for capaz de evidenciar, este sim também um **indicador crucial do desenvolvimento humano e sócio-económico de cada país** (Martins, 2004).

Existe um número cada vez maior de investigadores e educadores que advogam um ensino das ciências de orientação mais humanista entendido tal ensino como aquele que permite aos alunos compreender os fenómenos de cariz científico-tecnológico sejam eles do ambiente próximo ou mais remoto dos alunos, mas relativamente aos quais exista ou seja possível incentivar um interesse genuíno pela sua compreensão. Este tipo de educação em ciências que **a escola deve ter como meta, implica alterações nas finalidades do processo**

educativo, nos papéis do aluno e do professor, e nos objectos de estudo e suas abordagens didáctico-pedagógicas (ver, por exemplo, Cachapuz, Praia e Jorge, 2002).

De forma resumida, e numa lógica de **educação e não de simples instrução científica**, a compreensão de conceitos deve ser enquadrada num leque vasto de **competências, atitudes e valores** que permitam aos alunos saber valorizar o papel do conhecimento numa perspectiva global de cidadania. A visão disciplinar representa uma via para aprofundamento de aspectos específicos em quadros de referência próprios, mas ao nível da ciência escolar a especialização disciplinar deve ser entendida como um contributo para uma **visão interdisciplinar e transdisciplinar** que a maioria dos problemas exige. Também a compreensão da história da ciência e de contextos sócio-culturais onde emergiu a produção de conhecimento científico ajudará à construção, por parte dos alunos, de uma visão mais humanista da ciência e dos cientistas.

Situando a presente discussão no âmbito da educação em ciências dos jovens, a nível básico e secundário, é merecedor de particular atenção o papel do professor e do aluno no processo de interacção didáctica. Destacamos dois pontos:

– o primeiro diz respeito ao papel que se atribui ao **ensino formal das ciências**. Embora seja cada vez mais frequente a referência à insatisfação da sociedade sobre as aprendizagens alcançadas em ambiente escolar, não é de todo plausível conceber uma aprendizagem das ciências inteiramente à margem da escola para sectores apreciáveis da população. Tal posicionamento resulta da natureza contra-intuitiva de muitos dos princípios científicos, o que exige, portanto, a organização de estratégias de ensino apropriadas muitas delas recorrendo a actividades prático-laboratoriais e experimentais que só professores preparados poderão conduzir e nas quais se utilizam equipamentos específicos, a maioria não acessíveis em ambientes não formais.

– o segundo ponto tem a ver com as finalidades da instituição escolar enquanto sistema organizado de ensino que deve promover, em cada um, um **conjunto de saberes, competências e capacidades fundamentais** ao seu **crescimento pessoal, social e profissional**. As ciências terão sempre de fazer parte do leque de saberes básicos numa sociedade onde o conhecimento científico e tecnológico é, indubitavelmente, aquilo que mais distingue a época actual das anteriores. A escola será, porventura, a via primordial para esbater as diferenças sociais que existem na maioria dos países, mesmo naqueles de maior desenvolvimento económico. A **educação científica das populações**, entendida não como a educação de cientistas mas como a **educação em ciência de todos**, faz hoje parte do leque de preocupações dos responsáveis políticos, educadores e investigadores em todos os países desenvolvidos e em vias de desenvolvimento. Discutem-se e enunciam-se finalidades, objectivos e conteúdos curriculares e assume-se cada vez mais de forma explícita a necessidade de intervir para modificar os resultados que os estudos de avaliação internacional têm tornado públicos (por exemplo, o estudo PISA 2000).

Na segunda parte deste trabalho, a submeter ao próximo número do boletim "Química", far-se-á uma abordagem particular às relações da Literacia científica e da Literacia química com o Ensino da Química e aos princípios orientadores deste ensino, particularmente no que concerne ao Ensino Secundário.

Bibliografia

Acevedo-Díaz, J. A. (2004). Reflexiones sobre las finalidades de la enseñanza de las ciencias: Educación científica para la ciudadanía. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 1 (1), 3-16.

Acevedo-Díaz, J. A., Vázquez Alonso, A., Massero Mas, M. A. (2003). Papel de la educación CTS en una alfabetización científica e tecnológica para todas las personas. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 2 (2). Versão electrónica <<http://www.saum.uvigo.es/reec/>>

Cachapuz, A., Praia, J., Jorge, M. (2002). *Ciência, Educação em Ciência e Ensino das Ciências*. Lisboa: Ministério da Educação

Delval, J. (2001). *Qué pretendemos en la educación? Investigación en la Escuela*, 43, 5-14.

Eurobarometer 55.2 (2001). *Europeans, science and technology*. Versão electrónica <<http://pascal.iseg.utl.pt/~cisep/SeminarioPCC/forum.htm>>

Gil-Pérez, D., Vilches, A., Astaburuaga, R., Edwards, M. (2000). La atención a la situación del mundo en la educación de los futuros ciudadanos y ciudadanas. *Investigación en la Escuela*, 40, 39-56.

Harlen, W. (2001). The Assessment of Scientific Literacy in the OECD/PISA Project. Em H. Behrendt et al. (editors), *Research in Science Education – Past, Present and Future*, (pp. 49-60), Dordrecht, Boston, London: Kluwer Academic Publishers.

Kinstrey, R. (2004). *Where, oh where, have the engineers gone?. Solutions*, 87 (10), pp. 36-38.

Martins, I. P. (2004). *Literacia científica e contributos do ensino formal para a compreensão pública da ciência*. Lição Síntese apresentada para Provas de Agregação em Educação (não publicado), Universidade de Aveiro (29-30 Janeiro 2004).

OECD (2000). *Measuring student knowledge and skills: The PISA assessment of reading, mathematical and scientific literacy*. Paris: OECD.

OECD (2003). *The PISA 2003 Assessment Framework – Mathematics, Reading, Science and Problem Solving Knowledge and Skills*. Paris: OECD.

Sen, A. (2003). Reflections on Literacy. Em N. Aksornkool (compiler), *Literacy as Freedom. A UNESCO Round-table*, (pp. 20-30), Paris: UNESCO, Literacy and Non-formal Education Section Division of Basic Education.

UNESCO, ICSU (1999). *Ciência para o Século XXI – Um novo Compromisso*. Paris: UNESCO.

Walberg, H. J., Paik, S. (1997). Scientific Literacy as an International Concern. Em W. Graber, C. Bolte (editors), *Scientific Literacy*, (pp. 143-166), Kiel: IPN.

Wearmouth, J., Soler, J., Reid, G. (2003). *Meeting Difficulties in Literacy Development. Research, policy and practice*. London, New York: RoutledgeFalmer.

Um livro teórico para as aulas práticas

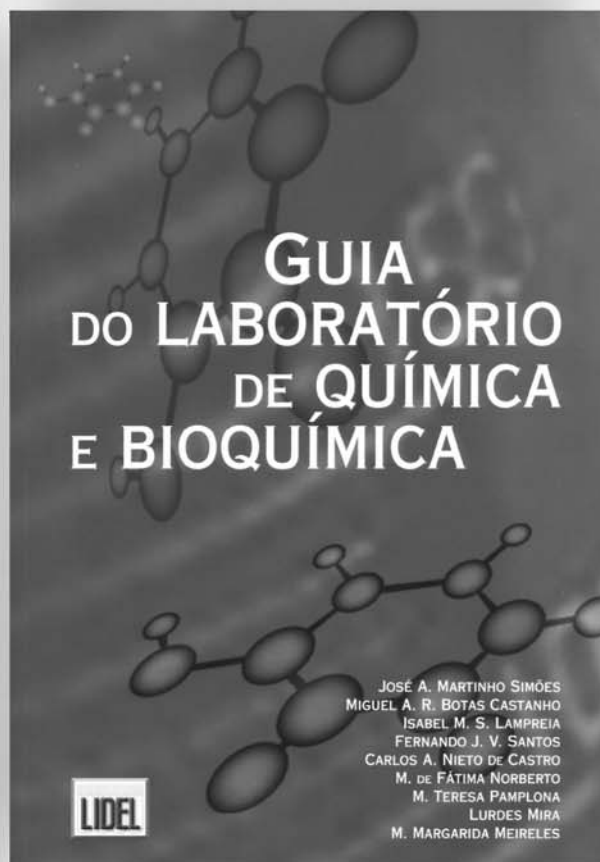
Porque é que este livro é único?

Porque não existe, em português, mais nenhuma obra que trate das regras gerais de "comportamento" num laboratório

Porque chama a atenção para o problema da segurança nos laboratórios

Porque aborda um conjunto de tópicos essenciais que, por falta de tempo, raramente são tratados nas aulas com um nível adequado:

- Elaboração de relatórios
- Pesquisa bibliográfica
- Aquisição automática de dados
- Análise e tratamento de dados experimentais
- Apresentação de dados em gráficos e medida de algumas propriedades



Os Direitos de Autor desta obra revertem a favor da
Sociedade Portuguesa de Química

Autores

- José A. Martinho Simões
- Miguel A. R. Botas Castanho
- Isabel M. S. Lampreia
- Fernando J. V. Santos
- Carlos A. Nieto de Castro
- M. de Fátima Norberto
- M. Teresa Pamplona
- Lurdes Mira
- M. Margarida Meireles



LIDEL - Edições Técnicas, Lda.
www.lidel.pt

e-mail: promocao@lidel.pt

Lisboa: 21 3541418 * Porto: 22 5097993/5 * Coimbra: 239 822486

Escola Infanta D. Maria, Coimbra

ENTREVISTA CONDUZIDA POR CARLOS FOLHADELA SIMÕES

Desta vez deslocámo-nos a Coimbra, à Escola Secundária Infanta D. Maria, para conhecermos as razões de uma Escola que se tem pautado pelos bons resultados obtidos em Química de acordo com os dados divulgados pelo Ministério da Educação. Acresce o facto de este ano ter sido a escola pública com melhores resultados globais. Foi também esta a Escola frequentada por Ana Pina, a recente

vencedora de uma medalha de ouro nas Olimpíadas Ibero-americanas de Química, disputadas em Espanha. Conversámos com a Dr.^a Ana Luísa Baptista (AL), Presidente do Conselho Executivo, a Eng.^a Maria Eduarda Saraiva (MES), Professora de Química e a Dr.^a Teresa Almeida e Sousa (TAS), Coordenadora de Departamento. E como não podia deixar de ser, falámos ainda com Ana Pina (AP).

Dra. Ana Luísa, agradecia-lhe que nos apresentasse a Escola Secundária Infanta D. Maria

AL – É uma Escola que tem cerca de 950 alunos repartidos pelo ensino diurno e nocturno. No nocturno, são alunos do ensino recorrente onde cerca de 30 frequentam já o "novo" recorrente. Normalmente o número atinge os mil alunos mas varia devido ao facto dos alunos do recorrente se poderem matricular ao longo do ano.

É uma Escola que ocupa este edifício desde 1948 embora as suas origens remontem a 1919.

Que cursos ministra?

AL – Estamos virados essencialmente para a área das ciências, estudos científico-humanísticos embora os candidatos às humanidades sejam em muito menor número. O grosso das turmas é de ciências, temos uma turma de económico-sociais e duas de humanidades e na nova reforma temos o curso de ciências sociais e humanas.

...e cursos tecnológicos?

AL – Neste momento não temos no ensino diurno. É difícil implementá-los. Este ano, foi-nos distribuído pela rede uma turma do curso tecnológico de acção social e não conseguimos alunos em número suficiente.

Alguma razão em especial?

AL- É que os alunos que vêm para aqui são alunos interessados no prosseguimento de estudos.

São então alunos com objectivos definidos...

AL – Sim, são alunos que têm claramente um objectivo. Normalmente virado para a área das ciências e daí termos 5 turmas no 10.º ano, 6 no 11.º e 5 no 12.º, nessa área.

A Escola está equipada para dar resposta a esses anseios?

AL – A Escola tem na generalidade boas condições. Poderão existir escolas mais bem equipadas que a nossa, mas também as há bem piores. Considero que estamos razoavelmente bem.

Há alguma fórmula mágica que justifique o equilíbrio verificado ao longo dos anos no "ranking" divulgado pelo Ministério?

AL – Não há fórmula nenhuma. Há, isso sim, um conjunto de factores que contribuem para isso...

...quais?...

AL – Desde logo, alunos muito determinados que quando aqui chegam já trazem objectivos muito bem definidos, sabem o que querem e o que têm de fazer. Muitos pretendem ingressar em

curso ligados à saúde, e isso, como sabe, implica a obtenção de bons, muito bons, resultados. Necessariamente são alunos que vêm predispostos a trabalhar muito, o que se traduz na subida das médias.

Os alunos são "escolhidos"?

AL – Não, de todo, temos é a felicidade de termos alunos assim. Os alunos, na grande maioria, são de um meio sócio-cultural acima da média...

TAS – ...médio alto...

AL – ...o que juntamente com as condições da Escola, um corpo docente estável e empenhado contribuem para esses resultados. Não há mesmo nenhuma fórmula mágica...era bom!

Uma das áreas em que se destacam é a da química. Nos últimos resultados ocupam o 5.º lugar nacional com uma média muito próxima dos 15 valores. Que trabalho tem sido desenvolvido nos últimos anos, a nível de grupo disciplinar ou de departamento, que justifiquem os níveis alcançados e que tiveram também tradução em actividades extra-curriculares, como foi o caso da Ana nas olimpíadas de química?

MES – Vamo-nos reportar ao ano que terminou e em que leccionávamos o 12.º ano de Química. Costumo dizer aos

meus alunos, e repito aqui, que o professor é um facilitador de aprendizagens. Estas são feitas por eles. O professor ajuda-os a chegar onde pretendem. Cada um é que tem de definir as suas metas. Considero que todos os professores que leccionam 12.º ano são professores do quadro de nomeação definitiva e com muitos anos de experiência, quase todos à beira da reforma...

(...gargalhada geral...)

MES – ... e uma experiência de ter trabalhado com muitas gerações de jovens, o que em certa medida facilita o encontro dentro da sala de aula, o que considero de crucial importância...

Em jeito provocatório, a referência à reforma, poderá traduzir uma falta de crença nas novas gerações de professores ou admitem que os mais "novos" poderão dar continuidade ao vosso trabalho?

MES – Creio que as condições e a instabilidade que existem neste momento a um nível mais global, que aquele que é a pequena escola, que é uma peça pequena de uma engrenagem, não sei se serão suficientemente motivantes para os vindouros...

TAS – Posso acrescentar que este ano, os professores que aqui foram colocados são pessoas muito trabalhadoras, muito empenhadas, muito profissionais...

...o que não dá garantias de continuidade...

TAS – ...não, isso não temos. Estão cá este ano. No ano transacto estiveram quatro novos, este ano estão outros tantos...

AL – Esta instabilidade, esta mudança permanente em que o professor não sabe onde vai ficar, os alunos não sabem se o professor os vai acompanhar no ano seguinte, a orgânica da própria escola a que as pessoas têm de se adaptar, são factores que muitas das vezes dificultam o trabalho. Por outro lado, e na Química, deve ser como nas outras coisas, os novos, desde que empenhados e dedicados, têm as mesmas possibilidades que os mais velhos.



figura 1 As intervenientes, Dr^a Ana Luísa Baptista, Presidente do Conselho Executivo, a Eng^a Maria Eduarda Saraiva, Professora de Química e a Dr^a Teresa Almeida e Sousa, Coordenadora de Departamento e a aluna Ana Pina.

Falta-lhes naturalmente experiência que considero fundamental. Há determinadas situações com que se tem de lidar na sala de aula o que me parece ser mais fácil para quem já tem mais experiência. Sabemos que as turmas, às vezes, também não são fáceis...

...claro, isso é imprevisível. Têm aqui, no âmbito da química, projectos implementados de forma sistemática?

TAS – A Professora Eduarda é a que tem trabalhado imenso no Laboratório de Química. Esteve muito tempo a dar as Quimicotecnias...

MES – ... os cursos tecnológicos de química...

TAS – o que originou que tivesse trabalhado muito no laboratório. Mas assim um projecto...não.

Mas têm actividades extra-curriculares ligadas ao trabalho experimental que contribuam para a divulgação e fomento do interesse dos alunos por esta área?

MES – Não, como disse a Teresa, consegui dinamizar algumas actividades enquanto estive ligada aos cursos tecnológicos. Eram alunos especiais...diferentes..., no mundo humano da Escola e com esses alunos fazia-se um trabalho diferente. Agora, os nossos alunos têm muitas actividades: explicações, desporto, etc.. Em Coimbra, os alunos têm muitas ofertas de actividades com-

plementares fora dos portões da Escola...

...o que lhes retira muito tempo...

MES – ...claro, não lhes dá tanto tempo para permanecerem na Escola. Têm muitas actividades proporcionadas pela família...

Como surgiu a participação nas Olimpíadas?

MES – A participação nas Olimpíadas surge, primeiro, porque soubemos da sua existência em informações transmitidas pela Coordenadora. Depois, como tinha um conjunto de alunos no 12.º que eram... "aquele aluno que é chato"...e temos um programa para cumprir o que deve impor determinado ritmo...

...alunos preocupados com os exames...

MES – ... não, alunos que exigem explicações, que obrigariam o professor a desviar-se da estrutura normal da aula, que tem de seguir para cumprir os programas. E concretamente a Ana Pina era uma miúda com perguntas diárias e constantes. O que levava a que as conversas tivessem que ocorrer nos intervalos. Então, lancei o desafio à turma dando-lhes conhecimento de todos os projectos que me chegavam às mãos. Há ou não resposta da vossa parte? E houve um conjunto de alunos que se interessaram. E como a Ana diz, até nem



figura 2 Vista geral de uma aula prática.

tinha nenhuma preferência especial pela Química, gostava de todas as disciplinas. Tinha ainda outros alunos que conseguiram os mesmos níveis que ela nos exames. No entanto, ela tinha motivação acrescida por estar habituada a participar em muitas actividades complementares. Outros, que também atingiram o 20, limitavam-se ao estudo curricular.

Foi a primeira participação?

TAS – Não, não. Na Química já não participávamos há cerca de dez anos..

E agora com estes resultados?

MES – Não sei, eu lecciono o 12.º. Não sei se outros colegas que leccionam 10.º e 11.º pretendem lançar o desafio aos alunos.

...e como Coordenadora?

TAS – Pois, vou divulgar. Este ano surgiu o anúncio, divulguei e participámos...

...sim, mas vai tentar que a Escola marque presença em iniciativas desta índole. É importante que diversas entidades continuem a promover estas iniciativas?

TAS – Exactamente. Acho que sim. O que considero é que a Química, com estes novos programas em vigor ou a entrar, provocarão uma grande mudança na componente laboratorial. Quando havia Quimiotecnicas ou as Técnicas Laboratoriais essa componente era bem

mais acentuada. E estas iniciativas poderão contribuir para esse reforço.

(breve interrupção pela chegada da Ana...)

AL – ...a menina que ascendeu ao estrelato...

Ana, pela simples anuência a uma solicitação da sua Professora, de um momento para o outro, vê o seu rosto em revistas e na televisão. Qual a sensação de ter muita gente a olhar para si?

AP – De satisfação, mas sobretudo saber que é o reconhecimento pelo trabalho que desenvolvi. É, para além disso, a tradução da ajuda que recebi da Escola e dos Professores que me ajudaram.

MES – Posso dizer que a Ana embora tivesse um bom percurso até vir para Coimbra, iniciou os estudos no Porto, tinha lacunas em determinados conteúdos, em virtude de não ter tido professor durante algum tempo. Daí resultou que pela primeira vez os tivesse estudado no 12.º ano. O que implicou um esforço muito intenso. Isso permitiu-lhe, aquando da primeira prova, já os ter adquirido e estar ao nível dos outros que com ela, digamos, estavam a competir. Mas foi essencialmente um esforço individual, feito quase sozinha, apenas com orientação..

Sentiu grandes diferenças entre a prova nacional (Aveiro) e a que reali-

zou em Espanha (Olimpíadas Ibero-americanas)?

AP – Não muito grandes, mas sim, foi mais difícil.

E a forma como são abordadas as matérias? O modo como são colocadas as questões, como se de uma "história" se tratasse, gostaria de vê-las reflectidas na prática do dia-a-dia no ensino da química?

AP – Sim, seria muito interessante. Mas também acho que muitos conteúdos que são testados nas Olimpíadas Ibero-americanas eram "demais" para os alunos do secundário...

...nem fazem parte dos programas...

AP- Pois não. Eu já achei as nacionais com coisas que não sabia, então as Ibero-americanas...

Continua a acreditar, como já disse, que o seu sucesso se deve a tão grande percentagem de transpiração e que o esforço e sorte têm menor peso. Ou revê esses valores e considera deverem merecer maior peso o esforço, dedicação e empenho?

AP – ...risos...Aqui, na Química?

Não, globalmente...

AP – Acho que mantenho as proporções. Tenho tido sorte com as pessoas que tenho encontrado. Se outros tivessem tido também essa felicidade também poderiam ter o mesmo desempenho. É sempre preciso ter essa sorte. Oportunidades que tenho e que outros, porventura, não têm.

Essa sorte está dirigida? Tem nomes? Ou é pura casualidade?

AP – Não, de todo. Essa sorte relaciona-se com o sítio em que nasci, a família que tenho, as pessoas que encontrei, os professores que tive, as escolas onde andei...

...todas as condições que lhe foram proporcionadas...

AP – Sim, não tenho culpa de ter a família que tenho mas tenho muita sorte por a ter.

"Não devemos desperdiçar oportunidades". É uma frase sua. Uma jovem

de 18 anos proferir essa afirmação, muitas vezes ignorada pelos adultos, que significado tem?

AP – Aproveito tudo o que me pareça ser bom. À mínima indicação procuro saber o que é preciso, para participar. Tenho isto sempre presente, não perder oportunidades.

Ou seja, recolha de dados, análise e decisão à posteriori...

AP – Sim...

O que traduz zero de precipitação e muita consciência e muito tino...

AP – Sim, normalmente é o que procuro fazer.

Há muita gente assim?

AL – É também essa a sorte de quem a encontrou. A Ana nunca foi minha aluna nem é minha filha mas imagino que seja uma sorte muito grande para os Pais ter uma filha assim, para os professores ter uma aluna assim...Se calhar não é ela que tem tanta sorte assim...Ela deve fazer parte integrante dessa sorte...

Cultiva a sorte...

AL – Claro, não quer dizer que não haja outros que não se esforcem muito, não tenham as mesmas oportunidades e que não consigam chegar ao mesmo patamar mas com certeza que tem muito a ver com os seus objectivos, com a forma de estar. A sorte é ela que a constrói, imagino eu...

Consideram que é de mais exemplos destes que Portugal precisa?

MES – Sim, sim...independentemente dos resultados, mas atendendo à postura e à disciplina; nós focalizamos a Ana, mas ela estava inserida numa turma de que todos os professores diziam que era uma daquelas turmas de excepção. Era bom, era gratificante trabalhar com eles.

As mudanças que estão a dar os primeiros passos, nomeadamente os novos programas de Ciências Físico-Químicas e o de Química permitirão, na vossa opinião, caminhar nesse sentido?



figura 3 Ana Pina.

TAS – Gostava de poder ter uma opinião mais abalizada. Estou a dar 10.º pela primeira vez. Mas considero que as aulas de Técnicas irão fazer muita falta...

...deveria ser reforçada a componente laboratorial...

TAS – ...dentro da Física e da Química. Fazem programas extensos partindo do princípio que a disciplina é de um ano e depois de certeza que a prática vai ficar para trás.

Já pensaram em soluções? Projectos, actividades...

TAS – Vai depender muito de quando o 10.º, 11.º e 12.º estiverem a funcionar na sua plenitude. Além de que, para o ano, também teremos 7.º ano...

AL – Há pelo menos essa indicação, isto é, a DREC já queria que tivéssemos este ano uma, duas ou três turmas desse nível de ensino. No entanto, entendemos que essa não seria a melhor solução, já que essa solução nos foi colocada tardiamente. Além de que a Escola que as perderia também disse que não. Este ano a proposta era facultativa.

Para o ano será obrigatória. E aí, teremos, como é evidente, um leque mais alargado de alunos com faixas etárias substancialmente diferentes.

Não retirará identidade à Escola? Não a descaracterizará?

AL – Penso que sim! Se por um lado os mais novos podem ser uma mais valia em determinados aspectos, não tenho grandes dúvidas de que irá descaracterizar aquilo que é típico de uma escola secundária. Isso sem dúvida. Basta dizer que neste momento os alunos entram aqui com idades entre os 15 e os 19 anos e passaremos a ter alunos de 12. São três anos com grande significado nestas idades. É uma diferença imensa.

Estão habituadas a que os alunos que aqui ingressam tenham objectivos muito bem definidos. Passar-se-á o mesmo com os do 7.º?

AL – Alguns saberão muito bem, mas a maioria não. Aliás aquilo que sabem não é o que irão querer depois. Há muitas mudanças...

TAS – Mas quando esta Escola tinha 7.º ano, acho que havia alunos muito jeitosos era muito engraçado...

MES – ...e nessa altura apanhávamo-los desde mais novos e fazíamos o seu acompanhamento. Ficavam muito mais motivados para ir para o laboratório...

É vossa preocupação poder ver a vossa posição no ranking alterada?

AL – Não nos preocupamos minimamente com o rankings. Sabemos deles quando são publicados ou quando outras escolas nos fazem sentir isso ao longo do ano...hostilizando-nos um bocadinho...sei lá! Há, por vezes, uma

certa rivalidade, como se seleccionássemos os alunos ou fizéssemos qualquer coisa de diferente. Mas não. Os alunos vêm para aqui porque querem. Ninguém os vai buscar ou manda embora...

Mas li algures, que há alunos que se vão embora no final do 1.º período porque não aguentam a "pedalada"...

AL – Pois foi o que leu, mas foi o Sr. Jornalista que disse...Pôs na minha boca uma afirmação que não tive. Perguntou-me se havia alunos a procurar a Escola. Respondi que sim, pela tradição de exigência, mas que também havia alguns que às vezes não aguentavam a pressão que sentiam. Nunca disse que procuravam escolas menos exigentes. Aliás, acho que não as há. Há sim, factores que fazem com que os resultados sejam estes. Há alunos que quando ficam numa turma muito boa ou não aguentam o ritmo de trabalho ou não têm os mesmos objectivos. E isso cria-lhes uma maior pressão e acabam por sair. Aliás, o número de alunos que entram e saem

no final do 1.º período não é significativo.

Há quem cá se matricule expressamente no 12.º ano?

AL- Poucos, embora alguns. Veja o caso da Ana que por contingências de ordem familiar veio para cá nessa altura.

Pois, a Ana frequentou o Luso-Francês no Porto...

AP – Sim...

Mas quando chegou a Coimbra sabia para onde vinha ou veio para ao Infanta D. Maria por casualidade?

AP – Vim por recomendação....

Podemos saber quais?

AP – Recomendada por amigos dos meus Pais que disseram que a Escola era boa...

Então algumas coisas se vão dizendo lá fora...

AL – Mas lá fora diz-se. O que eu digo é que cá dentro não se diz, não se sente nem se pensa.

Que projectos para o futuro?

AP- Gostaria de ficar ligada à investigação

Em Portugal?

AP – Não acredito muito. O mais provável será no estrangeiro.

Não vislumbra uma luz ao fundo do túnel para poder fazer no seu país o que deseja?


AP – É difícil...os apoios e as hipóteses escasseiam.

O que considera dever ser feito pelos responsáveis que tutelam estas áreas de modo a inverter a situação?

AP – Várias coisas, como por exemplo, incentivar o investimento, apoiar os laboratórios associados, promover a investigação.

Poderemos esperar ver, num futuro próximo, o seu nome divulgado, por exemplo no Expresso, entre os jovens cientistas portugueses?

AP – Talvez mas preferia vê-lo na *Nature*...



APCER
Certificado
de Conformidade
Certificate of Registration

End.
Edifício Pedrosa
R. do Coronel Santos Pedroso 15, 207 - 1500 LISBOA Portugal
Tel. 21 716 5160 Fax 21 716 5169

NÚMERO/number **96/CEP.410**

A Associação Portuguesa de Certificação (APCER)
The Portuguese Association for Certification (APCER)
certifica que o sistema de qualidade da
certifies that the quality system of

SOQUÍMICA – SOCIEDADE DE REPRESENTAÇÕES DE QUÍMICA, LDA.
Rua Coronel Santos Pedroso, 15
1500 - 207 LISBOA
PORTUGAL

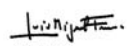
Implementado na comercialização, manutenção e calibração de equipamentos de laboratório, cumpre os requisitos da
implemented in the supply, servicing and calibration of laboratory equipments, meets the requirements of

NP EN ISO 9002:1995


Sistemas da Qualidade. Modelo de garantia da qualidade na produção, instalação e assistência após-venda.
Quality Systems. Model for quality assurance in production, installation and servicing.

O presente certificado é emitido no âmbito do Sistema Português da Qualidade.
This certificate is issued within the Portuguese System for Quality

Data de emissão/Date of issue 1999-06-18
Válido até/Valid until 2002-06-17



Luis Fonseca
Director Geral/General Director



SOQUÍMICA
Sociedade de Representações de Química, Lda

R. Coronel Santos Pedroso 15 · 1500-207 Lisboa **Tel 21 716 5160 · Fax 21 716 5169**
R. 5 de Outubro 269 · 4100-175 Porto **Tel 22 609 3069 · Fax 22 600 0834**
E-mail: soquimica@mail.telepac.pt www.soquimica.pt

Olimpíadas de Química 2005



a química atrai*

Datas importantes

31 de Janeiro de 2005
Limite da inscrição das equipas
na 2ª fase (semifinais)

26 de Fevereiro de 2005
Realização das Semifinais

7 de Maio de 2005
Realização da Final

Coordenador das Olimpíadas de Química: Paulo Ribeiro Claro
Departamento de Química, Universidade de Aveiro, P-3810-193 AVEIRO
olimpiadas@dq.ua.pt

* Ver "Programa Atracção Química", neste número.

A necessidade de exames no ensino básico e secundário

V I C T O R M . M . L O B O *

A Química, a par da Matemática e da Física, é uma ciência estruturante, e cujo conhecimento é fundamental para todos os cursos de ciências, desde as engenharias às medicinas, agronomias, etc. É também uma ciência cuja aprendizagem tem de ser sequencial, isto é, as bases fundamentais têm de ser apreendidas cedo, muito exercitadas intelectualmente, bem absorvidas e sedimentadas no espírito do aluno, e subsequentes conhecimentos têm de ir sendo aprendidos lenta mas solidamente, e só em condições de poderem entrar para a mente do aluno de modo que este as possa intelectualmente relacionar com as anteriores bases. De contrário, o conhecimento reduz-se a um amontoado de "frases" isoladas, eventualmente úteis para responder a "charadas científicas", mas sem qualquer utilidade para a vida prática ou mesmo para o conhecimento "puro" deste ramo da ciência. Infelizmente essas provas, a que alguns chamam "exames do 12.º ano" (não são realmente exames), não passam de "charadas", e é por demasiado evidente que quem escreve os enunciados [1] dessas provas não tem o adequado conhecimento científico para a tarefa de escrever enunciados de exames.

Ora, a actual situação no ensino básico e secundário é de molde a que a maioria dos alunos se arrasta até ao ensino superior sem absorver os necessários conhecimentos em todas as disciplinas, mas talvez seja na Química que o problema é mais grave. É verdade que há alunos que aí chegam com preparação

suficiente (uns 10 a 20%), e até alguns desses, digamos 1 a 2 %, com preparação melhor que os melhores de há 3 ou mais décadas. Os professores do ensino básico e secundário dedicam-se hoje aos alunos muito mais do que outrora, os programas e os livros (embora com muitas deficiências) talvez sejam melhores que os de outrora, e sobretudo há hoje um maior número de pais academicamente preparados para os auxiliarem, bem como há hoje, melhor que outrora, meios auxiliares de aprendizagem, tais como a "Internet", enciclopédias, a própria televisão se usada criteriosamente, etc.

Mas a tragédia para o futuro do nosso País é que os restantes 80 a 90 % chegam ao ensino superior com lacunas muito profundas. O problema é que, no ensino superior, é tarde de mais para adquirirem as tais bases e, sobretudo, métodos de raciocínio e aprendizagem necessários para adquirirem uma formação sólida para depois desempenharem uma profissão a nível da verdadeira licenciatura. Depois, lá se vão arrastando, reprovando muitas vezes, mas também lá vão sendo aprovados, disciplina agora, disciplina logo, pois os júris de exames universitários não têm outro remédio senão procurarem facilitar a aprovação, de molde a não terem números demasiado elevados de reprovações, o que é politicamente (e até fisicamente) perigoso. E assim, lá vai o País tendo lufadas de licenciados que só o

são no texto do diploma que lhes derem.

É urgente travar esta degradante situação. Da mesma maneira que estamos a deixar às gerações futuras uma caótica situação no ordenamento do território (comparemos as nossas cidades com as da vizinha Espanha, ou com as da Alemanha ou do Reino Unido!), uma infuncional situação na justiça, etc., estamos também a criar uma situação no que respeita a futuros quadros técnicos profundamente calamitosa [2].

Que fazer?

Naturalmente haveria que actuar em muitos aspectos. Mas alguns (e.g. travar esta enorme mobilidade de professores de umas escolas para outras) têm custos políticos (e económicos) de tal modo elevados que não há, por enquanto, governo que consiga alterar significativamente a situação. Há contudo outro aspecto, perfeitamente exequível, e que daria um enorme contributo para melhorar a eficiência do nosso ensino: repor exames no ensino básico e secundário. Mas que sejam verdadeiros exames e não "charadas" como agora acontece nas provas do 12.º ano. Assim, propomos exames nacionais no 12.º ano nos seguintes moldes, estendendo-se progressivamente aos 9.º, 6.º e 4.º anos, como o delineado no ponto 11.

1. Duas provas ("chamadas") para cada disciplina, a 1.ª a realizar na primeira semana de Junho e a 2.ª na primeira semana de Julho. Só a nota melhor destas duas provas, Ni,

* Departamento de Química – Universidade de Coimbra, 3004-535 Coimbra (vlobo@ci.uc.pt)

¹ É pois claro que as notas dadas ao longo dos anos escolares não fazem qualquer tipo de média com a nota do exame. Servem sim para propor (ou não) o

conta para classificação. Minimizam-se assim efeitos prejudiciais de causas fortuitas¹ [4].

2. A nota de aprovação do 12.º ano, e consequentemente a da candidatura ao ensino superior é a média M dessas Ni notas (isto é, só essa média M conta para ordenação dos candidatos). O aluno tem de ter aprovação, isto é, 10 valores na tradicional escala de 0 a 20 valores, em cada uma das disciplinas da sua área, para se poder candidatar (tomando-se sempre a melhor das notas das duas chamadas). O aluno terá um certificado de frequência do 12.º ano com base na nota de admissão a exame.

Existindo exames nestes moldes, não se justificam provas de admissão ao ensino superior específicas de cada instituição deste. Tal criaria diferenças de critérios de instituição para instituição, o que seria muito prejudicial para o ensino em Portugal, para os candidatos que teriam de fazer muitas provas em sítios diferentes, e para o Orçamento do Estado que teria de suportar despesas injustificadas.

3. O júri nacional que elabora os enunciados dos exames deve ser constituído por personalidades que tenham um sólido conhecimento da respectiva matéria, podendo ser oriundos da indústria, do ensino secundário ou do superior, de institutos de línguas (e.g. British Council), escritores ou artistas de reconhecido mérito, etc. O Presidente do Júri deve garantir que os enunciados das provas de exame correspondam a situações realistas e cientificamente correctas. A situação que até agora se tem passado de serem dados enunciados com perguntas "erradas", isto é, conducentes a respostas contrárias à realidade, é totalmente inaceitável.

Naturalmente que os recursos humanos e materiais do Gabinete de Avaliação Educacional (GAVE) poderiam dar uma preciosa ajuda para a implementação destas propostas.

4. Os critérios de avaliação devem ser realistas e não baseados em preconceitos "educacionais" incompatíveis com a realidade da vida onde estamos inseridos.

O Presidente do Júri deve reunir com todos os elementos do júri e expor claramente as linhas gerais dos critérios de avaliação.

5. O júri deve reunir logo após cada exame (preferivelmente todos os membros no mesmo local geográfico, e.g. um departamento do Estado, um hotel) para rapidamente avaliar as provas e publicar os resultados. Estes devem sair pelo menos uma semana antes da segunda chamada, para que os exami-

*Os critérios de avaliação
devem ser realistas
e não baseados em
preconceitos
"educacionais"
incompatíveis com
a realidade da vida onde
estamos inseridos.*

nandos decidam a sua estratégia para a tal chamada de Julho. Por exemplo, os resultados do dia 1 de Junho deveriam sair até, digamos, 23 de Junho.

6. Caso logisticamente seja exequível, os alunos poderiam obter uma fotocópia da sua prova, logo que possível a seguir ao seu exame. Para reduzir papel, facilitar a avaliação, etc., a seguir a cada pergunta do enunciado haveria logo o espaço para a resposta. O enunciado do exame deve conduzir a um teste realizável por um aluno razoável em cerca de 3/4 do tempo total, e.g. 90 minutos

se o exame for de 2 horas, dando tempo para o examinando pensar muito e escrever pouco; não deve ser uma maratona de longa escrita contra-relógio. O examinando seria encorajado a pensar bem antes de escrever (a vida prática é assim), eventualmente a fazer um rascunho. As perguntas devem ser muito objectivas, tendo como resposta muito poucas palavras ou, quando aplicável, só a indicação (bem explícita) das operações matemáticas e o resultado final. Mais uma vez, é isso mesmo a vida prática.

7. Exactamente porque já há duas chamadas, e só a melhor nota é escolhida, acabaria o condenável sistema de pedido de revisão de provas. É que esse sistema cria a profundíssima injustiça de diferentes tratamentos só porque um teve dinheiro, "conhecimentos", etc., para pedir tal revisão, e outro não. É evidente que se alguém suspeitasse de um erro de forma (e.g. cotação mal somada) poderia escrever para o Presidente de Júri. Em caso de erros de forma graves por parte de um membro do júri, este deveria ter uma forte penalização.

8. Não pode haver nenhuma chamada só para um grupo específico de examinandos. É profundamente injusta a actual situação de chamadas específicas para uma classe de examinandos, às quais outros examinandos não têm acesso. Se se acha que 2 chamadas (Junho e Julho) é pouco, poder-se-ia fazer mais, mas sempre para todos os candidatos e sempre com o princípio de só contar a melhor nota. A ordenação dos candidatos ao ensino superior é algo muito sério, e as injustiças que actualmente se verificam são inaceitáveis. Veja-se o que acontece com o chamado Ensino Recorrente: parece que mais de 30% dos alunos que entraram para uma dada Faculdade de Medicina vieram do Ensino Recorrente, isto é, adquiriram as altas notas de entrada por essa via.

¹aluno a exame. Aliás, é esse o significado da palavra "exame". É também evidente que por exame se entende ter de haver provas a todas as disciplinas (excepto, e.g., Educação Física) do curriculum dos respectivos anos.

9. A matéria sobre a qual incide o exame de cada disciplina tem de abranger tudo quanto foi ensinado naquela área. Por exemplo, não faz sentido que o exame do 12.º ano de "Química" não possa ter questões com matéria do 8.º, 9.º, 10.º e 11.º anos. É que as bases destes 8.º e 9.º anos são precisamente o que é mais importante ter bem sabido. Similarmente, não faria sentido averiguar os conhecimentos de "Inglês" do 12.º ano "dispensando" os dos 7.º, 8.º e 9.º anos, ou os de Português do 12.º ano "dispensando" saber ler e escrever.

Isto deve ficar bem claro sob o ponto de vista legal, pois tem havido graves problemas envolvendo recursos legais. Um desses, por exemplo, envolveu uma questão de "Matemática" do 12.º ano onde aparecia o conceito de proporcionalidade. Houve um protesto legal com o ridículo argumento de tal assunto (proporcionalidade) ser de anos anteriores, mas não do 12.º ano! E se o examinando se negasse a ler o texto do exame com o argumento de que tal era da 1.ª classe (1.º ano)?

10. Salvo em condições muito excepcionais, as provas de exame devem ser realizadas só em edifícios do Estado e organizadas logisticamente só por personalidades independentes da instituição onde haja alunos candidatos aos exames no espaço físico onde estão a ser realizados. Os organizadores e/ou vigilantes não podem dar qualquer esclarecimento sobre a interpretação do enunciado dos exames. Esta é da exclusiva responsabilidade do examinando. Se este achar que há erros no enunciado, pode declarar isso mesmo na prova, e tal poderá ser tido em consideração, mas não pode esperar nenhuma informação durante os 120 minutos da prova. Parece que no passado tem havido casos em que "vigilantes" dão informações sobre o que é perguntado, colocando assim os alunos em vantagem sobre quem não teve tal informação. Tal é profundamente injusto. Parece mesmo que tem havido casos em que alguém escreve no quadro, ou

ditada, as respostas pressupostamente correctas às perguntas feitas. Parece até que num protesto de um examinando sobre não lhe ter sido dada uma dada resposta, foi alegado ter o examinando escrito escrupulosamente o que lhe foi indicado durante a realização da prova!

11. Progressivamente devem ser implementados exames nacionais no 9.º, 6.º e 4.º anos do Ensino Básico, em moldes similares aos acima descritos, embora com adaptações óbvias. As alterações que para isso se deveriam introduzir no Ensino Básico estão descritas no ponto 14, nomeadamente um sistema de escolha livre de disciplinas no 7.º, 8.º e 9.º

[No] Livro Branco de Física e Química mostra-se que a maioria dos professores de Física e Química concorda com exames nacionais, e.g. 77% concordaria com exames no 9.º ano.

anos, de forma a que os alunos pudessem inclinar-se mais para as disciplinas de cariz vocacional (e.g. carpintaria) ou académico (e.g. francês) consoante os seus desejos e apetências.

12. Note-se que a existência de exames no ensino básico e secundário terá muitas vantagens para os respectivos docentes.

a) Dá-lhes muito mais prestígio. O facto de fazerem parte de júris nacionais que decidem, pela via da seriedade, a obtenção de desejados diplomas, confere-lhes o poder que outrora tinham e faziam com que o prestígio dos professores do Liceu fosse superior ao dos licenciados em direito, medicina ou engenharia.

b) Os exames fariam com que o aluno considerasse o professor como um amigo, mas de muito respeito, que o ajuda a passar no tal exame. Como as coisas estão, o aluno considera o professor como um adversário com quem é preciso discutir até que, no caso dos 10.º, 11.º e 12.º anos, o professor lhe dê 20 valores, para melhor entrar no curso X ou Y. E todos conhecemos casos em que os alunos ou seus pais ameaçaram seriamente os professores dizendo algo como, se em vez de 17 ele desse 18 já o aluno poderia entrar no curso X, ou culpando-o de tal pretensão não ter sido atingida. Pior que isso, há casos em que é o próprio Conselho Directivo a pressionar indevidamente o professor.

Também até ao 9.º ano o professor estaria numa posição muito melhor na sala de aula se aqueles alunos tivessem depois de se submeter a um exame: ter-lhe-iam certamente muito mais respeito, mais disciplina e mais amizade, se soubessem que o professor só os admitia a exame se os conhecimentos fossem o suficiente para depois serem aprovados, pois de contrário o professor não correria indevidos riscos.

c) Nas páginas 89 e 90 do Livro Branco de Física e Química mostra-se que a maioria dos professores de Física e Química concorda com exames nacionais, e.g. 77% concordaria com exames no 9.º ano.

13. Tal como as coisas estão, o ensino superior não pode ser eficiente, pois cerca de 80% dos alunos que entram não têm conhecimentos basilares para poderem entender o que lá se deveria ensinar. E não há outro remédio senão baixar o nível para que o número de reprovações não seja elevado, donde resultam licenciados muito mal preparados, que futuramente serão preteridos em emprego pelos colegas vindos dos países de Leste, ou do resto da U.E. Exames no Básico e Secundário obrigariam os alunos a estudarem mais e consequentemente a entrarem para o Superior mais bem preparados. Dariam também aos pro-

fessores o prazer de ensinar para quem quer aprender, e não para quem vai às aulas só para passar o tempo, pois sabe que lá passa de ano saiba o que souber. Daria assim muito mais personalidade e gratificação aos professores.

É um enorme desperdício de dinheiro ter alunos no ensino superior a aprender coisas que deveriam ter aprendido antes e, pior ainda, se nunca aprenderem.

14.1 Livre escolha de disciplinas do 7.º ao 9.º anos de escolaridade. A par das disciplinas "académicas" haveria disciplinas "profissionais" (se preferirem, usem outros vocábulos, e.g. "abstractas" e "vocacionais", etc.) num regime semestral. Assim, ao lado de disciplinas onde se estuda química ou francês, haveria disciplinas onde se estudasse mecânica ou fotografia. Os alunos escolheriam livremente (com ajuda de tutores ou dos pais) as disciplinas dos $3 \times 2 = 6$ semestres.

14.2 Os anos 10.º, 11.º e 12.º teriam duas grandes áreas:

a) "Académica", com as seguintes vias:

- i) Letras. Daria entrada para todos os cursos das faculdades de letras, direito e similares.
- ii) Ciências. Daria entrada para todos os cursos das faculdades de ciências, engenharias, medicina, agronomias, e similares.
- iii) Economias. Daria entrada para todos os cursos das faculdades de economias, gestão de empresas, e similares.

iv) Artes. Similarmemente.

b) "Profissional" com os cursos que agora constam dos currícula das escolas profissionais e outros.

14.3 Os alunos teriam o diploma do 9.º ano somente por aprovação em 6 semestres, fossem quais fossem. Contudo, a matrícula no 10.º ano exigiria um exame de admissão propício à área em que pretendessem matricular-se. Para as

áreas "profissionais" a admissão ao 10.º ano seria com base numa prova específica da área desejada. Para a área "académica" (qualquer das vias) só seriam admitidos os alunos que fossem aprovados num exame a português, francês, inglês, história e geografia, matemática e ciências (física, química e ciências naturais). Este exame teria duas provas, espaçadas de 3 semanas, das quais seria escolhida sempre a melhor.

14.4 Os 10.º, 11.º e 12.º anos das áreas "profissionais" teriam fundamentalmente disciplinas práticas para a área em causa. Alguns assuntos da área académica que fosse preciso dar (e.g. matemática, inglês), sê-lo-iam em moldes e com programa muito diferentes dos da área académica. A presente situação de se pretender dar, nas actuais escolas profissionais, matemática, física, química, etc., com os mesmos programas e escolaridade que na chamada "via ensino" (área académica), é totalmente inaceitável.

A aprovação nas disciplinas da área "profissional" seria adaptada à natureza específica da disciplina. Poderia ser baseada no trabalho ao longo dos 3 anos (e.g. em carpintaria), numa prova prática (e.g. desmontar e montar a embraagem de um automóvel), numa prova de campo (e.g. levantamento topográfico), ou num exame clássico (e.g. história ou inglês para guias turísticos).

A aprovação no número estipulado de disciplinas daria um diploma profissional.

Os diplomados por esta via profissional poderiam ter acesso ao ensino politécnico mediante exame de entrada específico.

14.5 A partir do final do 9.º ano, os alunos teriam de passar parte do tempo em contacto com o mundo do trabalho. Sob a supervisão de professores para tal nomeados, os alunos teriam "estágios" em empresas, hospitais, tribunais, museus, ou quaisquer outros locais de trabalho, onde executariam uma tarefa similar à de qualquer

outro trabalhador, integrados na normal hierarquia da instituição em causa. No final teriam um certificado indicando o tipo de trabalho efectuado, assinado pelo director da instituição e pelo professor supervisor. A admissão a um dado curso superior poderia exigir certos créditos desses certificados. Por exemplo, um candidato a medicina teria de ter x semanas de trabalho num hospital, um a engenharia civil y semanas de activo trabalho na construção civil, etc. Este tipo de contacto com o mundo do trabalho daria aos alunos, e aos professores seus orientadores, um sentido da vida prática muito importante para o respectivo desempenho nas provas de exames.

Notas

[1] Victor M.M. Lobo, *A nefasta artificialidade das provas de "exames" do 12.º ano*, Química – Boletim da Sociedade Portuguesa de Química, Vol. 83, Outubro-Dezembro 2001, p. 73-75; Victor M.M. Lobo, *A "ideologia ensinista" e os exames do 12.º ano*, Diário de Coimbra, 2 Junho 1998.

[2] Por exemplo, a generalidade dos que têm disciplinas de Química não sabe escrever as mais elementares fórmulas de química (e.g. de cloreto de cálcio), não sabe sequer visualizar os caminhos para chegar à fórmula molecular, isto é, às fórmulas de estrutura (vide Victor M.M. Lobo, *A utilidade dos diagramas de Lewis no ensino da Química*, Química – Boletim da Sociedade Portuguesa de Química, Vol. 70, 1998, p. 13-17), e não sabe fazer o mais elementar cálculo estequiométrico. Ora isso é matéria do 8.º e 9.º anos, mas é precisamente esta a matéria mais importante, é a base, e a que mais mal sabida está. Num exame de Química Geral (89 alunos) quase só sobre a matéria do 8.º e 9.º anos, a esmagadora maioria dos alunos teve menos de 2 valores! E aí havia alunos que tinham tirado mais de 17 valores no chamado "exame" do 12.º ano de Química!!! Então, para que serve essa prova? Mas esta situação é geral: veja-se, e.g., o teste feito pelo Prof. Jorge Buescu a 1200 alunos do Instituto Superior Técnico, onde muitos nem sequer acertaram a soma de $1/2 + 1/2$!!!!

[3] Vide, e.g., M. Filomena Mónica, *Os filhos de Rousseau, ensaios sobre exames*, Relógio D'Água Editores, Lisboa, 1997; Gabriel Mithá

Ribeiro, *A pedagogia da avestruz*. Testemunho de um professor, Gradiva, Lisboa, 2003. Há também muitos testes, tais como os feitos pelo Prof. Jorge Buescu, onde se mostram as gravíssimas lacunas dos alunos. Há alunos de engenharia que não sabem se $x + x$ é x^2 ou se será $2x$! Outros dizem saber bem que a área de um triângulo é πr^2 ! Outros (de Geografia) dizem que a Austrália foi colonizada pelo Império Austro-Hungaro, etc., etc.

[4] Informação justificando e esclarecendo melhor estas propostas pode ser obtida em <http://www.ci.uc.pt/pessoal/vlobo>, ou em

Victor M.M. Lobo (A albanização do ensino em Portugal), *Jornal Público*, 97.07.19; Victor M.M. Lobo (Algumas ineficiências do ensino em Portugal), *Jornal Público*, 97.08.28;

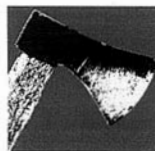
Victor M.M. Lobo (Escolas profissionais), *Jornal Público*, 97.12.09; Victor M.M. Lobo (A "ideologia ensinista" e os exames do 12.º ano), *Diário de Coimbra*, 98.06.02; Victor M.M. Lobo (A educação está a ser um colossal embuste), *Diário de Coimbra*, 98.06.16; Victor M.M. Lobo (Algumas considerações sobre a carreira docente do ensino secundário), *Diário de Coimbra*, 98.09.15; Victor M.M. Lobo (O ensino secundário e os regimes políticos), *Diário de Coimbra*, 98.07.29; Victor M.M. Lobo (Nível de conhecimentos para entrar na Universidade), *Diário de Coimbra*, 98.06.24; Victor M.M. Lobo (Gestão das Universidades), *Diário de Coimbra*, 98.07.15; Victor M.M. Lobo (A utilidade dos diagramas de Lewis no ensino da química),

Bol. Soc. Port. Quim. 70, 13 (1998); Victor M.M. Lobo (A degradação no ensino), *Diário de Coimbra*, 98.12.21; Victor M.M. Lobo (Professores e examinadores), *Diário de Coimbra*, 99.01.07; Victor M.M. Lobo (O ensino e a livre escolha de disciplinas), *Diário de Coimbra*, 99.01.25; Victor M.M. Lobo (Propostas de alteração no sistema de ensino), *Diário da República*, II Série, n.º 17 de 99.01.21, página 829; Victor M.M. Lobo (Os "Exames" do 12º Ano), *Diário de Coimbra*, 01.10.12; Victor M.M. Lobo (A falta de conhecimentos básicos dos alunos do 12º ano), *Diário de Coimbra* 01.12.10; Victor M.M. Lobo (A nefasta artificialidade das provas de "exame" do 12º ano) *Química (Bol. SPQ)* Vol. 83, Out-Dez 2001, p. 73-75.

Retsch



Moinhos



Agitadores de peneiros/peneiros



Divisores de amostras



Análise granulométrica automática CAMSIZER / CRYSTALSIZER



Peça-nos o contacto do agente mais próximo, através dos telefones:

21-352 72 93

22-618 42 32

O Importador Exclusivo

LISBOA

PORTO

Campo Mártires da Pátria, 109

Rua do Vilarinho, 1235 • 4100-517, Porto

<http://www.en-equipamentos.pt>

Olimpíadas de Química

júnior

8^o e 9^o anos de escolaridade

Este ano, a nível nacional !!

9 de Abril de 2005

**Informações e inscrições
até 15 de Fevereiro de 2005:**

Aveiro
DQ - UA
Paulo Ribeiro Claro
olimpiadas@dq.ua.pt
Tel: 234 401 538
Fax: 234 370 084

Braga
DQ - UM
Teresa Ramalho
tramalho@quimica.uminho.pt
Tel: 253 604373
Fax: 253678983

Coimbra
DQ - UC
Sérgio Seixas Melo
sseixas@ci.uc.pt
Tel: 239852080/854463
Fax: 239 827703

Covilhã
DQ - UBI
Helena Bandeira
bandeira@ciunix2.ubi.pt
Tel: 275319730
Fax: 275319730

Évora
DQ - UEvora
António Manuel Neto Vaz
nvaz@uevora.pt
Tel: 266745311
FAX: 266745394

Faro
DQ - UAlg
Ana Rosa Garcia
argarcia@ualg.pt
Tel: 289 800 905
Fax: 289 819 403

Funchal
DQ - UMadeira
Helena Figueira da Silva
quimica@uma.pt
Tel: 291 705100
Fax: 291 705149

Lisboa
IST, ITQB, DQ-UL, DQB-UNL
(Sede da SPQ)
geral@spq.pt
Tel: 21 793 4637
FAX: 21 795 2349

Porto
DQ - UP
Maria das Dores Ribeiro da Silva
mdsilva@fc.up.pt
Tel: 226082794
Fax: 226082959

Vila Real
DQ - UTAD
Lucinda Reis
quimica@utad.pt
Tel: 259 350 273
Fax: 259 350480

Química e Desenvolvimento sustentável

QV, QUIVES, QUISIS

ADÉLIO A. S. C. MACHADO*

Resumo

Apresenta-se uma reflexão sobre as relações entre a Química e o Ambiente ao longo do século XX, que começaram pela Geoquímica e conduziram à Química Verde (QV), e aponta-se a preocupação actual de ligar a Química ao Desenvolvimento Sustentável (ou Sustentabilidade)

– traduzida pela introdução muito recente da Química Verde e Sustentável (QUIVES) ou Química Sustentável (QUISIS). Discutem-se sumariamente as dificuldades de pôr em prática uma Química Industrial compatível com a Sustentabilidade e fazem-se algumas reflexões sobre a estratégia de ensino da Química para este fim.

Química, Ambiente e Química Verde

Um das grandes áreas multidisciplinares do conhecimento que merece presentemente muito interesse é a da *Química e Ambiente*, que versa as relações entre o Ambiente e a Química, especialmente a química que tem origem antropogénica – a química das substâncias provenientes da actividade da Química Industrial. Quando se estudam as ligações entre a Química e o Ambiente, podem-se discernir diversas posturas, distinguidas pelas diferentes preposições que podem ser usadas para exprimir a ligação entre as duas palavras, nomeadamente:

1) *Química do Ambiente*: o estudo dos modos de existência das substâncias químicas no ambiente, dos processos por que se formaram, do seu comportamento e mobilidade, das reacções em que intervêm, etc. Classicamente, esta química restringia-se às substâncias naturais e designava-se por *Geoquímica*, mas o alcance deste estudo alargou-se muito quando se começou a incluir nele as substâncias de origem antropogénica que se lançavam ou iam parar ao ambiente (poluentes e resíduos), em consequência da actividade industrial crescente.

2) *Química no Ambiente*: embora a diferença para o anterior seja subtil, este termo sugere uma maior conotação com substâncias lançadas no ambiente pela actividade humana, em especial a decorrente da Química Industrial, e o modo como se transformam nele – quando se desenvolveu muito, a Química Industrial acarretou a presença no ambiente de muitas novas substâncias sintéticas e fez emergir uma "nova química" a ocorrer **no** ambiente. Com este sentido, também se usa trivialmente o termo *Química Ambiental*.

3) *Química para o Ambiente*: este termo, em contraste com os anteriores, transmite uma ideia de esforço deliberado para protecção do ambiente por parte de quem pratica a química – procurar que esta seja realizada de modo a conservar o ambiente, por exemplo, com limitação ou, preferivelmente, impedimento da dispersão de poluentes e contaminantes tóxicos por parte da Química Industrial e actividades a jusante (por exemplo, por retenção e confinamento, de modo a impedir a disseminação de poluentes e resíduos, e seu eventual tratamento químico apropriado); e mesmo, actuar mais directa e activamente

sobre o ambiente por via química, por exemplo estabelecendo e pondo em execução processos químicos para a remoção de poluentes e contaminantes nele espalhados.

No âmbito da *Química para o Ambiente*, o esforço superlativo de protecção do ambiente é de natureza proactiva – consiste em praticar a química de tal forma que evite a produção de poluentes e resíduos tóxicos, o uso alargado de substâncias perigosas para a saúde humana e dos restantes seres vivos, etc, em vez de ter de remediar *a posteriori* os efeitos nocivos dos mesmos, por exemplo, por retenção de substâncias nocivas à saída das fontes, seguida de tratamento e deposição segura no ambiente. Este tipo proactivo de *Química para o Ambiente* é que constitui a:

4) *Química Verde (QV)*: este termo refere-se à prática da química, nomeadamente da Química Industrial, com objectivos de obter *a priori* protecção intencional do ambiente e da saúde da biosfera, incluindo os humanos, por exemplo: (i) fabricar e lançar no mercado para utilização apenas substâncias que não sejam nocivas para a saúde humana e dos restantes seres vivos, e que não deteriorem o ambiente; (ii) usar processos de fabrico de substâncias

*LAQUIPAI, Faculdade de Ciências, R. do Campo Alegre, 687, 4169-007 Porto (amachado@fc.up.pt)

que não dispersem poluentes nem produzam resíduos tóxicos, que acabam quase sempre por ter de ser depositos no ambiente; (iii) usar preferencialmente como matérias primas substâncias provenientes de recursos naturais renováveis, de modo a poupar os recursos não renováveis; (iv) usar preferivelmente energias renováveis, etc. Os dois últimos objectivos fazem sentir o problema de a Química ter de ir buscar ao Ambiente os ingredientes físicos com que é feita (a matéria e a energia) – ou seja, acrescentaram à relação **Química e Ambiente** a relação inversa, **Ambiente e Química** (e evidenciam que a relação é biunívoca).

O trajecto implícito nas ideias anteriores e resumido esquematicamente na figura 1, da Geoquímica, que surgiu nos princípios do Séc. XX¹, até à Química Verde, que emergiu há cerca de uma década², levou cerca de um século a ser percorrido. Este facto é mais um exemplo de que o processo de aquisição de conhecimento e a sua utilização prática pelo Homem é lento e, às vezes, doloroso – frequentemente o conhecimento que vai sendo obtido é parcial e incompleto, e o futuro traz a necessidade de o complementar, rever e corrigir (a crescente especialização científica também tem contribuído para acentuar este tipo de problemas: o especialista num campo tem muitas vezes dificuldade em apreciar as implicações do novo conhecimento adquirido nos outros campos). A aquisição de saber e a sua aplicação técnica é um processo dinâmico, não linear, frequentemente caótico, mas esta característica é quase sempre ignorada quando se ensina ciência e tecnologia – estas são apresentadas "muito arrumadinhas", a evoluir para a frente, sem curvas, de forma determinística, etc., o que contribui para distorcer a mente do formando quanto à percepção e compreensão do que se passa no mundo real, afinal o objectivo primitivo e fundamental da ciência (ver também Conclusões no fim).

Química e Desenvolvimento Sustentável

Em duas conferências recentes^{3,4}, a designação Química Verde foi alterada no

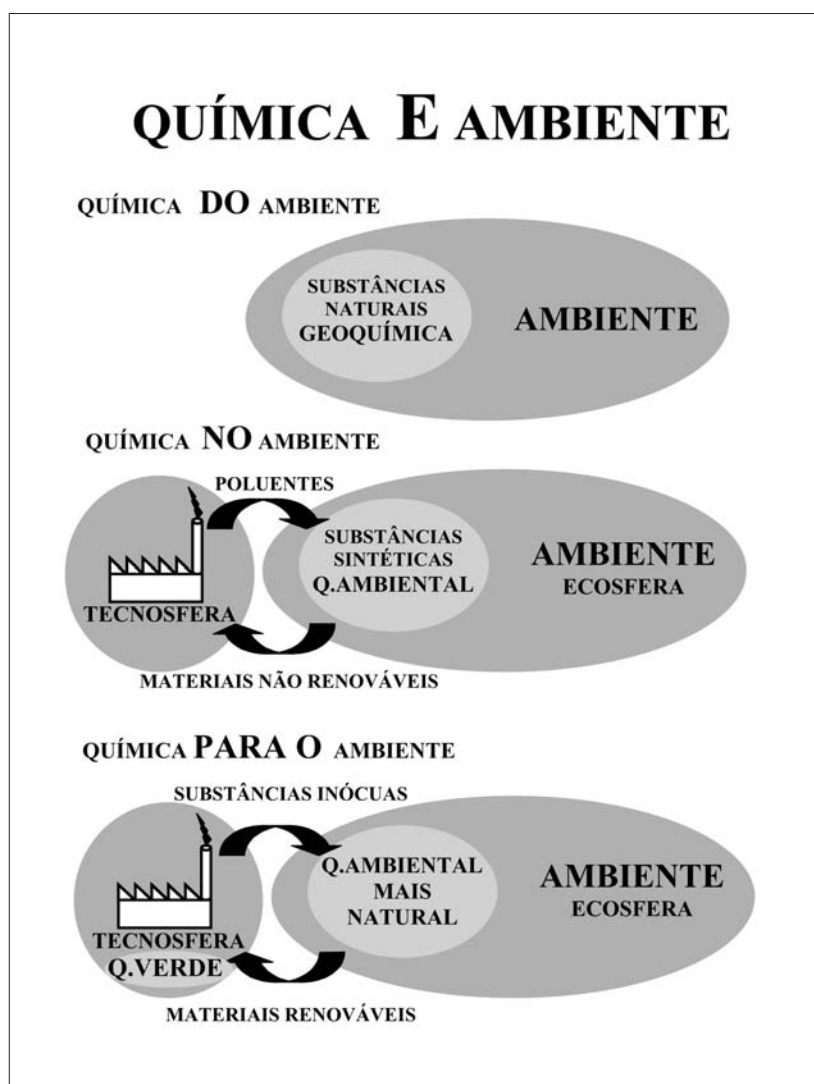


figura 1 Da Geoquímica à Química Verde

sentido de vincar a importância da Química Industrial para a Sustentabilidade, tendo sido propostas duas novas designações alternativas. Em 2003, foi proposta uma mudança de designação da Química Verde para *Química Verde e Sustentável*, implícita no nome escolhido para a Primeira Conferência sobre Química Verde e Sustentável, realizada em Tóquio em 2003^{3,5}. A mudança proposta é oportuna porque vinca o papel fulcral das ideias base do Desenvolvimento Sustentável em todos os campos da actividade humana e, especialmente, faz sobressair a importância da Química e da Engenharia Química para a sua perseguição. Este aspecto é salientado na chamada "Declaração de Tóquio" subscrita e divulgada pelos participantes do referido congresso (ver Caixa 1, tradução do texto da Declaração transcrito em⁶).

Em português, o acrónimo para **Química Verde** e **Sustentável** seria naturalmente QVS, mas, numa época em que os acrónimos são tão abundantes que se prestam a confusões, poderá ser mais sugestivo usar uma abreviatura menos compactada, por exemplo, **QUIVES**.

Já no presente ano (2004), teve lugar na Alemanha (Dassau), sob os auspícios da OCDE e de diversas organizações estatais daquele país, uma workshop (Sustainable Chemistry – Integrated Management of Chemicals, Products and Processes)^{4,6} em cujo título a Sustentabilidade e a Química surgem mais explicitamente associadas: **Química Sustentável** (acrónimo QS ou talvez melhor, pelas razões apontadas, **QUISUS**). O alcance desta workshop, que, como a de Tóquio, envolveu não só académicos como quadros industriais e governamentais, era

mais amplo do que o da anterior – o objectivo fundamental era discutir as relações da Química Industrial com a Sustentabilidade não só em termos científicos e técnicos mas também económico-sociais. Mais precisamente, a QUISUS visa globalmente a gestão integrada dos produtos e dos processos quí-

micos, no que respeita quer à produção quer à utilização, de modo a compatibilizar de modo definitivo a Química Industrial com o Ambiente, num horizonte temporal alargado no futuro – ou seja compatibilizar a Química com o Desenvolvimento Sustentável. Dada a enorme variedade de compostos químicos fabri-

cados pela Indústria Química e dos modos como estes são utilizados, este objectivo global envolve uma mudança drástica da trajectória seguida presentemente pela Química Industrial – e, por isso, é extremamente complexo. A sua implementação exigirá uma reflexão profunda sobre: (i) o percurso a estabelecer, que terá de ser explorado, já que é ainda quase totalmente desconhecido; e (ii) as sucessivas etapas evolutivas a concretizar para avançar com segurança ao longo dele. Na Caixa 2, sugerida pela estrutura das sessões da workshop, apresenta-se uma visão muito sumária dos fundamentos dos problemas ambientais actuais da Química Industrial, que é preciso resolver para se conseguir avançar para o desenvolvimento prático da QUISUS.

Em suma, estas conferências introduziram novas designações:

5) *Química (Verde e) Sustentável (QUIVES ou QUISUS)*: estes termos são variantes de Química Verde, que focam mais a necessidade de a Química ser praticada de modo a contribuir para colocar a civilização industrial na rota do Desenvolvimento Sustentável, para o que tem de ser ela própria sustentável – o termo põe ênfase acrescida nos objectivos (iii) e (iv) da alínea 4) acima e acrescenta-lhes outros, por exemplo: (v) usar como matérias primas para a produção de substâncias os resíduos formados na preparação de outros compostos. Esta atitude pressiona a Química Industrial a praticar a Ecologia Industrial e a Engenharia Químico-Industrial a integrar-se na Engenharia da Sustentabilidade.

Caixa 1

Declaração de Tóquio (2003) sobre Química Verde e Sustentável (QUIVES)

Presentemente, a química e a tecnologia química são o pilar da nossa moderna civilização, porque suprem muitas das necessidades vitais da sociedade e proporcionam numerosos benefícios à humanidade. A contribuição da química para a vida das pessoas no século XXI continuará a ter um largo alcance e a envolver uma grande variedade de modos de actividade positivos. No entanto, para satisfazer este papel, reconhece-se que é da maior importância que a química e a tecnologia química sejam seguras, úteis e desfrutem da confiança das pessoas. Além disso, o respeito pelo ambiente e a atenção à disponibilidade limitada de recursos materiais e de energia têm de passar a ser componentes integrais do planeamento, desenvolvimento e aplicação das tecnologias químicas. Esta é, aliás, uma questão comum a todas as ciências neste terceiro milénio.

A Cimeira Mundial sobre o Desenvolvimento Sustentável realizada em 2002 em Joanesburgo, na sequência da Cimeira da Terra realizada em 1992 no Rio de Janeiro, definiu como uma prioridade a divulgação do progresso para a Sustentabilidade, e assumiu um forte compromisso de protecção da saúde, da segurança e do ambiente. A responsabilidade social foi também evocada como um contributo para o bem-estar das nações.

A QUIVES pode dar uma contribuição importante para a sociedade sustentável e proporcionar uma base para se trabalhar na procura de um futuro sustentável. A Sustentabilidade só poderá ser atingida se for promovida, com determinação e a uma escala global, por toda as pessoas associadas com a química e a tecnologia química. A QUIVES desempenhará um papel importante no esforço vital para encontrar soluções reais para melhorar e proteger quer a saúde humana quer a Terra que todos compartilhamos, pois proporciona as ferramentas necessárias para estabelecer um novo paradigma de prática da química.

As actividades da QUIVES deverão ser dirigidas à educação, investigação e desenvolvimento. A educação em QUIVES deverá embutir nos cientistas jovens as competências éticas e práticas requeridas para reorientar a tecnologia química no sentido da Sustentabilidade. A I&D em QUIVES visará implementar processos, produtos e métodos que minimizem os efeitos adversos das substâncias químicas, ao longo de todo o seu ciclo de vida, sobre a saúde humana e o ambiente. Esta atitude vinculará o máximo esforço possível ao desenvolvimento de práticas de gestão de risco com base científica para a fundamentação do Desenvolvimento Sustentável. A Conferência de Tóquio (2003) sobre QUIVES visa acelerar a conjugação de todos os sectores, incluindo quer a indústria, a academia e os organismos governamentais, quer as organizações não governamentais e internacionais, no sentido de coordenarem as suas actividades e compartilharem as suas competências globalmente. Esta atitude permitirá atingir o máximo nível de concretização do Desenvolvimento Sustentável.

Dificuldades na Prática da Química Verde

Sem pôr em causa o valor propagandístico das novas designações propostas e seus acrónimos (QUIVES e QUISUS), para dar bom exemplo de poupança de recursos (de escrita!), passa-se a usar o nome e abreviatura "clássicos" – Química Verde (QV).

A QV é uma nova visão da química, em que se abana a maturidade atingida por este ramo de conhecimento científico ao

longo do século XX e se persegue o seu rejuvenescimento com vista a: (i) eliminar os efeitos nocivos para o ambiente e a saúde ecológica e humana da preparação e utilização dos numerosos produtos fabricados pela Indústria Química; e (ii) permitir a recuperação da aceitação da química pela sociedade. Para isso, põe-se em causa as práticas estabelecidas que implicam danos para o ambiente (por exemplo, o uso liberal de solventes como meio de reacção e em separações, muitos dos quais são tóxicos e inflamáveis, o uso de grupos protectores nas vias de síntese, que implicam a introdução nestas de etapas adicionais de introdução e posterior remoção de tais grupos, com produção acrescida de resíduos, etc.), introduzem-se novas métricas de avaliação da química sintética com respeito à benignidade ambiental (por exemplo, a economia atómica, que mede a extensão em que os átomos aportados pelos reagentes de uma reacção são incorporados no produto desejado, não indo parar a produtos residuais indesejados), etc. – enfim, procura-se delinear e concretizar um novo estilo de fazer a Química Industrial que a torne tão compatível quanto possível com o ambiente e a biosfera, mais precisamente, com a saúde e o bem estar dos humanos e a persistência sustentada da civilização no futuro. Em termos muito gerais, a estratégia global desta mudança é traduzida pelos chamados "Doze Princípios da Química Verde" (ver Caixa 3)^{2,7}.

A perseguição da QV envolve simultaneamente vários aspectos: (i) a definição das características específicas da química com relevância para a Sustentabilidade; (ii) a determinação de métodos, critérios e indicadores (métricas) que permitam avaliar a actividade da química do ponto de vista da Sustentabilidade; (iii) o estabelecimento de ferramentas que permitam a implementação de novos modos de praticar a Química Industrial que respeitem a Sustentabilidade, etc. Considerando, por um lado, a complexidade intrínseca da Química Industrial e, por outro, que tem de contribuir para uma economia dinâmica e competitiva, inevitável no regime de globalização em vigor, a QV tem de ser construída sobre uma base alargada de

Caixa 2

Problemas fundamentais da implementação da QUÍMICA

PASSADO: QUÍMICA INDUSTRIAL

A Química Industrial foi sendo desenvolvida sem a otimizar com respeito ao ambiente e à biosfera

Sabe-se o que se fabrica (a nível das empresas, nem tanto a nível global), mas... não se sabe o suficiente sobre os perigos e riscos quanto a efeitos no ambiente, biosfera e saúde humana (incluindo saúde ocupacional) do que se fabrica

Sabe-se o que se faz, mas... não se sabe o que se pode fazer melhor

Usa-se o que se necessita, mas... não se sabe se de facto se necessita daquilo que se usa

FUTURO: QV, QUIVES, QUÍMICA

Tem de se fazer o redesign da Química Industrial com vista à Sustentabilidade

Sabe-se qual é a meta final a atingir, mas... não se sabe como alcançá-la

conhecimento. A sustentabilidade da QV tem uma dupla dimensão: (i) em termos actuais, a da própria química, posta presentemente em causa pela sociedade porque ao longo do século XX fabricou variados compostos responsáveis por problemas ambientais, ecológicos, de saúde humana, etc. – cuja tomada de consciência tem vindo a afastar as pessoas da química; e (ii) em termos futuros, a da própria Sustentabilidade – não pôr em causa a sobrevivência das gerações vindouras – já que, presentemente, a química e actividades afins são directa ou indirectamente responsáveis por grandes perturbações nocivas do ambiente (por exemplo, extracção e consumo acelerado de recursos naturais não renováveis, dispersão global de espécies tóxicas, etc.). A respeito deste último ponto, é curial lembrar que a Cimeira Mundial para o Desenvolvimento Sustentável de Joanesburgo (2002) incluiu nos objectivos a perseguir a minimização dos impactos negativos dos produtos químicos na saúde humana e ambiental, numa etapa a concretizar até 2020.

Para se conseguir avançar para a QV, os seus introdutores começaram por preconizar uma forte acção de propaganda, de formação a nível de ensino da química, de divulgação das suas vantagens económicas a nível industrial, etc., de modo a conseguir a sua aceitação voluntária pelas empresas industriais que

fabricam produtos químicos, pelas que os utilizam, pelo público em geral, etc. Mais recentemente, tem ganho importância a ideia de que são também necessárias medidas legislativas e regulamentares para induzir a indústria a incrementar a utilização da QV, embora a via legislativa, por si só, também não assegure a mudança de estilo da prática da Química Industrial. Mais importante que tudo, será procurar estabelecer sinergias **económico-ecológicas** (em linguagem química, **eco₂-sinergias!**) – usar a QV para conjugar vantagens económicas, por exemplo, aumento de competitividade da Indústria Química, com benefícios ambientais e ecológicos, o que pode ser conseguido por diversas vias, por exemplo por diminuição da produção de resíduos. Produzir resíduos significa produzir prejuízos porque envolve perda de átomos das matérias primas, gastos adicionais no seu tratamento e deposição, etc. Claro que, para contribuir para a Sustentabilidade, a QV tem de ser praticada a nível global – por exemplo, não poderão ser exportados processos menos limpos para os países em desenvolvimento.

Dispersão de substâncias químicas no ambiente. Nos tempos que correm é praticamente impossível abordar a QV sem considerar a legislação e regulamentação sobre o fabrico e uso dos produtos químicos e sua dispersão ambiental e, prin-

Caixa 3**Os Doze Princípios da Química Verde****Prevenção**

É melhor prevenir a formação de resíduos do que ter de tratá-los, depois de se terem criado, para eliminar as suas propriedades tóxicas

Economia atómica

Os métodos sintéticos devem ser planificados de modo a maximizar a incorporação no produto final de todas as substâncias usadas ao longo do processo

Sínteses menos perigosas

Sempre que possível, os métodos sintéticos devem ser planificados de modo a usar e produzir substâncias não tóxicas (ou pouco tóxicas) para a saúde humana e a ecossfera

Planificação a nível molecular de produtos mais seguros

Os produtos químicos devem ser planificados a nível molecular de modo a cumprir as funções desejadas e a minimizar a sua toxicidade

Solventes e outras substâncias auxiliares mais seguras

O uso de substâncias auxiliares (solventes, agentes para promover separações, etc) deve ser evitado sempre que possível; quando usados, esses agentes devem ser inócuos

Planificação para conseguir eficiência energética

Deve-se reconhecer os impactos económicos e ambientais dos requisitos energéticos dos processos químicos e minimizá-los; quando possível, os métodos sintéticos devem ser realizados à temperatura e pressão ambientais ou próximas destas

Uso de matérias primas renováveis

Sempre que for técnica e economicamente praticável, devem-se usar matérias primas e recursos renováveis de preferência a não renováveis

Redução das derivatizações

Devem-se minimizar ou, se possível, evitar derivatizações (uso de grupos bloqueadores, de passos de protecção/desprotecção, e de modificações temporárias na molécula para permitir processos físicos/químicos) porque tais etapas requerem reagentes adicionais e podem produzir resíduos

Catalisadores

Devem-se preferir reagentes catalíticos (tão selectivos quanto possível) a reagentes estequiométricos

Planificação para a degradação

Os produtos químicos devem ser planificados a nível molecular de modo que no fim do seu uso não persistam no ambiente e se decomponham em produtos de degradação inócuos

Análise para a prevenção da poluição em tempo real

Deve-se procurar usar métodos analíticos que permitam monitorização directa dos processos de fabrico em tempo real e controlo precoce da formação de substâncias perigosas

Química inerentemente mais segura quanto à prevenção de acidentes

As substâncias usadas e as formas da sua utilização nos processos químicos de fabrico devem minimizar o potencial de ocorrência de acidentes químicos, tais como fugas, explosões e incêndios

principalmente, as estratégias que servem de base a essa legislação. Estas têm de conduzir a situações de balanço equilibrado entre requisitos de natureza diversificada – ambientais e ecológicos, mas também económicos e sociais. Por exemplo, se é preciso eliminar o uso de produtos químicos perigosos e substituí-los por benígnos, a substituição tem de ser economicamente viável, não pode afectar o nível de emprego, etc. Dada a variedade de produtos químicos em fabrico e utilização, e a complexidade e inércia da Indústria Química, a adopção da QV tem de ser feita gradualmente, mediante um processo evolutivo – um dos desafios a vencer é arranjar ferramentas simples e praticáveis para, em cada caso, definir prioridades e escolher a alternativa a seguir de entre as possíveis.

Na prática, é necessário dividir e classificar os produtos químicos com vista a definir opções para a sua gestão com respeito aos riscos que provocam – por exemplo, na figura 2, apresenta-se um modelo de hierarquização dos produtos químicos para servir de base à sua classificação. Os produtos mais desejáveis são os (i) *inerentemente seguros*, que não envolvem riscos a qualquer nível; a seguir, os de (ii) *aplicação segura*, que não envolvem riscos na sua aplicação e para o ambiente (no pós-uso), mas apenas no seu fabrico – envolvem, por exemplo, problemas de saúde ocupacional dentro da fábrica, onde podem ser mais facilmente controlados, embora este controlo exija conhecimento específico e tenha custos (as pequenas empresas têm em geral mais dificuldade em lidar eficazmente com estes problemas); finalmente, os produtos de (iii) *uso condicionado*, que envolvem riscos não só no fabrico como na aplicação – como os operadores da aplicação dos produtos químicos de utilização alargada são numerosos, dispersos e difíceis de treinar e aconselhar, a aceitação de produtos deste tipo é quase sempre problemática (veja-se, por exemplo, o elevado número de acidentes ocorridos na aplicação de pesticidas e o seu uso para fins indevidos – assassínios, suicídios, etc.). É claro que não são aceitáveis produtos químicos que provoquem efeitos maléficis residuais quando se dispersam no ambiente, no pós-uso – por

exemplo, os produtos químicos só são compatíveis com a Sustentabilidade se não exibirem as chamadas características PBT (de **P**ersistência, **B**ioacumulação e **T**oxicidade). E é ainda mais claro que os produtos químicos cuja utilização implica dispersão intencional (por exemplo, fertilizantes e produtos sanitários usados na agricultura) terão de ser objecto de controlo muito apertado – por exemplo, terão de ser degradáveis rapidamente, pouco solúveis em água para impedir o transporte pela água das chuvas, pouco voláteis para impedir o espalhamento pela atmosfera, não deverão ter toxicidade generalizada para a biosfera (um problema delicado, porque o objectivo de um pesticida, insecticida, etc., enfim, de um *biocida*, é justamente ser tóxico para uma espécie ou grupo de espécies, e a especificidade tóxica é difícil de conseguir), etc. Para não impedir o desenvolvimento e lançamento no mercado de novos produtos químicos, a tradução destas e de outras limitações num número crescente de restrições legais exige uma nova abordagem no design de novos compostos mais benignos para satisfazer às limitações acrescidas.

Na prática, dada a situação actual quanto ao fabrico e uso de produtos químicos, a via legislativa parece essencial para se conseguir a substituição e eliminação das substâncias perigosas – por causa da complexidade da Química Industrial, mesmo com informação intensiva, a consciencialização e autorregulação dos fabricantes e utentes é insuficiente para a conseguir com alcance satisfatório (embora as acções voluntárias sejam importantes). A UE tem em discussão uma nova política de controlo dos produtos químicos, conhecida pelo acrónimo **REACH** (ver significado na figura 3), cuja proposta inicial foi criticada pelas associações industriais da Química Industrial, por ser demasiado incisiva em termos ambientais e ecológicos e deprimente em termos económicos e sociais – afectará a viabilidade económica do fabrico, na Europa, de certos produtos, vigentes ou novos, empobrecendo a Química Industrial da UE, e podendo pôr em causa a saúde económica das empresas, o emprego, etc. Será desejável que a versão final do REACH envolva um balanço exequível

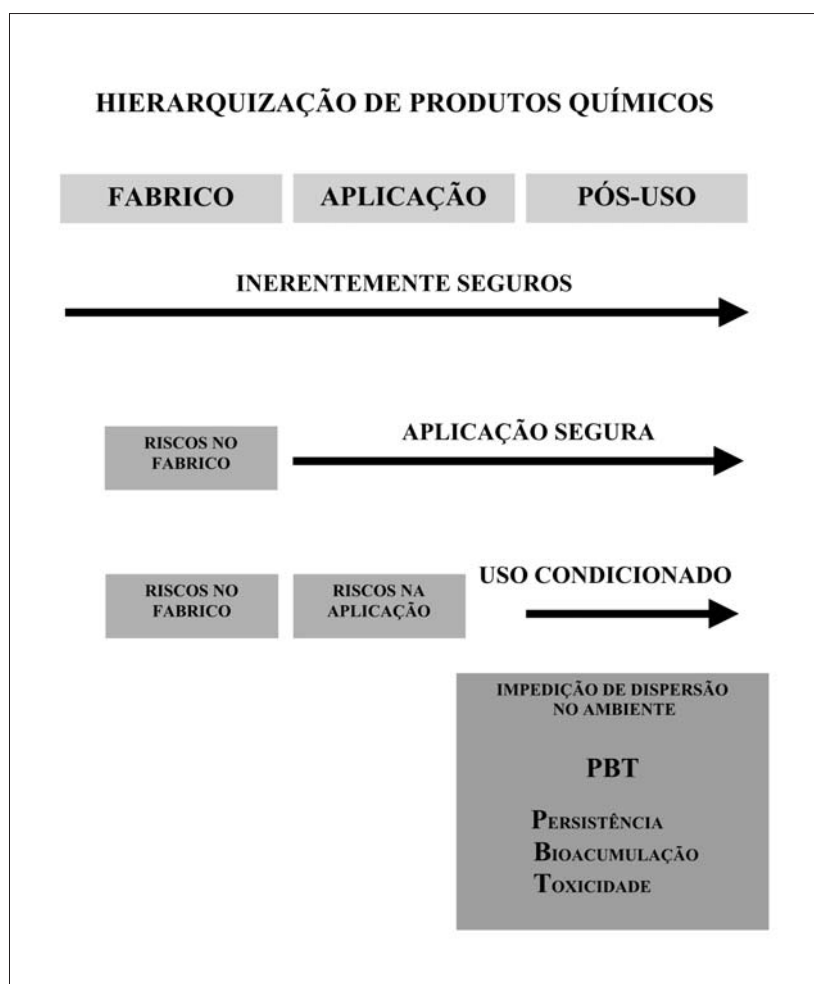


figura 2 Hierarquização dos produtos químicos para a sua classificação para fins de gestão ambiental

no presente, situado numa trajectória que permita um deslocamento progressivo para a Sustentabilidade no futuro.

Em suma, o problema da eliminação do fabrico das substâncias perigosas não é um problema estritamente químico, mas sim um problema global da sociedade industrializada, porque é extremamente complexo (provavelmente tão complexo como o do aquecimento global – ambos mexem com o "funcionamento" da civilização industrial). A sua resolução ou minoração exige suporte legislativo mas também formação dos jovens químicos especificamente dirigida à Sustentabilidade, divulgação intensa de informação, bem como incentivos a acções voluntárias por parte das empresas e do público em geral (que, porém, só terão resultados a médio prazo).

Produtos e processos de produção.

Para se conseguir que a Química Industrial suporte a Sustentabilidade será ne-

cessário adoptar uma Política Integrada de Produto (IPP, de "Integrated Product Policy"), desde o design até ao mercado, passando pela produção. O papel do mercado é muito importante – a produção de produtos químicos sustentáveis só pode aumentar se a sua quota de mercado aumentar, pelo que as forças de mercado, o comportamento, percepções e o papel crítico do público, a sua informação, etc., têm um papel tão importante na mudança como os aspectos técnicos e económicos. A integração exige que se considere globalmente todo o ciclo de vida do produto na análise dos efeitos sobre a Sustentabilidade – exige a *avaliação do ciclo de vida* (LCA, de "Life Cycle Assessment") do produto com respeito às implicações ambientais do mesmo, bem como a *análise dos fluxos de materiais* (MFA, de "Material Flow Analysis") do processo de fabrico, para controlo do metabolismo das substâncias químicas ao longo do mesmo, com

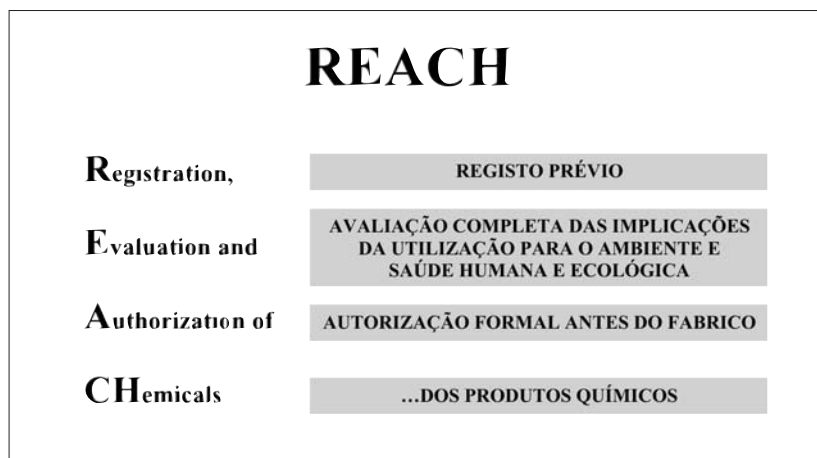


figura 3 REACH: o acrónimo da nova política da UE para os produtos químicos (em discussão)

vista a obter a conservação dos recursos naturais a nível global (a figura 2 não traduz o ciclo de vida completo de um produto químico – ignora o aprovisionamento das matérias primas a montante de fabrico). A integração envolve dimensões económicas, ecológicas e sociais, além das técnicas e tecnológicas – e deve estender-se a todos os participantes da cadeia de valor do produto.

Em termos gerais, é possível definir características gerais que os processos de produção industrial de substâncias químicas devem ter para serem compatíveis com a Sustentabilidade (ver a Caixa 4) – embora nem sempre seja fácil e imediato estabelecer processos com essas características para substituir os vigentes. Não se pretende discutir sistematicamente a Caixa 4, que aliás não é exaustiva, mas vale a pena apresentar alguns exemplos do muito que se pode fazer. Quanto à redução do dispêndio de recursos naturais, deve-se procurar substituir as matérias-primas não renováveis por renováveis – presentemente, a quota destas últimas é inferior a 10%, podendo duplicar ou triplicar a médio prazo. Quanto aos processos de síntese de compostos químicos, deve-se privilegiar o uso de vias sintéticas inovadoras com base em catalisadores e biocatalisadores (biotecnologia) em detrimento de reacções envolvendo reagentes estequiométricos, impulsionar a eliminação ou substituição de solventes tradicionais por outros menos perigosos, etc. Quanto ao modo de produção, a substituição de reactores macroscópicos por baterias de microrreactores parece muito promissora para aumentar a eficácia da In-

dústria Química sob diversos pontos de vista, incluindo a protecção ambiental.

Uma questão importante a considerar é a rapidez com que as novas tecnologias sustentáveis podem ser introduzidas – mesmo quando viável, a introdução de uma tecnologia inovadora é frequentemente lenta. Dada a complexidade da Química Industrial, é difícil dar uma resposta geral à questão. Além da omnipresente dificuldade de prever os efeitos das mudanças drásticas, dada a imprevisibilidade decorrente da sua incerteza intrínseca, há diversos factores importantes que travam a evolução para novas tecnologias sustentáveis (ver exemplos na Caixa 5). Por exemplo, no que respeita ao tempo de introdução no mercado, quando se contempla o fabrico de um novo produto químico, a tendência é para preferir um processo razoavelmente bem estabelecido para produtos similares, embora não muito limpo, que possa ser implementado rapidamente, a um processo presumivelmente mais sustentável mas que, para ser inovador, requer I&D e será mais demorado a montar. Para alterar esta situação, será necessária uma estratégia que envolva quer a definição das vias mais importantes para a transição pragmática da química tradicional para a QV, quer propaganda que permita adquirir a inércia positiva suficiente para ultrapassar as barreiras de natureza cultural, técnica, etc., que sempre se opõem à mudança.

Ensino da Química Verde

Para se conseguir uma adopção voluntária da QV pela Indústria Química e afim, o ensino da química terá de incluir

ideias mais amplas e profundas sobre a Sustentabilidade e as suas implicações no domínio da química, quer básica (compostos e sua síntese) quer tecnológica (design e gestão dos processos) – e o embutimento activo na mente dos estudantes de modos de pensar e agir compatíveis com a Sustentabilidade.

Presentemente, dado o conhecimento sobre a QV ser ainda difuso, o seu ensino passa, talvez mais do que por mudanças de estratégias globais do ensino da Química e da Engenharia Química, pela instilação nas matérias ensinadas, a todos os níveis, dos princípios da QV, exemplificando a sua necessidade, possibilidades e vantagens da sua aplicação, bem como na apresentação de ferramentas para a sua implementação, de casos de sucesso, etc. Na Caixa 6 exemplificam-se alguns dos aspectos que devem ser incluídos neste esforço para desenvolver aptidões para o design de compostos e materiais e de processos de respectivo fabrico mais sustentáveis. É também importante a inclusão nos cursos de matérias vulgarmente não ensinadas nos cursos tradicionais, que alarguem a compreensão pelos estudantes das realidades ambientais, por exemplo: Sustentabilidade, monitorização e detecção ambiental, transporte e destino ambiental dos compostos químicos, toxicologia, política e legislação ambiental, etc.

O ensino da QV deve, sobretudo, imbuir nos alunos novas maneiras de pensar e executar – é sobretudo fundamental deixar bem interiorizada a ideia de que se tem de atender a *objectivos múltiplos*. Por exemplo, no que respeita ao modo de realizar a síntese de compostos, a

ideia de que tem de maximizar não só rendimentos e selectividades como também a incorporação dos átomos no material desejado, o embutimento de benignidade intrínseca nos compostos e respectivos processos de fabrico, etc. Também se tem de atender à importância económica da legislação e regulamentação ambiental. Por exemplo, o uso de reagentes perigosos e sujeitos a regulamentação numa síntese industrial exige precauções que custam dinheiro e a sua substituição por reagentes inócuos tem vantagens económicas – nos tempos que correm, muitas vezes, são as componentes regulamentares e ambientais que decidem se uma via de síntese é ou não economicamente viável.

A educação em QV será também particularmente importante para os engenheiros químicos que se dedicarem ao desenvolvimento de processos – design, projecto e construção da engenharia necessária para preparar compostos à escala industrial. As sucessivas fases do desenvolvimento do processo, uma actividade complexa realizada por iterações sucessivas, devem ser cumpridas com "mentalidade verde" – para se obter *Engenharia Química Verde*, tem de se praticar *design verde* do processo (tal como, a montante, no desenvolvimento da síntese, é requerido o *design verde* da molécula do produto).

Conclusões

Em conclusão, o desenvolvimento da QV consistirá em "dar uma curva apertada" no desenvolvimento da química – aplicar o conhecimento químico para mudar a prática da Química Industrial e colocá-la numa trajectória compatível com a Sustentabilidade e que permita recuperar a sua imagem e manter a sua vitalidade. Estas mudanças de trajectória foram vulgares ao longo da História, que não é linear (p.ex.³) – e a História do Conhecimento é apenas uma parte particular da História em geral.

Um exemplo comezinho da vida real ilustra bem a dificuldade de obter e aplicar o conhecimento da melhor forma. A roda era conhecida e usada em carros já na civilização mesopotâmica, acabando por ser adoptada por todas as civiliza-

Caixa 4

Características dos Produtos e Processos de Produção Sustentáveis

Recursos naturais

Reduzir o dispêndio de recursos naturais (matérias primas)
Reduzir o consumo de energia

Poluentes e resíduos

Minimizar a libertação de poluentes (para o ar e água)
Minimizar a produção de resíduos

Processos de síntese

Reduzir/eliminar a utilização de substâncias químicas auxiliares
Reduzir/eliminar a utilização de substâncias perigosas
Aumentar a selectividade e a economia atómica
Minimizar/eliminar a produção não intencional de produtos secundários

Segurança e saúde ambiental

Usar processos inerentemente seguros (quanto a acidentes)

Caixa 5

Dificuldades na Adopção de Tecnologias Sustentáveis na Indústria Química

Económicas

Custos tradicionalmente elevados das instalações industriais e sua especificidade
Necessidade de reduzir o tempo entre a decisão de fabrico e a chegada ao mercado
Inércia da indústria

Científicas e técnicas

Falta de conhecimento de base sobre novas técnicas, tecnologias, etc.
Inércia da investigação em química (métodos de síntese) e Engenharia química (design/desenvolvimento do processo)

Caixa 6

Tópicos a incluir no Ensino da Química para possibilitar a Adopção Generalizada da QV

Produto

Design molecular de compostos intrinsecamente benignos
Relações entre estrutura e a actividade

Síntese e Processo

Design de vias de síntese mais simples e directas
Eliminação/substituição de solventes
Catálise e biocatálise
Adopção de métricas dirigidas à conservação (economia atómica, etc.)
Poupança/recuperação de energia

Ambiente

Substituição de matérias-primas não renováveis por renováveis
Atenção contínua à protecção do ambiente e da saúde da biosfera
Mentalização contra o uso de substâncias perigosas

ções para poupar esforço, com excepção dos índios da América Central que, quando Colombo chegou à América, conheciam a roda mas só a usavam para brincar – faltou-lhes desenvolver o conceito de estrada (caminho de chão liso) para apreender a sua utilidade. No entanto, apesar desta utilização generalizada da roda, só há duas ou três décadas ela passou a ser aplicada nas malas – os humanos andaram cerca de 5000 anos a carregar com os seus pesados utensílios de bagagem, um merecido castigo porque lhes tinha escapado o pormenor de que estes podiam ser facilmente equipados com rodas para facilitar o seu transporte!

Este exemplo serve de metáfora útil por permitir aos químicos pedir clemência à sociedade pelo surgimento tardio da QV. Na realidade, a Química Industrial andou um século a poluir o ambiente, grande parte dele sem se ter consciên-

cia disso, porque os químicos não notaram que, com a base de conhecimento científico que ia sendo adquirida, a química podia ser feita de outra maneira – só há pouco tempo reconheceram que podiam realizá-la por modos alternativos benignos para a ecossfera. Agora que descobriram a QV, os químicos têm de convencer a sociedade de que podem mudar a situação – e fazer-lhe sentir que eles são os especialistas adequados para mudar a prática da química na direcção de perseguir e contribuir para a Sustentabilidade (o que, além do mais, tem grande valor prático – é importante para manterem o seu emprego!). Para isso, e para que a ciência e tecnologia química do futuro não continuem a provocar problemas dos tipos que emergiram no século XX e sejam compatíveis com o ambiente e a vida, têm de investigar, implementar e ensinar a QV.

Referências

1. G. Faure, *Principles and Applications of Inorganic Geochemistry*, MacMillan, N. Iorque, 1991 (p.4).
2. P.T. Anastas e J.C. Warner, *Green Chemistry – Theory and Practice*, Oxford U.P., Oxford, 1998.
3. M. Misono, GSC Tokyo 2003, *Green Chem.*, 5 (2003) G67 (número especial sobre a *First Conference on Green and Sustainable Chemistry – GSC Tokyo 2003*).
4. K.G. Steinhauser, S. Richter e J. Penning, *Sustainable Chemistry in Dassau – A Workshop Report*, *Green Chem.*, 6 (2004) G41.
5. P. Anastas e S.I. Murahashi, *GSC Tokyo Statement*, *Green Chem.*, 5 (2003) G74.
6. *Sustainable Chemistry – Integrated Management of Chemicals, Products and Processes*, in <http://www.sustainable-chemistry.com>, accedido em 2004.06.01).
7. S.K. Ritter, *Green Chemistry*, *Chem.Eng.News*, Jul 16 (2001) 27.
8. M. de Landa, *A Thousand Years of Nonlinear History*, Swerve, N. Iorque, 2000.

Actualidades Científicas

Avaliar a Qualidade do Azeite

Investigadores britânicos e italianos encetaram uma colaboração com o objectivo de desenvolver um método óptico original, baseado em nefelometria espectral, que possibilita a distinção entre azeite extra-virgem e azeite de inferior qualidade ou mesmo falsificado.

A pesquisa do especialista em fotónica Peter Smith do Departamento de Engenharia Electrónica e Eléctrica da Universidade de Loughborough, Reino Unido, e de A.G. Mignani, L. Ciaccheri, A. Ciamoto e G. Sani do CNR Instituto de Física Aplicada em Florença, e do CNR Instituto da Árvore e da Madeira em Sesto Fiorentino, Itália, inserida como parte do projecto europeu OPTIMO, teve como objectivo o desenvolvimento de uma nova técnica de dispersão de luz e de absorção que pode resultar num identificador bastante sensível. Os investigadores usaram espectroscopia de absorção e medidas de dispersão multiângulo na região do visível (designado por nefelometria espectral), comparando os resultados entre os diversos tipos de azeite. Os espectros foram analisados

através de Principal Component Analysis (PCA) possibilitando a construção de mapas tridimensionais em que os óleos foram agrupados de acordo com a região geográfica de origem. Através deste procedimento, Smith afirma que se tornou possível pela primeira vez construir uma "impressão digital" óptica que permite identificar a origem e o processo de fabrico do azeite. Esta técnica permite aos investigadores uma análise completa, fiável e de baixo custo, através da qual é possível distinguir facilmente os azeites virgens dos restantes. Por outro lado, Smith refere que esta técnica pode igualmente ser utilizada para testar a autenticidade de outros produtos alimentares, como vinho ou cerveja (*Webzine Spectral Lines* (2004) 37).

Paulo Brito

Visão radical do processo degenerativo das proteínas

A alteração de estruturas proteicas induzida por espécies radiculares é indicada como a causa provável de várias patologias, além de influenciar o processo degenerativo que decorre durante o enve-

lhhecimento. Com o conhecimento prévio que alguns peptídeos são mais susceptíveis que outros a danos causados por espécies radiculares, um grupo de investigadores da Universidade de Basileia, Suíça, dedicou-se a estudar o assunto (M. Nold e H. Wennemers, *Chem. Commun.* (2004) **16**, 1800).

A partir de um conjunto de mais de 29000 tripeptídeos distintos, estes investigadores determinaram quais foram as sequências danificadas por radicais gerados a partir da reacção de Fenton (transferência de electrões a partir do ião Fe^{2+} para O_2 ou H_2O_2). Os resultados obtidos evidenciaram que os peptídeos "ricos em ácidos" são mais danificados que os outros. Por outro lado, os peptídeos mais danificados também apresentam uma ligação mais forte ao ião Fe^{2+} . Esta ligação implica que a formação das espécies radiculares ocorra na vizinhança destes peptídeos, tornando-os por isso mais susceptíveis (adaptado de *Chemical Science* (2004) **1**, C69).

Marcela Segundo

A successful concept

www.chemphyschem.org

ChemPhysChem
A European Journal of Chemical Physics
and Physical Chemistry

2004. Volume 5. 12 issues
ISSN 1439-4235 print
ISSN 1439-7641 electronic

Chairmen of the Editorial Advisory Board:
Frans C. De Schryver, James T. Hynes
Editor: Peter Gölitz



Order Form **Subscription 2004**

Please enter my subscription for calendar year 2004 at the rate indicated.

	Institutional rates* Print or Electronic		Personal rates	
Europe	<input type="checkbox"/>	€ 828	<input type="checkbox"/>	€ 92
Switzerland	<input type="checkbox"/>	sFr 1528	<input type="checkbox"/>	sFr 168
Other countries	<input type="checkbox"/>	US\$ 998	<input type="checkbox"/>	US\$ 98

* Institutions can also choose both print and online access for an additional 10%.

All prices are subject to change and exclusive of VAT.

Please tick: private business

Name

Address

City/Postcode

Country

Date/Signature

Please send me a free sample copy

Please return this order form to your local subscription agent or to:

Customers in Germany, Austria, and Switzerland:
WILEY-VCH Customer Service Department
P. O. Box 10 11 61,
69451 Weinheim, Germany
Phone: +49 (0) 6201 606-400
Fax: +49 (0) 6201 606-184
e-mail: service@wiley-vch.de
www.wiley-vch.de

Customers in all other areas:
John Wiley & Sons, Ltd.
Journals Administration Department
1 Oldlands Way, Bognor Regis,
West Sussex, PO22 9SA, England
Phone: +44 (0) 1243-779777
Fax: +44 (0) 1243-843232
e-mail: cs-journals@wiley.co.uk
www.wiley-europe.com

 **WILEY-VCH**

ChemPhysChem – the premier international source for important primary and critical secondary information is an attractive mixture of:

- Communications and Articles
- Minireviews and Reviews
- Highlights and Concepts
- Book and Multimedia Reviews

across the whole field of physical chemistry and chemical physics

- Physical Chemistry and Chemical Physics
- Solid State and Soft Matter Research
- Electro- and Photochemistry
- Femtochemistry and Nanotechnology
- Complex Systems and Single Molecule Research
- Clusters and Colloids
- Catalysis and Surface Science
- Biophysics and Physical Biochemistry
- Atmospheric and Environmental Chemistry and many more.

ChemPhysChem – is co-owned by 9 national chemical societies.

 **WILEY InterScience®**
DISCOVER SOMETHING GREAT



EU ChemSoc

Novas perspectivas na preparação de amostras para análise cromatográfica

C. ALMEIDA, P. ROSÁRIO, P. SERÓDIO, J. M. F. NOGUEIRA*

Resumo

A presente contribuição aborda as principais metodologias adoptadas na preparação de amostras complexas para análise cromatográfica, destacando-se a extracção em fase sólida (SPE) e os mais recentes desenvolvimentos nas técnicas isentas em solventes orgânicos, com particular

incidência para a micro-extracção em fase sólida (SPME) e a extracção sorptiva em barra de agitação (SBSE) no enriquecimento de compostos orgânicos em diversos tipos de matrizes, exemplificando todo o potencial de aplicação destes novos conceitos a sistemas particulares.

1. Introdução

Durante a implementação de métodos cromatográficos, estão genericamente associadas diversas etapas prévias para preparação das amostras, podendo incluir matrizes gasosas (ex. ar, misturas de gases, emissões de plantas, etc.), líquidas (ex. água, misturas de solventes, fluidos biológicos, etc.) ou sólidas (ex. sedimentos, produtos farmacêuticos, polímeros, etc.), consoante o(s) tipo(s) de analito(s) em estudo, nomeadamente, compostos voláteis, semi-voláteis ou não-voláteis. Estas etapas contemplam fundamentalmente a extracção ou enriquecimento dos analitos da matriz, mas também limpeza ou fraccionamento, concentração e em certos casos derivatização, tendo em conta todas as vantagens analíticas inerentes a cada sistema em particular, podendo estes procedimentos envolver até cerca de 80% do tempo analítico despendido.

O principal objectivo dos métodos de preparação de amostras é transferir os analitos com interesse da matriz original, numa forma mais adequada para introdução na instrumentação cromatográfica, podendo a análise ser directa no caso de estarmos em presença de teo-

res significativos ou com recurso a estratégias para o enriquecimento de traços vestigiais, no sentido de ganho de sensibilidade.

Do ponto de vista da análise de compostos orgânicos voláteis (VOCs¹), o espaço de cabeça estático (SHS) e dinâmico (DHS ou *purge & trap*) são as metodologias correntemente utilizadas desde há largos anos, para enriquecimento de matrizes líquidas e sólidas. Por outro lado, a extracção líquido-líquido (LLE) convencional tem sido a técnica de eleição em química analítica nas últimas décadas, particularmente usada no enriquecimento de compostos orgânicos semi-voláteis, onde o fenómeno de distribuição ou partição ($K_D = C_{Org}/C_{Aq}$) é descrito por diferenças de polaridade ou solubilidade do(s) analito(s) entre a amostra em estudo, geralmente uma matriz aquosa e uma fase orgânica imiscível (ex. n-hexano, diclorometano, etc.). Para operação laboratorial, a LLE descontínua recorre às tradicionais ampolas de decantação (figura 1), requerendo genericamente volumes consideráveis de amostra (0,1-2 L) para ganho de sensibilidade e de solvente orgânico (5-100 mL), no sentido de recuperar eficazmente os analitos com interesse.

O enriquecimento de compostos orgânicos semi-voláteis provenientes de matrizes sólidas pode igualmente ser efectuado por métodos clássicos, concretamente por lixiviação com solventes orgânicos (LSE) ou Soxhlet e mais recentemente com recurso a extracção ultra-sónica (UE), extracção super-crítica (SFE), extracção por solventes acelerada (ASE) e extracção assistida por micro-ondas (MASE).

Contudo, qualquer que seja a metodologia adoptada no enriquecimento de compostos orgânicos semi-voláteis em que estejam pressupostamente envolvidos solventes orgânicos, é imperativo um passo de concentração posterior com o intuito de eliminar o excesso de solvente tendo por objectivo a diminuição dos limites de detecção dos compostos alvo, podendo esta etapa incrementar consideravelmente eventuais contaminantes interferentes. Finalmente, somente parte do extracto resultante é analisado no sistema cromatográfico eleito com recurso a microseringas convencionais. A figura 1, ilustra os principais passos genericamente associados na preparação de amostras para análise cromatográfica com recurso à LLE.

¹ Adoptam-se ao longo da presente contribuição abreviaturas dos termos anglicizados (ex. VOC: *volatile organic compound*) para facilidade de leitura

*Laboratório de Cromatografia e Electroforese Capilar, Departamento de Química e Bioquímica e Centro de Ciências Moleculares e Materiais, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Campo Grande Ed. C8, 1749-016 Lisboa; (nogueira@fc.ul.pt)

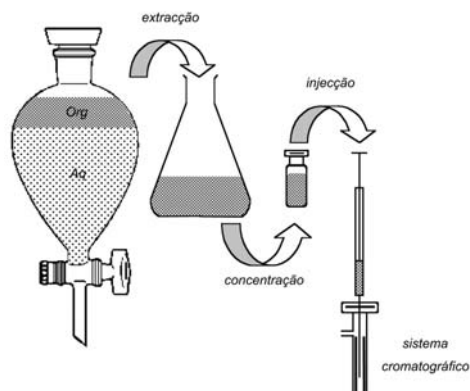


figura 1 Principais passos genericamente associados à preparação de amostras para análise cromatográfica com recurso à extracção líquido-líquido.

Apesar da abrangência e eficácia demonstradas, as metodologias de preparação de amostras para análise cromatográfica envolvendo solventes orgânicos, já não se coadunam com as actuais exigências de redução do tempo despendido e automatização, necessárias à maior eficácia do trabalho de rotina nos laboratórios analíticos. Por outro lado, a miniaturização tem vindo a assumir-se como tendência dominante em química analítica, sendo cada vez mais implementada em diversos processos de enriquecimento, com o objectivo de reduzir o volume da amostra em estudo. Um exemplo prático, é a aplicação da micro-extracção líquido-líquido (μ LLE) no enriquecimento de analitos para injecção directa na instrumentação cromatográfica, embora a sensibilidade alcançada não seja por vezes a mais desejável, particularmente em análise vestigial. A miniaturização permite ainda, facilidade de automatização com possibilidade de acoplamento *on-line* a instrumentação cromatográfica e hifenada de topo, reduzindo simultaneamente o tempo analítico e o consumo excessivo de solventes orgânicos, contribuindo desta forma para uma maior produtividade dos laboratórios analíticos.

Na actual era da "química verde", as técnicas de preparação de amostras para análise cromatográfica já não se compatibilizam com o consumo excessivo de solventes orgânicos tóxicos, tendo em vista o impacto ambiental que isso acarreta. Nesta perspectiva, têm surgido novos conceitos aliados a metodologias que conseguem conjugar a miniaturização analítica com redução ou mesmo eliminação do consumo de solventes orgânicos (*solventless*), para enriquecimento

de compostos alvo particularmente de traços em diversos tipos de matrizes. Destacam-se neste contexto, a já largamente estabelecida extracção em fase sólida e mais recentemente, a micro extracção em fase sólida e a extracção sorptiva em barra de agitação, que para além de reduzirem a manipulação analítica, proporcionam significativa sensibilidade na recuperação de analitos alvo, elevada reprodutibilidade, rapidez, baixo custo e facilidade de automatização.

A presente contribuição visa uma abordagem a estes novos conceitos de preparação de amostras para análise cromatográfica, exemplificando as principais vantagens analíticas na aplicação destas metodologias a sistemas particulares.

2. Extracção em fase sólida

O conhecimento das propriedades adsorptivas das superfícies sólidas remonta a várias décadas atrás, tendo a utilização do carbono activado no tratamento e purificação da água para o consumo Humano na década de cinquenta, incentivado a aplicação da técnica de extracção em fase sólida (SPE) no isolamento e análise de compostos orgânicos em matrizes aquosas. O desenvolvimento de novos materiais sólidos, estimulou o recurso à técnica de SPE nas décadas de sessenta e setenta, tendo sido introduzidos polímeros, o primeiro dos quais o poliestireno. A sílica ligada, como por exemplo a octadecilsilica (C18), revolucionou a utilização da técnica de SPE e rapidamente se tornou num material de eleição para diversos tipos de aplicações. Os estudos até hoje efectuados, revelaram que este material é indicado para uma grande variedade

de compostos com diversa polaridade, possuindo elevada capacidade de retenção. No entanto, após desenvolvimento e larga aplicação da técnica de SPE, ficou bem patente que não existe um material sólido universal capaz de reter tipos de compostos significativamente distintos nas mais diversas aplicações. Muitos dos materiais são seleccionados consoante o objectivo em estudo, área de trabalho ou famílias particulares de compostos semi-voláteis e não-voláteis que se pretendam analisar e neste sentido incrementar selectividade.

Os actuais tipos de enchimentos sólidos devem ser seleccionados de acordo com os mecanismos de retenção pretendidos, podendo genericamente ser classificados como apolares (ex. octadecil, octil, fenil, etc.), polares (ex. cianopropil, diol, etc.), de troca-iónica (ex. trimetilaminopropil, carboximetil, etc.), adsorção (ex. sílica-gel, florisil, carvão grafitizado, etc.), covalentes (ex. ác. fenilborónico) ou múltiplos, baseados na interacção analito/enchimento ou somente na natureza do(s) analito(s) em estudo. Nos enchimentos apolares ou de fase reversa, ocorrem interacções devidas às forças de *van der Waals* de tipo hidrofóbico e nos polares ou de fase normal, interacções de tipo hidrofílico através de dipolos espontâneos ou induzidos e por pontes de hidrogénio. Nos enchimentos de troca iónica, ocorrem atracções electrostáticas entre o(s) analito(s) e o grupo carregado da fase sólida, enquanto que nos de adsorção, a retenção do(s) analito(s) alvo ocorre nos centros activos superficiais dos materiais constituintes do enchimento.

Existem no mercado dois formatos de dispositivos ou invólucros para imple-

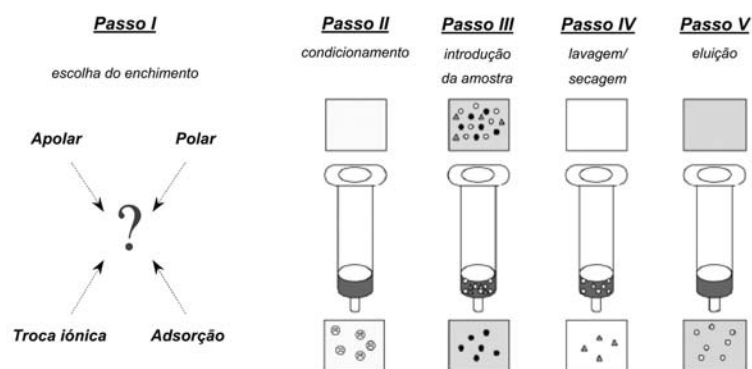


figura 2 Principais passos genericamente associados à extração em fase sólida com recurso a cartuchos.

mentar a SPE, nomeadamente, em cartucho de polipropileno ou vidro (figura 2) e em disco, possuindo este último enchimentos com tamanho de partícula inferior, genericamente compreendido entre 8 e 40 μm . Esta característica, proporciona uma maior capacidade de retenção dos analitos alvo e consequentemente, maior reprodutibilidade com redução do tempo analítico quando são utilizados grandes volumes de amostra.

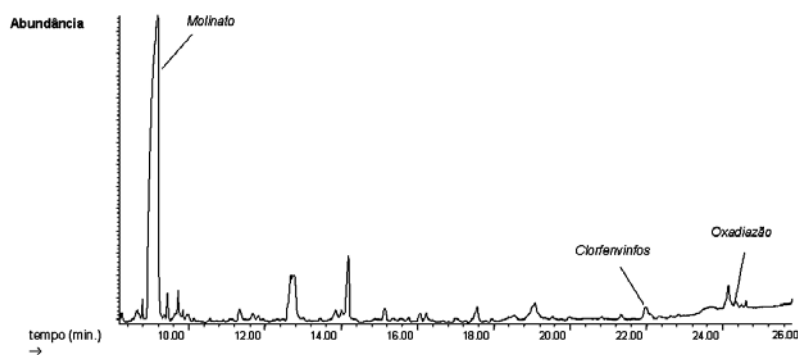
Actualmente, a SPE é uma técnica vulgarizada, utilizada para extração, concentração e limpeza (*clean-up*) do(s) analito(s) com interesse de diversos tipos de matrizes. O manuseamento desta técnica, consiste num conjunto de passos que normalmente tem início na escolha do formato e capacidade do dispositivo para SPE, relacionada com o volume da amostra, selecção e quantidade (50-1.000 mg) do enchimento adequado à natureza do meio e à retenção completa do(s) analito(s) em estudo. Um factor determinante na selecção e quantidade do enchimento é o volume de *breakthrough* durante a preparação das amostras, relacionado com a ineficiente retenção dos analitos ou com fenómenos de saturação do enchimento quando são eluídos grandes volumes de amostra, com o consequente prejuízo nas respectivas recuperações. Um segundo passo, consiste no condicionamento do enchimento com a finalidade de o activar, sendo determinado pela natureza do analito, aplicando-se o princípio de "polar dissolve polar". No caso da presença de analitos polares, podem ser utilizados cartuchos contendo enchimentos com características de fase normal, no caso de analitos apolares, seleccionam-se enchimentos com ca-

racterísticas de fase reversa. A título de exemplo, para analitos apolares podem ser seleccionados enchimentos constituídos por octadecilsilica, sendo genericamente utilizado metanol/água para o correspondente condicionamento. Num terceiro passo, a amostra cujo volume pode ser de alguns mililitros até algumas centenas de mililitros, é adicionada ao dispositivo de SPE, podendo ainda ser vantajoso o controlo do pH ou da força iónica para a retenção mais efectiva do(s) analito(s) alvo no enchimento seleccionado. No caso de volumes significativos, a aplicação de vácuo torna-se numa ferramenta indispensável, sendo necessário controlar a velocidade do fluxo uma vez a mesma poder influenciar o fenómeno de retenção associado. Um quarto passo, é implementado para limpeza do enchimento com recurso a solventes adequados, no sentido de remover potenciais interferentes indesejáveis. Após secagem, um quinto e último passo é implementado com o intuito de eluir ou remover os compostos alvo retidos no enchimento, sendo seleccionado um solvente com polaridade adequada, cujo volume pode ir de algumas centenas de microlitros a alguns mililitros, consoante o teor e as características de polaridade do(s) analito(s) envolvido(s). Para uma melhor e mais eficiente eluição, é recomendado que o solvente eleito interaja com o enchimento durante um tempo mínimo necessário. Após concentração para eliminação do solvente no sentido de baixar os limites de detecção do(s) analito(s) em estudo, parte do extracto é então introduzido no sistema cromatográfico com recurso a microsiringas. A figura 2 ilustra os principais passos anteriormente enunciados para extração em fase sólida.

A SPE é uma técnica analítica muito poderosa quer do ponto de vista da selectividade quer mesmo da sensibilidade, muito versátil combinando extração com limpeza e concentração, relativamente rápida, pouco onerosa e possibilita automatização *on-line* (ex. Gilson, Zymark, etc.) com instrumentação cromatográfica. O domínio de aplicação da SPE é actualmente muito diversificado, incluindo amostras ambientais, alimentares, biológicas, químicas, bioquímicas, petroquímicas, farmacêuticas, forenses, biomédicas, etc. A figura 3, exemplifica a aplicação da SPE a uma amostra de água proveniente do estuário do rio Mondego, seguido de cromatografia gasosa capilar acoplada à espectrometria de massa no modo de varrimento contínuo (*full-scan*). É possível verificar a significativa selectividade desta técnica na recuperação de diversos tipos de pesticidas, nomeadamente, molinato (54,8 $\mu\text{g/L}$), clorfenvinfos (3,0 $\mu\text{g/L}$) e oxadiazão (< 0,1 ng/L), bem como elevada sensibilidade para diferentes níveis vestigiais, evidenciando enorme potencial na monitorização de micropoluentes orgânicos em amostras ambientais.

Nos últimos anos, a SPE tem vindo a substituir quase por completo a LLE, uma vez ter provado ser uma técnica muito poderosa na preparação de amostras para análise cromatográfica, sendo comparativamente de mais rápida e fácil execução, exacta, precisa, consome quantidades reduzidas de solventes orgânicos, não envolve material de custo oneroso, não forma emulsões e apresenta níveis de recuperação significativos. Embora a SPE exija por vezes um procedimento laborioso, apresenta ainda a particularidade dos cartuchos

figura 3 Traçado de corrente iónica relativo a uma amostra ambiental de água proveniente do estuário do rio Mondego, com recurso a extracção em fase sólida (C18) e análise por cromatografia gasosa capilar com detecção por espectrometria de massa no modo de varrimento contínuo.



ou discos poderem ser reutilizados em sistemas no qual as amostras não sejam demasiado sujas.

Apesar das vantagens inerentes à SPE, a preparação de amostras para análise cromatográfica direcciona-se cada vez mais no sentido da diminuição do volume de amostra, redução do número de passos analíticos e tempo envolvidos, isenção de solventes orgânicos tóxicos e miniaturização dos sistemas extractivos, fundamentalmente com recurso às inovadoras técnicas de extracção sorptiva.

2. Técnicas de extracção sorptiva

Nos últimos anos, as técnicas de preparação de amostras baseadas na extrac-

ção sorptiva têm despertado enorme interesse e grande entusiasmo, uma vez que se têm revelado muito promissoras, "amigas do ambiente" e integradas justamente na designada "química verde". Na extracção sorptiva, os analitos são extraídos por exemplo de uma matriz aquosa para um polímero líquido imiscível e contrariamente à SPE, no qual os analitos são retidos à superfície do enchimento, a quantidade total da fase polimérica participa de forma decisiva no fenómeno de enriquecimento.

A fase de extracção mais comum nas técnicas de extracção sorptiva é o polidimetilsiloxano (PDMS), muito conhecido das fases estacionárias usadas nas colunas de cromatografia gasosa, sendo termicamente estável e mais inerte que os

materiais adsorventes convencionais, possuindo excelentes propriedades de difusão e tolerando uma vasta gama de temperaturas de operação (220-320°C). Este material origina ainda baixo ruído instrumental, não promove decomposição dos analitos com interesse e tem a particularidade de poder ser reutilizado.

A extracção sorptiva é por natureza um fenómeno de equilíbrio, no qual o processo de enriquecimento é controlado pelo coeficiente de partição dos analitos entre a fase polimérica e a matriz da amostra, integrando actualmente estas técnicas para além de outras, a micro-extracção em fase sólida e a extracção sorptiva em barra de agitação.

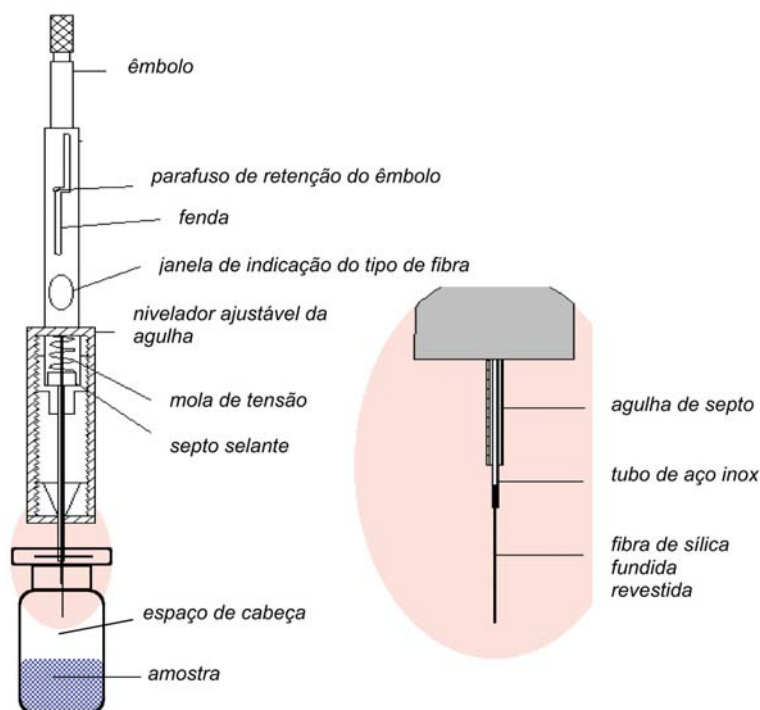


figura 4 Representação esquemática de uma seringa de micro-extracção em fase sólida durante análise por espaço de cabeça.

2.1 Micro-extracção em fase sólida

No início da década de noventa, J. Pawliszyn e colaboradores introduziram uma nova técnica analítica, a micro-extracção em fase sólida (SPME), baseada na sorpção dos analitos presentes por exemplo numa matriz aquosa, para uma fina fibra de sílica fundida revestida por uma camada polimérica. A fibra de SPME, encontra-se colocada num suporte com a forma de uma seringa, podendo ser inserida directamente na matriz da amostra ou no espaço de cabeça acima da mesma como é ilustrado no esquema da figura 4 e seguidamente, introduzida no injectador de um sistema cromatográfico gasoso ou líquido. Na SPME directa, os analitos semi-voláteis ou involáteis difundem-se directamente da matriz da amostra para o revestimento da fibra no qual são concentrados, enquanto que na SPME por espaço de cabeça (*headspace*), ocorre partição dos analitos voláteis entre a fase vapor e a matriz da amostra, o que permite diminuir significativamente o tempo de extracção, uma vez a velocidade de difusão em fase gasosa ser maior do que em fase líquida. A SPME por espaço de cabeça é essencialmente aplicada na análise de compostos voláteis que se difundem facilmente da matriz em estudo, tornando-se esta opção particularmente interessante no caso da necessidade de derivatização do(s) analito(s) alvo em compostos voláteis. É a geometria cilíndrica da fibra de SPME que permite uma rápida transferência de massa durante a extracção, com a eliminação do recurso a solventes orgânicos tóxicos, permitindo ainda conjugar num único passo simultaneamente, a extracção, a concentração e a introdução dos analitos na instrumentação cromatográfica. A simplicidade de manuseamento, a rapidez, a selectividade e a sensibilidade da SPME bem como o custo associado, tem motivado um crescente número de analistas na eleição desta técnica para análise cromatográfica.

A SPME é uma técnica de equilíbrio, no qual o principio subjacente é a partição dos analitos com interesse entre o revestimento da fibra e a matriz da amostra em estudo, podendo a massa de

composto extraído ser calculada através da seguinte expressão:

$$n = \frac{K_{fs} \times V_f \times C_0 \times V_s}{K_{fs} \times V_f + V_s}$$

onde n é a massa de analito extraído, K_{fs} o coeficiente de partição do analito entre o revestimento da fibra e a matriz da amostra, V_f o volume do revestimento, V_s o volume da amostra e C_0 a concentração inicial do analito na amostra. Como o volume das amostras é em regra geral significativamente superior ao volume do revestimento da fibra, a expressão pode ainda ser simplificada para $n = K_{fs} \times V_f \times C_0$.

Para além da polaridade dos analitos e das características da fase de revestimento, a eficiência de extracção é influenciada por diversos parâmetros, nomeadamente, volume da amostra, tempo de extracção, velocidade de agitação, temperatura, força iónica, pH, bem como as condições associadas à desorção térmica ou líquida na instrumentação cromatográfica. O tempo de extracção deve em regra geral, ser o suficiente para que uma quantidade significativa do(s) analito(s) alvo seja(m) extraído(s) e idealmente durante esse período, atingir-se o equilíbrio de distribuição dos mesmos entre a matriz da amostra e o revestimento da fibra. Em muitos casos, o tempo necessário para atingir o equilíbrio (equilíbrio estático) é

relativamente longo, podendo ser reduzido com recurso a agitação magnética ou ultra-sónica (equilíbrio dinâmico), uma vez ser acelerado o processo de difusão dos componentes orgânicos na matriz.

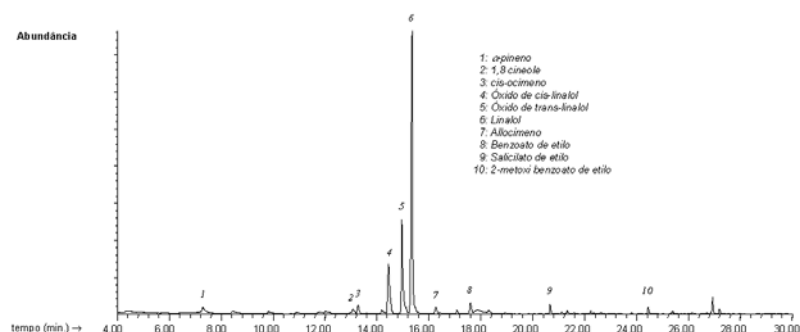
O aumento da temperatura não favorece em geral o processo de sorpção pela fibra, incrementando a solubilidade dos compostos hidrofóbicos na matriz da amostra, ocorrendo este fenómeno para valores superiores à temperatura ambiente. No entanto, para valores da ordem dos 5°C, ocorre genericamente uma diminuição da massa do(s) composto(s) sorvido(s) pela fibra relativamente à temperatura ambiente, facto que pode ser explicado pelo decréscimo da difusão dos compostos na matriz da amostra.

Um dos aspectos críticos na optimização da SPME é a selecção do tipo de fibra específica para os compostos com interesse analítico. O revestimento mais comum à base de PDMS com 100 µm de espessura de filme, é essencialmente seleccionado para a análise de compostos com características hidrofóbicas. Por outro lado, fibras à base de poliacrilato (PA) têm igualmente surgido no mercado, sendo mais adequadas na extracção de compostos hidrofílicos, devido à maior polaridade do revestimento. Ainda outro tipo de fibras, cobrindo uma vasta gama de revestimentos, espessuras de filme e polaridades, têm sido de-

Tabela 1. Tipo de fibras usadas na micro-extracção em fase sólida e principais aplicações.

Revestimento	Espessura de filme	Aplicação
Polidimetilsiloxano (PDMS)	100 µm	Compostos orgânicos apolares (ex. VOCs, PAHs, BTEX, pesticidas organoclorados)
	30 µm	
	7 µm	
Poliacrilato (PA)	85 µm	Compostos orgânicos polares (ex. pesticidas triazínicos e organofosforados, fenóis)
Polidimetilsiloxano-divinilbenzeno (PDMS-DVB)	65 µm	Hidrocarbonetos aromáticos, aminas aromáticas, VOCs
	60 µm	
Carboxen-polidimetilsiloxano (CAR-PDMS)	75 µm	VOCs, hidrocarbonetos
Carbowax-polidimetilsiloxano (CW-DVB)	65 µm	Compostos orgânicos polares (ex. álcoois, cetonas, nitroaromáticos)

figura 5 Traçado de corrente iónica relativo ao espaço de cabeça de uma amostra de flores da alfarrobeira (*Ceratonia siliqua* L.), obtido por micro-extracção em fase sólida (PDMS) e análise por cromatografia gasosa capilar com detecção por espectrometria de massa no modo de varrimento contínuo.



envolvidas e actualmente, encontram-se disponíveis no mercado para as mais diversas aplicações, como é resumido na tabela 1. Na SPME, as fibras apresentam como vantagem o facto de poderem ser reutilizadas, dependendo no entanto, do tipo de aplicação a que as mesmas são sujeitas, complexidade da matriz da amostra, condições experimentais e cuidados no respectivo manuseamento uma vez serem frágeis, exigindo ainda condicionamento e optimização antes da respectiva utilização.

A quantidade de amostra é obviamente um parâmetro importante, uma vez a massa do(s) composto(s) extraído(s) pela fibra ser função do volume e da concentração inicial. Um outro parâmetro importante é o efeito da força iónica, já que a adição de um electrólito forte (ex. NaCl) pode modificar o processo sorptivo, diminuindo drasticamente a solubilidade dos compostos hidrofóbicos na matriz da amostra, fenómeno designado por *salting out*, resultando no aumento do(s) coeficiente(s) de distribuição e consequentemente numa maior apetência dos mesmos para o revestimento da fibra. É de realçar que durante o processo extractivo, o pH pode ter igualmente influência nas características químicas dos analitos alvo e consequentemente, ser decisivo na apetência para o material de revestimento da fibra.

A SPME tem sido particularmente aplicada em combinação com cromatografia gasosa na determinação de VOCs e semi-voláteis, nomeadamente, hidrocarbonetos aromáticos, hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (PAHs), bifenilos policlorados (PCBs), bem como na análise de diversas classes de pesticidas, aromas e fragrâncias entre outros, em diferentes tipos de matrizes com com-

plexidade variável, fundamentalmente de amostras aquosas, bebidas, frutos, plantas, solos, fluídos biológicos, etc. A combinação da SPME com cromatografia líquida, tem-se revelado igualmente muito promissora particularmente na análise de compostos não voláteis ou termolábeis.

A figura 5, exemplifica o potencial de aplicação da SPME no espaço de cabeça de voláteis de flores da alfarrobeira (*Ceratonia siliqua* L.), seguida de análise por cromatografia gasosa capilar acoplada à espectrometria de massa no modo de varrimento contínuo. É de realçar a ocorrência maioritária de monoterpénos oxigenados e ésteres benzílicos, evidenciando todo o potencial de aplicação desta técnica no estudo de compostos voláteis com influência no processo de polinização das plantas.

Actualmente, apesar da técnica de SPME já permitir automatização, a grande limitação que apresenta é a reduzida quantidade de material polimérico envolvido. Para uma fibra típica de 100 µm em PDMS, a mais frequentemente utilizada, o correspondente volume é de aproximadamente 0,5 µL. Consequentemente, a eficiência de extracção de analitos ao nível vestigial em matrizes complexas pode ser drasticamente limitada. Com base nestas considerações, foi recentemente concebida e desenvolvida a extracção sorptiva em barra de agitação, como técnica inovadora, muito sensível e poderosa no enriquecimento de compostos orgânicos vestigiais para análise cromatográfica.

2.2 Extracção sorptiva em barra de agitação

A extracção sorptiva em barra de agitação (SBSE), é uma nova técnica de pre-

paração de amostras inicialmente proposta por P. Sandra e colaboradores no final dos anos noventa, para enriquecimento de compostos orgânicos de matrizes aquosas.

Uma barra de agitação, constituída por um ímã envolto numa fina película de vidro revestido por um filme em PDMS como é ilustrado na figura 6 (a), é colocada na amostra sob agitação, por forma a promover o movimento de rotação na matriz líquida e simultaneamente a extracção dos analitos para a camada polimérica em condições experimentais optimizadas (figura 6 (b)).

Em analogia com a SPME, as condições experimentais da SBSE têm de ser optimizadas para cada tipo específico de aplicação. Para além das características de polaridade dos analitos e da fase de revestimento, a eficiência de recuperação é igualmente influenciada por parâmetros como o tempo de extracção, a velocidade de agitação, temperatura, força iónica e pH, no sentido do(s) analito(s) com interesse atingirem o equilíbrio de distribuição entre a matriz da amostra e o revestimento polimérico.

Após um determinado período de agitação, a barra é posteriormente inserida num tubo de vidro e colocada numa unidade de desorção térmica (TD) *on-line* com um injector de temperatura programada, onde os analitos voláteis e semi-voláteis são termicamente desorvidos, sendo posteriormente criofocados e analisados por cromatografia gasosa. Alternativamente, a barra pode ser colocada num volume reduzido (0,1-2 mL) de um solvente orgânico polar compatível com o PDMS para desorção líquida (LD), por forma a promover a retroextracção eficaz dos analitos da barra sem destruir a fase polimérica, seguido de

análise por cromatografia gasosa ou líquida. Em condições não agressivas, as barras de agitação apresentam como vantagem o facto de poderem efectuar dezenas ou mesmo centenas de extracções consecutivas sem manifestarem sinais de deterioração, podendo a SBSE ser genericamente aplicada directamente na matriz da amostra ou alternativamente no espaço de cabeça.

A SBSE baseia-se nos mesmos princípios de equilíbrio da SPME e estudos recentes, demonstraram que existe uma notável correlação entre os coeficientes de partição, relativos à distribuição dos analitos entre a fase de PDMS e a matriz aquosa ($K_{PDMS/W}$) e os coeficientes de distribuição octanol-água (K_{OW}), o qual constitui uma medida da polaridade dos compostos orgânicos e fornece uma boa indicação da eficiência de extracção para cada soluto. Ainda que de uma forma grosseira, analitos apolares podem ser caracterizados por valores de $\log K_{OW}$ superiores a 4 e para analitos polares, o $\log K_{OW}$ é normalmente inferior a 2.

O coeficiente $K_{PDMS/W}$ é por definição a razão entre a concentração do analito na fase de PDMS (C_{PDMS}) e na fase aquosa (C_W), após o equilíbrio ser atingido. Este parâmetro pode ser calculado através da razão entre a massa do analito na fase de PDMS (m_{PDMS}) e na fase aquosa (m_W), multiplicada pela relação de fase (β), que relaciona o volume de amostra aquosa (V_W) e o volume em PDMS (V_{PDMS}), como é expresso na equação (1). Assim, a eficiência de extracção ou recuperação expressa em percentagem, pode ser calculada através da razão entre a quantidade de analito extraída (m_{SBSE}) e a existente inicialmente na amostra (m_0), como é descrito pela equação (2). Esta relação permite ainda estimar a recuperação para um dado analito, sabendo o respectivo $\log K_{OW}$ e a relação de fase (β) envolvida. Dependendo do K_{OW} , os compostos são extraídos em maior ou menor extensão e quanto maior for a quantidade de PDMS, menor é a relação de fase e consequentemente, mais elevada será a eficiência de extracção.

Conforme pode ser demonstrado, na SBSE a eficiência de extracção dos ana-

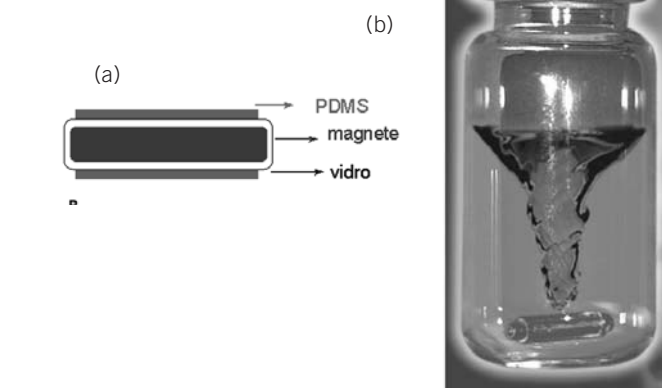


figura 6 Representação esquemática dos constituintes de uma barra de agitação usada na SBSE (a) e durante o processo de extracção (b).

litos é genericamente descrita no equilíbrio pelos coeficientes K_{OW} , incrementando substancialmente a sensibilidade analítica relativamente à SPME, devido ao maior conteúdo em PDMS envolvido, permitindo assim diminuir os limites de detecção e proporcionar todas as vantagens analíticas particularmente em análise vestigial.

Contrariamente à SPME, para a qual já existem no mercado diversos tipos de revestimentos poliméricos, na SBSE apenas se encontram comercializadas barras de agitação revestidas com PDMS contendo um volume compreendido entre 24 e 126 μL , apresentando no entanto, uma quantidade substancialmente superior à disponibilizada na fibra de

$$K_{OW} \approx K_{PDMS/W} = \frac{C_{PDMS}}{C_W} = \left(\frac{m_{PDMS}}{m_W} \right) \times \left(\frac{V_W}{V_{PDMS}} \right) = \left(\frac{m_{PDMS}}{m_W} \right) \times \beta \quad (1)$$

$$\text{Eficiência (\%)} = \left(\frac{m_{PDMS}}{m_0} \right) \times 100\% = \left(\frac{\left(\frac{K_{OW}}{\beta} \right)}{1 + \left(\frac{K_{OW}}{\beta} \right)} \right) \times 100\% \quad (2)$$

A figura 7, reproduz justamente este comportamento, ilustrando a eficiência obtida por SBSE comparativamente à SPME em função do $\log K_{OW}$, demonstrando que a primeira é bem descrita pelos coeficientes, sendo a recuperação extractiva quantitativamente superior em idênticas condições experimentais. De acordo com a literatura, para analitos com valores de $\log K_{OW}$ superiores a 3, são normalmente obtidas recuperações quantitativas por SBSE. No entanto, no caso de extracção incompleta, que genericamente pode ocorrer para compostos com $\log K_{OW}$ inferior a 3 ou ainda em situações de não equilíbrio, a calibração continua a ser válida na SBSE.

SPME mais comum (0,5 μL). A maior relação de fase entre a matriz da amostra e o PDMS, proporciona desta forma um aumento da capacidade extractiva e consequentemente, da sensibilidade da técnica de SBSE para uma ordem de grandeza compreendida entre 50 e 250, comparativamente à SPME.

A SBSE tem vindo a ser desenvolvida com sucesso na análise de diverso(s) tipo(s) de matriz(es) complexas, fundamentalmente, ar, águas, bebidas, fluídos biológicos, etc., sendo maioritariamente usada na monitorização de VOCs e semivoláteis por desorção térmica seguida de cromatografia gasosa. Várias aplicações têm sido implementadas com êxito

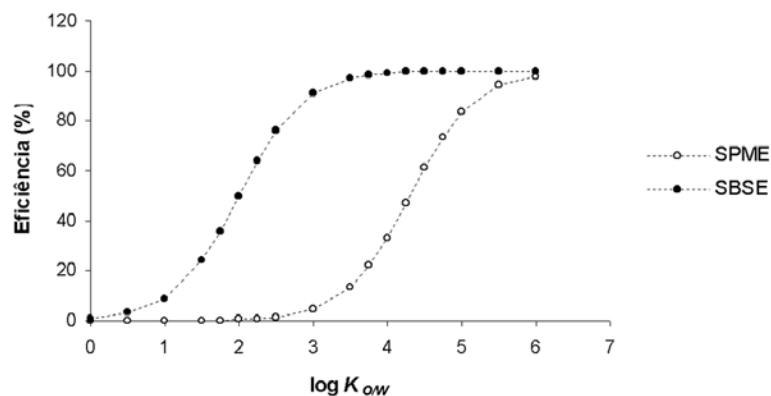


figura 7 Comparação da eficiência extractiva por SPME (PDMS: 0,5 μL) e SBSE (PDMS: 47 μL) em função do coeficiente de partição octanol-água, em idênticas condições experimentais.

na análise de uma vasta gama de compostos, nomeadamente, hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (PAHs), diversas classes de pesticidas, bifenilos policlorados (PCBs), ftalatos, compostos organoestanosos, aromas, etc. A elevada sensibilidade da SBSE quando em combinação com cromatografia gasosa capilar acoplada à espectrometria de massa, fazem desta técnica uma ferramenta poderosíssima em química analítica.

A figura 8, exemplifica a aplicação da SBSE (PDMS: 47 μL) a uma amostra de vinho da Madeira (5 mL) durante um período de 60 minutos (750 rpm; T=20°C), seguida de desorção térmica e análise por cromatografia gasosa capilar acoplada à espectrometria de massa no modo de varrimento contínuo. É possível verificar a elevada sensibilidade desta técnica na identificação de várias dezenas de constituintes voláteis de uma amostra de Verdelho (1999), particularmente ésteres etílicos característicos da fermentação primária e compostos minoritários, nomeadamente, ácidos carboxílicos, éteres, álcoois, aldeídos, furanos, piranos, monoterpénos, sesquiterpénos e norisoprenóides, os quais de-

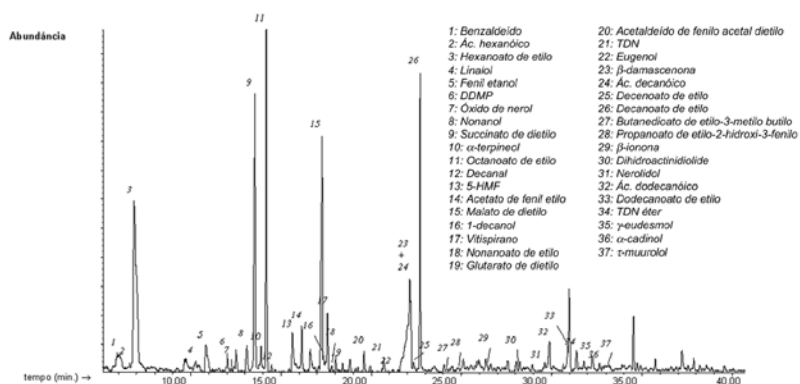
sempenham um papel determinante no respectivo bouquet.

A combinação da SBSE com retroextração e análise por cromatografia líquida, pode igualmente estender-se na análise de compostos não voláteis ou termolábeis. A figura 9, ilustra uma aplicação por SBSE (PDMS: 126 μL) durante um período de 120 minutos (750 rpm; T=20°C), a uma amostra (30 mL; 20% NaCl) de água fortificada com hormonas esteróides a um nível de 10 $\mu\text{g/L}$, seguida de desorção líquida com acetonitrilo e análise de 30 μL por cromatografia líquida de alta eficiência com detecção por ultravioleta/visível. É possível observar a elevada sensibilidade obtida por SBSE, evidenciando vasta abrangência e todo o potencial analítico.

O modo de desorção líquida permite igualmente ser combinado com análise por cromatografia gasosa, exigindo-se neste caso o recurso a injeções de grandes volumes por forma a incrementar sensibilidade. Este modo apresenta ainda a vantagem de ser menos onerosa que a desorção térmica, para além das amostras em estudo poderem ser re-analisadas. A figura 10 exemplifica a

aplicação da SBSE (PDMS: 47mL) durante 60 minutos (750 rpm; T=20°C), a uma amostra (30 mL; 5% metanol) de água para consumo humano, fortificada com pesticidas organoclorados a um nível de 0,1 $\mu\text{g/L}$, seguida de retroextração com acetonitrilo e análise de 20 μL por cromatografia gasosa capilar acoplada à espectrometria de massa no modo de monitorização de iões seleccionados (SIM). É possível observar a elevada sensibilidade obtida por esta metodologia na análise multi-componente de pesticidas organoclorados para aquele nível de concentração, adequando-se inequivocamente à directiva da União Europeia (98/83/EC) relativa à qualidade da água para consumo Humano, que estabelece que o valor máximo admissível para pesticidas individuais seja de 0,1 $\mu\text{g/L}$ e a soma total não possa exceder 0,5 $\mu\text{g/L}$. Verifica-se com recurso a esta metodologia, que limites de detecção da ordem dos baixos ng/L podem ser alcançados na monitorização de pesticidas em amostras de água e justamente atender em conformidade com aquela directiva.

figura 8 Traçado de corrente iónica relativo a uma amostra de vinho da Madeira (Verdelho/1999) obtido por extração sorptiva em barra de agitação (PDMS: 47 μL) seguida de desorção térmica e análise por cromatografia gasosa capilar com detecção por espectrometria de massa no modo de varrimento contínuo.



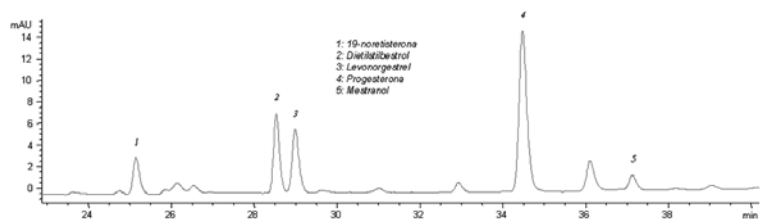


figura 9 Cromatograma relativo a uma amostra de água fortificada com uma mistura de hormonas esteróides a um nível de 10 µg/L, obtida por extracção sorptiva em barra de agitação seguida de desorção líquida e análise por cromatografia líquida de alta eficiência com detecção por ultravioleta/visível ($\lambda=240$ nm).

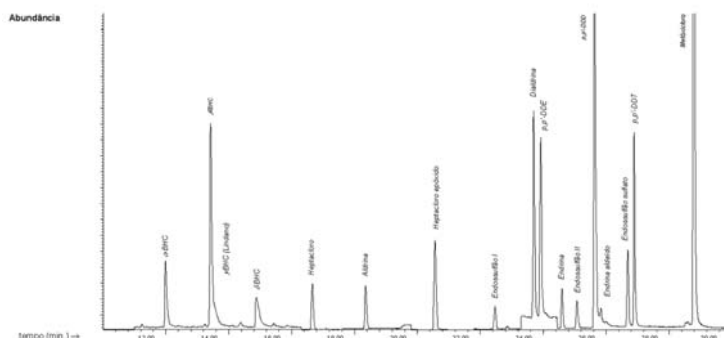


figura 10 Fragmentograma de massa relativo a uma amostra de água para consumo Humano fortificada com uma mistura de pesticidas organoclorados a um nível de 0,1 µg/L, obtida por extracção sorptiva em barra de agitação seguida de desorção líquida e análise por cromatografia gasosa capilar com detecção por espectrometria de massa no modo de monitorização de iões seleccionados.

3. Perspectivas futuras

A aplicação das técnicas de extracção sorptiva na preparação de amostras para análise cromatográfica encontra-se em franca evolução. O interesse e aceitação destas metodologias têm-se manifestado através de um número crescente de estudos publicados sobre inúmeras aplicações. Genericamente, requerem volumes reduzidos de amostra, a análise é directa não exigindo múltiplos passos analíticos, são isentas de solventes orgânicos tóxicos, apresentam simplicidade e facilidade de manipulação, rapidez, baixo custo, elevada sensibilidade e possibilitam automatização a instrumentação analítica de topo.

Será de antever, que esta tendência se mantenha num futuro próximo, com o desenvolvimento de novos materiais poliméricos para sorpção e conceitos ino-

vadores aliados à instrumentação analítica, capazes de tornar as técnicas de extracção sorptiva ainda mais abrangentes e eficazes, fundamentalmente em análise multiresíduo de níveis vestigiais de várias classes de compostos em diversos tipos de matrizes.

Bibliografia

- S. Moldoveanu, V. David, *Sample Preparation in Chromatography*, Journal of Chromatography Library, Vol. 65, Elsevier, Amsterdam, 2001.
- R. Soniassy, P. Sandra, C. Schlett, *Water Analysis - organic micropollutants*, Hewlett-Packard, USA, 1994.
- I. Liska, Fifty Years of Solid-Phase Extraction in Water Analysis - historical development and overview; *J. Chromatogr. A*, 885 (2000) 3.
- D. Barceló, *Sample Handling and Trace Analysis of Pollutants - techniques, applica-*

tions and quality assurance, Vol. 21, Elsevier Science, Amsterdam, 2000.

J. Pawliszyn, *Solid Phase Microextraction - theory and practice*, Wiley-VCH Inc., Canada, 1997.

E. Baltussen, P. Sandra, F. David, C. Cramers, Stir Bar Sorptive Extraction (SBSE), a Novel Extraction Technique for Aqueous Samples: theory and principles, *J. Microcolumn. Sep.*, 11 (1999) 737.

E. Baltussen, C. Cramers, P. Sandra, Sorptive Sample Preparation - a review, *Anal. Bioanal. Chem.*, 373 (2002) 3.

F. David, B. Tienpont, P. Sandra, Stir Bar Sorptive Extraction of Trace Organic Compounds from Aqueous Matrices, *LC-GC Europe*, 16 (2003) 410.

P. Seródio, J.M.F. Nogueira, Multi-residue Screening of Endocrine Disrupters Chemicals in Water Samples by Stir Bar Sorptive Extraction-Liquid Desorption-Capillary Gas Chromatography-Mass Spectrometry Detection, *Anal. Chim. Acta*, 517 (2004) 21.

Actualidades Científicas

Oxigénio

Demonstrar que um ambiente inerte e selado não foi contaminado com oxigénio foi até ao momento um desafio tecnológico. No entanto, um grupo de investigadores da Universidade de Strathclyde, Reino Unido, desenvolveu uma nova formulação que, a partir do momento em que é activada por radiação UV-A, transforma-se num indicador

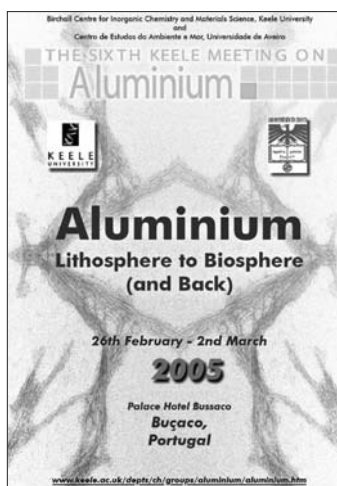
irreversível da presença de oxigénio (S-K. Lee *et al.*, *Chem. Commun.* (2004) **17**, 1912).

Sendo o oxigénio um participante essencial nas reacções químicas que aceleram a degradação de alimentos, a utilização desta nova formulação em embalagens alimentares proporcionará a sua detecção por inspecção visual, fornecendo aos consumidores um indi-

cador do respectivo estado de conservação. Está também previsto que os benefícios provenientes desta nova formulação possam ser estendidos a outros materiais/bens de consumo embalados que necessitem de atmosfera modificada, nomeadamente produtos farmacêuticos e peças arqueológicas (adaptado de Chemical Science (2004) **1**, C68).

Marcela Segundo

Destaques



Aluminium Lithosphere to Biosphere (and Back)

26 Fevereiro – 2 Março de 2005 no Buçaco

No dia 26 de Fevereiro de 2005 terá início a sexta edição do encontro bianual "Keele Meeting on Aluminium" em Portugal. Os "Keele Meeting on Aluminium" são já uma menção obrigatória na agenda de muitos investigadores interessados no estudo do alumínio sob as mais diversas perspectivas. Tradicionalmente vocacionadas para a análise da importância do alumínio nos sistemas biológicos, estas reuniões são um ponto de encontro de investigadores de todas as áreas científicas, onde, durante quatro dias de intenso convívio, se apresentam e discutem contribuições científicas inéditas e inovadoras e se estabelecem novas colaborações e amizades.

"Aluminium Lithosphere to Biosphere (and Back)" e Portugal foram, respectivamente, o mote e o país escolhidos para dar início à digressão dos "Keele Meeting on Aluminium" por todo o mundo, transformando-os num fórum itinerante de divulgação da investigação em alumínio. Informação detalhada encontra-se disponível na página web do encontro.

E: pgoncalves@bio.ua.pt

URL: www.keele.ac.uk/depts/ch/groups/aluminium/meeting2005

VI Conferência de Química Inorgânica

31 Março – 2 Abril 2005 no Funchal

A Divisão de Química Inorgânica da Sociedade Portuguesa de Química vai organizar, no Funchal, a VI Conferência de Química Inorgânica. A conferência decorrerá durante três dias, de quinta a sábado, e será constituída por oito (8) plenárias (max. 45 min), dezasseis (16) comunicações orais (máx. 20 min) e uma sessão de posters que se prolongará por dois dias. O painel de participantes e o título das plenárias já se encontra definido e é o seguinte:

- Jean-Pierre Sauvage (Université Luis Pasteur, Strasbourg): "Catenanes and Rotaxanes as Prototypes of Molecular Machines".
- Nicholas J. Long (Imperial College - London): "Ferrocene-based Catalysts: Towards Redox-Controlled Polymerisation".
- Didier Astruc (Université de Bordeaux I): "From Organometallic Chemistry to Nanoscience".
- Maria Helena Garcia (FCUL-Lisboa): "Organometallic Chemistry: a nonlinear optical point of view".
- Rui Reis (Universidade do Minho - Braga): "Tailoring the Properties of Natural Origin Macromolecules for Tissue Engineering of Human Tissues".
- Ana Margarida Martins (IST-Lisboa): "Syntheses, Structures and Reactivity of Titanium and Zirconium Azamacrocyclic Complexes".
- Vítor Félix (Universidade de Aveiro): "Studies of Molecular Recognition by Molecular Dynamics Methods".
- Pedro Tavares (FCT/UNL - Lisboa): "Structural and Mechanistic Studies of Biologic Oxygen Activation".

Todos os participantes e acompanhantes ficarão alojados no Hotel Crowne Plaza Resort (Unidade hoteleira de 5 estrelas) e disporão de um pacote de serviços, a preços especiais, que inclui transporte, alimentação e alojamento (de quinta a domingo). Os interessados

em participar na VI Conferência de Química Inorgânica deverão registar-se, obrigatoriamente, até 21 de Janeiro de 2004. Informações adicionais, permanentemente actualizadas, e o modelo de inscrição/transporte e alojamento estão disponíveis na página web do encontro.

P'la Comissão Organizadora Nacional,
João Rodrigues

E: 6thcic@uma.pt

URL: www.uma.pt/6thcic

Thermodynamics 2005

6 – 8 Abril 2005 em Sesimbra

Thermodynamics 2005 será o 19.º encontro de uma série de conferências de termodinâmica que se realizam com uma periodicidade bienal. A edição 2005 será a primeira a ser realizada fora do Reino Unido, sendo dedicada à termodinâmica clássica e à mecânica estatística. Durante a conferência será realizada a plenária Lennard-Jones 2005 da "Royal Society of Chemistry". Os tópicos abordados incluem a termodinâmica estatística e simulação molecular, a mecânica estatística de fluidos complexos, a modelação termodinâmica e equações de estado, diagramas de fase e fluidos supercríticos, a termodinâmica de lubrificantes, gases e fluidos industriais, misturas e soluções e termodinâmica experimental.

E: thermo2005@ist.utl.pt

URL: www.thermodynamics2005.web.pt

**Water Resources Management 2005
Third International Conference on
Water Resources Management**
11 – 13 Abril 2005 no Algarve

A terceira Conferência Internacional sobre Gestão de Recursos Hídricos irá abordar os mais recentes desenvolvimentos tecnológicos e científicos associados à gestão de recursos hídricos superficiais e subterrâneos. A importância deste encontro é óbvia, uma vez que a água é cada vez mais um recurso precioso do qual depende o bem-estar das gerações futuras. Assuntos como a qualidade da água, a quantidade, a gestão e o planeamento, entre outros, são essenciais para o futuro da população mundial.

As conferências sobre a gestão de recursos hídricos organizadas pelo Instituto de Tecnologia de Wessex têm sido realizadas com sucesso por todo o mundo nos últimos 25 anos. A Conferência de 2005 será realizada de 11 a 13 de Abril no Algarve. O evento tem como objectivo reunir no mesmo local estudantes, investigadores, técnicos e outros profissionais de diferentes países, envolvidos em actividades de investigação e desenvolvimento em diversos tópicos sobre gestão de recursos hídricos.

E: rgreen@wessex.ac.uk
URL: www.wessex.ac.uk/conferences/2005/waterresources05

7.º Encontro Nacional de Química-Física

5 – 7 Maio 2005 no Porto

A Divisão de Química-Física da Sociedade Portuguesa de Química tem promovido um encontro bienal dos colegas que desenvolvem actividade científica nesta área. Desta vez o Encontro terá lugar no Departamento de Química da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto de 5 a 7 de Maio de 2005. Sem privilegiar nenhum tema específico, este Encontro pretende dar uma panorâmica, a mais alargada possível, da Química-Física que se vai fazendo em Portugal. O programa científico contará com 6 conferências plenárias, 12 comunicações convidadas, 8 comunicações orais e

sessões de discussão de painéis. Para mais informações consulte a respectiva página web.

E: 7enqf@fc.up.pt
URL: www.fc.up.pt/7enqf

**I International Congress of Energy
Engineering and Environmental
Management (CIEM)**

18 – 20 Maio 2005 em Portalegre

O I Congresso Internacional de Engenharia Energética e Meio Ambiente (CIEM), organizado por professores da área da engenharia do Instituto Politécnico de Portalegre (Portugal) e da Escola de Engenharias Industriais da Universidade da Estremadura (Espanha), tem como principal objectivo juntar académicos, científicos, engenheiros, consultores e empresas do sector energético, com a finalidade de trocar experiências, apresentar avanços e novas propostas na utilização racional e eficiente da energia e dos sistemas de conversão energética, assim como analisar as diversas soluções na redução do impacto dos sistemas energéticos sobre o meio ambiente, de modo a que se contribua para um desenvolvimento sustentável nos nossos países.

Para atingir o objectivo proposto terão lugar, no CIEM, todos os temas de investigação e trabalhos de desenvolvimento relacionados com a energia e o meio ambiente, bem como de áreas intimamente ligadas a estas duas disciplinas. Tendo em linha de conta esta filosofia, o Congresso foi estruturado em seis áreas científicas, ficando as comunicações distribuídas de acordo com os seguintes temas: (i) Instalações energéticas; (ii) Energias renováveis; (iii) Meio ambiente. Engenharia do ambiente; (iv) Electromecânica; (v) Materiais; (vi) Engenharia de projectos.

E: ciem@post.estgp.pt
URL: www.iciem2005.com

Bio-Physical Chemistry meets Molecular Medicine

1 – 4 Junho 2005 em Sesimbra

A química biofísica é uma área do conhecimento em rápida evolução, que

descreve processos e soluciona problemas relacionados com o mundo dos seres vivos adoptando uma abordagem físico-química. É uma disciplina interessante, pois permite a inclusão na química de pessoas com formações muito diversas, principalmente, físicos, bioquímicos e médicos. A medicina molecular (ou biomedicina) é uma área emergente, que consiste no estudo da base molecular da doença e em encontrar estratégias ao nível molecular para evitá-las e curá-las. Este encontro é dedicado às interacções entre a química biofísica e a medicina molecular.

E: ycw2005@fc.ul.pt
URL: www.ycw.fc.ul.pt

**XVIII International Symposium on
Bioelectrochemistry and Bioenergetics
3rd Spring Meeting:
Bioelectrochemistry**

19 – 24 Junho 2005 em Coimbra

O BIOELECTROCHEMISTRY-2005 é o Congresso conjunto da "Bioelectrochemical Society (BES)" (XVIII International Symposium on Bioelectrochemistry and Bioenergetics) e da "International Society of Electrochemistry (ISE)" (3rd Spring Meeting: Bioelectrochemistry), e vai ser realizado de 19 a 24 de Junho de 2005 em Coimbra.

A Bioelectroquímica é uma área interdisciplinar que visa uma melhor compreensão dos processos biológicos com contribuições das disciplinas de electroquímica, biofísica, biotecnologia e biomedicina. Os tópicos do Congresso incluem: Interfaces electrificadas, Transferências de electrões em sistemas biológicos, Biomembranas e modelos membranares, Bioenergética e transdução de sinal, Fotobioelectroquímica, Biossensores e bioelectrónica, Mecanismos dos efeitos eléctricos e magnéticos, Aplicações biomédicas, Biocorrosão e Aplicações biotecnológicas.

E: bes-ise-2005@ci.uc.pt
URL: www.bes-ise-2005.uc.pt

Secção compilada por Helder Gomes

Agenda

26 Fevereiro – 2 Março de 2005 no Buçaco

Aluminium Lithosphere to Biosphere (and Back)
 E: pgoncalves@bio.ua.pt
 URL: www.keele.ac.uk/depts/ch/groups/aluminium/meeting2005

31 Março – 2 Abril 2005 no Funchal

VI Conferência de Química Inorgânica
 E: 6thcic@uma.pt
 URL: www.uma.pt/6thcic

6 – 8 Abril 2005 em Sesimbra

Thermodynamics 2005
 E: thermo2005@ist.utl.pt
 URL: www.thermodynamics2005.web.pt

11 – 13 Abril 2005 no Algarve

Water Resources Management 2005
 Third International Conference on Water Resources Management
 E: rgreen@wessex.ac.uk
 URL: www.wessex.ac.uk/conferences/2005/waterresources05

13 – 16 Abril 2005 em Viseu

7.º Encontro da Química dos Alimentos
 E: 7eqa2005@esav.ipv.pt
 URL: www.esav.ipv.pt/7eqa2005

5 – 7 Maio 2005 no Porto

7.º Encontro Nacional de Química-Física
 E: 7enqf@fc.up.pt
 URL: www.fc.up.pt/7enqf

18 – 20 Maio 2005 em Portalegre

I International Congress of Energy Engineering and Environmental Management (CIEM)
 E: ciem@post.estgp.pt
 URL: www.iciem2005.com

1 – 4 Junho 2005 em Sesimbra

Bio-Physical Chemistry meets Molecular Medicine
 E: ycw2005@fc.ul.pt
 URL: www.ycw.fc.ul.pt

16 – 18 Junho 2005 em Lisboa

6th WSEAS FS'05 – FUZZY SYSTEMS 2005
 E: info@wseas.org
 URL: www.worldses.org/conferences/2005/lisbon/fs/index.html

19 – 22 Junho em Salzburg, Austria

1st International Congress on Ionic Liquids (COIL)
 E: coil@dechema.de
 URL: events.dechema.de/COIL

19 – 24 Junho 2005 em Coimbra

XVIII International Symposium on Bioelectrochemistry and Bioenergetics
 3rd Spring Meeting Bioelectrochemistry
 E: bes-ise-2005@ci.uc.pt
 URL: www.bes-ise-2005.uc.pt

6 – 8 Julho 2005 em Aveiro

1st International Conference on Diffusion in Solids and Liquids (DSL-2005)
 E: DSL-2005@mec.ua.pt
 URL: event.ua.pt/dsl2005/

7 – 9 Julho 2005 em Montpellier, França

In Vino Analytica Scientia
 E: invino2005@ensam.inra.fr
 URL: www.montpellier.inra.fr/invino2005

10 – 14 Julho 2005 em Glasgow, Escócia

7th World Congress of Chemical Engineering
 E: info@chemengcongress2005.com
 URL: www.chemengcongress2005.com

17 – 22 Julho 2005 em Edimburgo, Escócia

14th International Symposium on Carotenoids
 E: a.j.young@livjm.ac.uk
 URL: cwis.livjm.ac.uk/carotenoid2005/

24 – 29 Julho 2005 no Funchal

MATRIX 2005 – Recent Progress and New Developments in the Physics and Chemistry of Matrix-Isolated Species
 E: matrix2005@qui.uc.pt
 URL: www.who.uc.pt/~rfausto/matrix2005

21 – 25 Agosto 2005 em Portoroz, Eslovénia

International Conference on Solution Chemistry
 E: vojko.vlachy@uni-lj.si
 URL: www.icsc2005.si

28 Agosto – 1 Setembro 2005 em Sofia, Bulgária

Europacat-VII - Catalysis: a key for richer and cleaner society
 E: petrov@ic.bas.bg
 URL: www.europacat.org

30 Agosto – 1 Setembro 2005 em Maputo, Moçambique

4.º Congresso Luso-Moçambicano de Engenharia (CLME'2005)
 E: sg@fe.up.pt
 URL: paginas.fe.up.pt/clme/2005/index.htm

4 – 7 Setembro 2005 em Lisboa

9th International Conference on Methods and Applications of Fluorescence
 E: maf9@ist.utl.pt
 URL: maf9.ist.utl.pt

5 – 10 Setembro 2005 em Coimbra

8th International Workshop on Positron and Positronium Chemistry
 E: ppc8_coimbra@ci.uc.pt
 URL: www.uc.pt/ppc8_coimbra

6 – 9 Setembro 2005 no Estoril, Lisboa

5th International Conference on the History of Chemistry: "Chemistry, Technology and Society"
 E: 5ichc-portugal@ulusofona.pt
 URL: chemistryts.ulusofona.pt

11 – 15 de Setembro 2005 em Coimbra

6th International Meeting of the Portuguese Carbohydrate Meeting (GLUPOR VI)
 3rd Iberian Carbohydrate Meeting
 E: hgil@eq.uc.pt
 URL: www.eq.uc.pt/glupor6

Secção compilada por
 Helder Gomes
