

EDITORIAL	2
NOTICIÁRIO SPQ	
Prémio Luso-Espanhol de Química	3
Final das Olimpíadas de Química.mais 2010	4
Menção Honrosa na 42ª Olimpíada Internacional de Química	5
Olimpíada da Ciência da União Europeia	6
GFSM 2010	10
Jubilação do Professor Manuel Ribeiro da Silva	11
Periódicos de Química Portugueses	12
NOTICIÁRIO ESCOLAS	
Área de Projecto ... Um Veículo de Motivação para o Estudo da Química	13
ENTREVISTA	
Joana Barata - Prémio Químicos Jovens / Gradiva 2010 Entrevista conduzida por Carlos Baleizão e Frederico Ferreira	17
David Marçal - Prémio Químicos Jovens / Gradiva 2010 Entrevista conduzida por Carlos Baleizão e Frederico Ferreira	19
ARTIGOS	
Estudos de Actividade Fotodinâmica de Corróis em Células Tumorais <i>Joana F. B. Barata</i>	23
O Sindicato das Proteínas <i>David Marçal</i>	27
Desenvolvimento de Materiais para a Descontaminação Fotocatalítica de Águas <i>Cláudia Gomes Silva</i>	31
Carbenos Em Água: Reactivos, Mas Pouco... <i>Nuno R. Candeias</i>	35
O Desastre de Bhopal no Contexto da Química Verde A Sua Causa Última: Um Retrocesso <i>Adélio A. S. C. Machado</i>	41
FOLHAS DE QUÍMICA	
Assoreamento da Foz dos Rios <i>M. Filomena Camões</i>	49
QUESTÕES DE NOMENCLATURA	
A História da Nomenclatura Química em Português	53
ACTIVIDADES COM OS PAIS NO COMPUTADOR	
Actividades Com os Pais no Computador (APC) <i>João C. M. Paiva</i>	57
DESTAQUES	65
AGENDA	68

Entrevista 17

Entrevistas a Joana Barata e a David Marçal, vencedores do 1º Prémio Químicos Jovens, pela sua capacidade de divulgação da ciência.



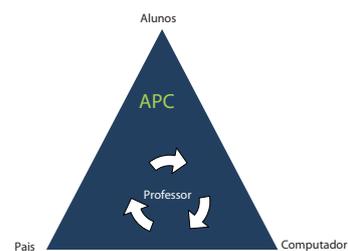
OLIMPIÁDA INTERNACIONAL 5

A equipa portuguesa obteve uma Menção Honrosa na 42ª Olimpíada Internacional de Química, realizada em Tóquio, Japão.



Pais no Computador 57

Actividades com os Pais no Computador: um novo tipo de exercício de interacção entre pais, alunos e computadores.





Helder Gomes
bquimica@ipb.pt
www.spq.pt

Este número surge depois do habitual período de férias, que desejamos tenha sido retemperador, e coincide com o arranque de mais um ano lectivo em todos os níveis de ensino. É por isso este um período de novas expectativas, de ansiedade e de reflexão. A reorganização da rede escolar é um dos assuntos a marcar agenda, 701 escolas são encerradas em todo o País, levando à deslocação de quase 15000 alunos para centros escolares mais afastados da sua área de residência. As vantagens pedagógicas são inegáveis, mas pais e autarquias reforçam a sua preocupação e exigem mais condições para garantir o transporte em segurança e alimentação a todas estas crianças. Na data em que escrevo este editorial ainda não são conhecidos os resultados da primeira fase do concurso nacional de acesso ao ensino superior. No que toca aos cursos de química e de engenharia química a ansiedade é óbvia, as médias dos resultados das provas de física e química A foram mais uma vez negativas, sinal de que urge mudar o ensino da química no ensino Secundário, sob pena de desviar o interesse dos alunos desta área tão fundamental para o desenvolvimento da Sociedade.

Segundo dados publicados na página web da Fundação para a Ciência e a Tecnologia, o investimento na formação avançada de recursos humanos, principalmente ao nível do doutoramento, tem aumentado significativamente na última década, desde 2002 que se observa um crescimento médio anual de bolsas concedidas na ordem dos 17%. Este dado é revelador da aposta estratégica do país (e da Europa) na qualificação dos recursos humanos ao mais alto nível e suporta o rejuvenescimento do Sistema Científico e Tecnológico necessário para a sua sustentabilidade e crescimento futuro. É por isso com naturalidade que um pouco por toda a Europa surgem organismos fundados por Jovens Investigadores com o objectivo de dinamizarem as comunidades científicas em que estão inseridos. Foi por isso também com naturalidade que em Dezembro de 2007 surgiu no seio da SPQ o Grupo de Químicos Jovens. Este grupo tem cumprido integralmente a sua missão junto da comunidade de Químicos Jovens portugueses, como o prova o sucesso dos seus dois encontros já realizados. Este ano, pela primeira vez, o Grupo de Químicos Jovens atribuiu o Prémio Químicos Jovens a dois investigadores (Joana Barata e David Marçal) que tiveram a capacidade de comunicar a relevância para a Sociedade do trabalho desenvolvido durante o seu Doutoramento. Foram ainda atribuídas duas menções honrosas (Cláudia Silva e Nuno Candeias). A todos eles muitos parabéns e felicidades para a sua carreira. Este número é por isso, também com naturalidade, dedicado aos Químicos Jovens, um motor essencial para o crescimento da Humanidade.

Poderá encontrar no interior deste fascículo entrevistas realizadas aos vencedores do 1º Prémio Químicos Jovens, que nos relatam a sua motivação e as principais dificuldades encontradas no seu doutoramento e na divulgação da ciência, bem como os artigos dos vencedores e das menções honrosas. Iniciamos a publicação de uma série de artigos sobre questões de nomenclatura, neste número sobre a história da nomenclatura química em português, um artigo da autoria da comissão de nomenclatura composta por portugueses, brasileiros e cabo-verdianos, que foi criada com o objectivo de traduzir e adaptar para português, nas vertentes Europeia e Brasileira, as Recomendações da IUPAC de 2005 da Nomenclatura de Química Inorgânica. É um espaço que se pretende dinâmico, pelo que encorajamos o envio de questões sobre o tema, que tentarão ser respondidas pelas comissões de nomenclatura. No regresso de mais um período de férias, onde pais e alunos tiveram oportunidade de conviver mais intensamente, propomos um novo tipo de actividade de interacção entre pais, alunos e computadores, um exercício de potenciação pedagógica de um recurso, frequentemente visto como incompatível com os estudos.

Deixamos ainda um conjunto de outras notícias, artigos e pequenas actualidades, que desejamos contribuam para aligeirar o arranque de mais um ano lectivo.

Boa leitura!

BOLETIM DA SOCIEDADE PORTUGUESA DE QUÍMICA

Propriedade de
Sociedade Portuguesa de Química
ISSN 0870 – 1180
Registo na ERC n.º 125 525
Depósito Legal n.º 51 420/91
Publicação Trimestral
N.º 118, Julho – Setembro 2010

Redacção e Administração
Av. da República, 45 – 3.º Esq.
1050-187 LISBOA
Tel.: 217 934 637
Fax: 217 952 349
bquimica@ipb.pt
www.spq.pt

Editor
Helder Gomes

Editores-Adjuntos
Carlos Baleizão, Carlos Folhadela,
Joana Amaral, João Paiva

Comissão Editorial
Jorge Morgado, Hugh Burrows,
Joaquim L. Faria, Ana Lobo,
M. N. Berberan e Santos,
A. Nunes dos Santos

Colaboram neste número
Bernardo Pascoal Figueiredo (BPF), Catarina
Mendes Correia (CMC), Célia Henriques (CH),
Joana Capucho (JC), João Miguel Pimenta Pereira
(JMPP), Jorge Gonçalves (JG), Liliana Ferreira (LF),
Maria Clara Magalhães (MCM), Maria de Deus
Carvalho (MDC), Paulo Brito (PB), Paulo Ribeiro
Claro (PRC), Pedro Morais Pereira (PMP)

Publicidade
Leonardo Mendes
Tel.: 217 934 637
Fax: 217 952 349
leonardo.mendes@spq.pt

Design Gráfico e Paginação
Paula Martins

Impressão e Acabamento
Tipografia Lousanense
Rua Júlio Ribeiro dos Santos - Apartado 6
3200-901 Lousã - Portugal
Tel.: 239 990 260
Fax: 239 990 279
geral@tipografialousanense.pt

Tiragem
1800 exemplares

Preço avulso
€ 5,00
Assinatura anual – quatro números
€ 18,00
(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 no fascículo
Outubro-Dezembro de cada ano
e no sítio web da SPQ.

Publicação subsidiada pela
FCT Fundação para a Ciência e a Tecnologia
MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E ENSINO SUPERIOR

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

PRÉMIO LUSO-ESPAÑHOL DE QUÍMICA



O Prémio Luso-Espanhol de Química, instituído pela Sociedade Portuguesa de Química e pela Real Sociedad Española de Química, é atribuído anualmente, e em alternância, a químicos portugueses e espanhóis com projecção internacional.

Em 2010, ano de início do Prémio, este foi atribuído pela RSEQ ao Prof. José Cavaleiro da Universidade de Aveiro. Em 2011 será a vez da SPQ atribuir pela primeira vez o Prémio a um químico espanhol.



REGULAMENTO DO PRÉMIO LUSO-ESPAÑHOL DE QUÍMICA

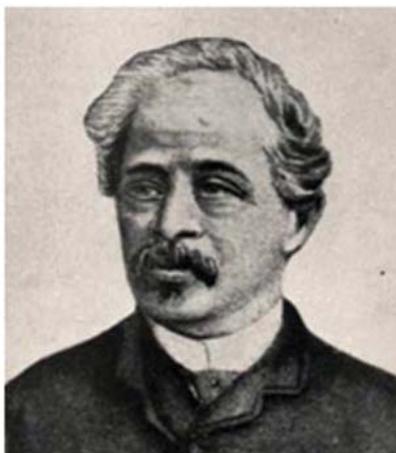
1º A Sociedade Portuguesa de Química e a Real Sociedad Española de Química instituem um Prémio Luso-Espanhol de Química, que será designado por **Conferência Lourenço-Madinaveitia** quando atribuído pela SPQ, e **Conferência Madinaveitia-Lourenço** quando atribuído pela RSEQ. Esta escolha destina-se a recordar dois químicos notáveis: Agostinho Vicente Lourenço (1822-1893) e Antonio San Quintín Madinaveitia y Tabuyo (1890-1974).

2º O Prémio Luso-Espanhol de Química tem como principal objectivo reconhecer investigação científica com projecção internacional realizada em Portugal e Espanha no domínio da Química, em qualquer das suas áreas.

3º O Prémio é atribuído anualmente e de forma alternada pelas duas sociedades.

4º A escolha do premiado cabe à sociedade que atribui o prémio.

5º O Prémio consiste num diploma, num montante simbólico (500 a 1000 euros) e numa série de conferências (num mínimo de 3) em Universidades e Centros de Investigação do país da sociedade que atribui o prémio.



Agostinho Lourenço (1822-1893)



António Madinaveitia (1890-1974)

NOTA BIAGRÁFICA DO PROFESSOR JOSÉ CAVALEIRO

José A.S. Cavaleiro é Licenciado em Ciências Físico-Químicas pela Universidade de Coimbra, doutorado em Química Orgânica pela Universidade de Liverpool (Robert Robinson Labo-



ratories) e tem Agregação em Química conferida pela Universidade de Aveiro. A sua carreira académica foi iniciada como Assistente nas Universidades de Coimbra e de Lourenço Marques (Moçambique), e posteriormente foi Professor Auxiliar e Associado na Universidade de Aveiro, instituição onde é, desde 1986, Professor Catedrático. Está na Universidade de Aveiro sensivelmente desde o início da mesma. Aí desempenhou vários cargos, desde o de Presidente do Departamento de Química e o de Coordenador da Comissão Científica departamental. Teve a responsabilidade de planear, especialmente na fase inicial, o grupo de Química Orgânica, desde a selecção dos membros até às actividades científicas a desenvolver. Tem sido orientador de estudantes de mestrado e de doutoramento e responsável por investigadores pós-doutorados.

É o Coordenador da Unidade de Investigação em Química Orgânica, Produtos Naturais e Agroalimentares, unidade financiada pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Ensino Superior (MCTES). Esta unidade, nas avaliações internacionais determinadas pelo MCTES, foi classificada de "Muito Bom" e, na sua última avaliação, de "Excelente".

O Prof. J.A.S. Cavaleiro recebeu os seguintes prémios científicos:

1973: Prémio Parke-Davis nos Robert Robinson Laboratories, University of Liverpool, UK, pelo melhor colóquio de investigação em Química Orgânica de entre os estudantes seus colegas de doutoramento.

2004: Prémio Ferreira da Silva, Sociedade Portuguesa de Química.

2004: Prémio Estímulo à Excelência, Ministério da Ciência e Tecnologia.

2005: Prémio Celestino da Costa/Jean Perrin, Embaixada da França em Lisboa, APDF.

2010: Prémio Hispano-Português atribuído pela Real Sociedade Espanhola de Química.

Em Dezembro de 2009 foi eleito para a Academia de Ciências de Lisboa e para a Academia Brasileira de Ciências.

O Prof. J.A.S. Cavaleiro tem sido convidado a proferir conferências em vários congressos internacionais. Presentemente pertence ao “comité” científico internacional da série “European Colloquium on Heterocyclic Chemistry”. Tem sido membro de várias sociedades científicas de Química e pertenceu ao “editorial board” durante 10 anos da revista *European Journal of Organic Chemistry*. Tem sido solicitado

para “referee” de várias revistas internacionais de Química. O Prof. J.A.S. Cavaleiro foi o representante português no Programa Ibero-Americano CYTED, rede 4A, no Programa COST (acções D2 and D12) e na Comissão IUPAC de Química Orgânica Física (1992-1997).

O Prof. J.A.S. Cavaleiro tem dado ênfase especial às colaborações internacionais no âmbito de projectos de interesse dos grupos envolvidos. Nos últimos dez anos a sua colaboração com grupos brasileiros tem sido bastante produtiva em termos de publicações científicas conjuntas e de intercâmbio de docentes. Além disso, há presentemente cinco jovens professores de Universidades brasileiras que tiveram estágios de doutoramento e pós-doutoramento em Aveiro. Os

seus interesses científicos centram-se na área de síntese orgânica, em particular no desenvolvimento de metodologias de síntese de macrociclos porfirínicos e de outros heterociclos de tipo flavonóide, uns e outros satisfazendo requisitos estruturais para serem potenciais candidatos em avaliações de propriedades medicinais (p.e., terapia fotodinâmica de neoplasias, foto-inactivação de micro-organismos). Os estudos de síntese e reactividade de porfirinas, especialmente aqueles envolvendo transformações de cicloadição, desenvolvidos em Aveiro, são reconhecidos a nível mundial, através das diversas publicações nas revistas da especialidade e também dos artigos de revisão e capítulos de livros que, por convite, têm sido publicados. Até ao momento presente é autor de 315 publicações e de 3 patentes.

FINAL DAS OLIMPIADAS DE QUÍMICA.MAIS 2010



Bernardo Pascoal Figueiredo da ES de D. Inês de Castro (Alcobaça) – vencedor da edição de 2010 das Olimpíadas de Química.mais

Com a realização da Final das Olimpíadas de Química.mais no dia 8 de Maio, no Departamento de Química da Universidade de Aveiro, terminou a edição de 2010 das Olimpíadas Portuguesas de Química. À data da publicação deste número do QUÍMICA, faltará ainda realizar a Olimpíada Ibero-americana de Química, no México, onde Portugal está representado pelos jovens seleccionados em 2009.

Tal como é tradição, depois das provas teóricas em equipa que caracterizam as fases anteriores, na Final, os alunos realizam duas provas individuais, uma teórica e outra laboratorial. O tema da prova laboratorial deste ano foi uma titulação ácido-base, para a qual nem todos os alunos se mostraram preparados...

Os vencedores absolutos das Olimpíadas Portuguesas de Química, edição de 2010, foram:

Medalha de Ouro

Bernardo Pascoal Figueiredo
ES de D. Inês de Castro (Alcobaça)

Medalha de Prata

Gonçalo Veríssimo
Externato João Alberto Faria (Arruda dos Vinhos)

Medalha de Bronze

Paulo Sérgio Pereira Gonçalves
ES Alves Martins (Viseu)

Juntamente com estes 3 medalhados, foram também apurados para a fase preparatória das competições internacionais de 2011 os seguintes participantes:

✕ Carlos César da Fonte Senra
Cooperativa DIDÁLVI (Alvito de S. Pedro)

- ✕ David Naod Berhann
Leal da Câmara (Rio de Mouro)
- ✕ João António Silva Nunes
ES3B Soares Basto (Oliveira de Azeméis)
- ✕ João Pedro Batista Gama
ES3B de Penafiel
- ✕ João Miguel Pimenta Pereira
ES3B de D. Inês de Castro (Alcobaça)
- ✕ Mariana Isabel Marques
ES Leal da Câmara (Rio de Mouro)

✕ Vasco Figueiredo Batista
ES3B de Carregal do Sal

O Prémio “Melhor Escola”, que distingue a instituição com o melhor conjunto de resultados dos seus 3 participantes foi atribuído à ES de D. Inês de Castro, de Alcobaça.

PRC

MENÇÃO HONROSA NA 42ª OLIMPÍADA INTERNACIONAL DE QUÍMICA

A equipa portuguesa obteve uma Menção Honrosa na 42ª Olimpíada Internacional de Química – IChO, realizada em Tóquio, Japão, no passado mês de Julho. O feito foi conseguido pelo Jorge Pedro Martins Nogueiro, finalista da Escola Secundária Emídio Garcia, de Bragança.

A equipa portuguesa que se deslocou ao Japão é ainda constituída pelos alunos Gonçalo Vitorino Bonifácio, da ES José Saramago (Mafra), Marta Cristina Neves Aguiar da ES de Homem Cristo (Aveiro) e Alexandre Faia Carvalho da ES/B3 de Peniche e foi acompanhada pelas docentes do Departamento de Química da Universidade de Aveiro que coordenaram a preparação, Amparo Faustino e Diana Pinto.

Pela primeira vez desde que iniciou a participação na competição (em 2003), a equipa portuguesa teve duas classificações acima dos 50% e uma Menção Honrosa. De referir que as Olimpíadas Internacionais de Química têm provas de elevado grau de exigência, com um programa de química de grande extensão, e o desempenho dos alunos é não só condicionado pela qualidade do ensino secundário de cada país mas também pelo número de anos de preparação específica. No caso da representação de Portugal, a preparação dos participantes



Jorge Nogueiro, Menção Honrosa na 42ª Olimpíada Internacional de Química

das Olimpíadas Internacionais e das Olimpíadas Ibero-americanas de Química está sedeadada no Departamento de Química da Universidade de Aveiro desde 2002 e decorre tipicamente durante as pausas lectivas do ano que antecede a prova e após selecção dos participantes nas Olimpíadas Portuguesas de Química.

As Olimpíadas de Química são uma actividade promovida pela Sociedade Portuguesa de Química (www.spq.pt)

com o patrocínio do Ministério da Educação e que visa (i) dinamizar o estudo e ensino da Química nas Escolas Básicas e Secundárias, (ii) proporcionar a aproximação entre as Escolas Básicas e Secundárias e as Universidades, e (iii) despertar o interesse pela Química, cativando vocações para carreiras científico-tecnológicas entre os estudantes.

PRC

Vamos enriquecer o mundo da Química
Colabore connosco!

OLIMPIÁDA DA CIÊNCIA DA UNIÃO EUROPEIA

Este ano realizou-se a oitava Olimpíada da Ciência da União Europeia, na cidade de Gotemburgo, Suécia, entre 11 e 17 de Abril. Portugal participou pela segunda vez, após ter sido observador no ano de 2008 em Nicósia, Chipre e ter participado pela primeira vez em 2009, em Múrcia, Espanha.

A EUSO (*European Union Science Olympiad*) é uma competição destinada a estudantes das escolas da União Europeia com idade inferior a 16 anos. Cada país participa com duas equipas de três alunos que têm de realizar duas provas de carácter profundamente experimental e que integram conteúdos de Biologia, Física e Química. A competição tem por finalidade testar a compreensão e aplicação de princípios científicos, promovendo a interdisciplinaridade e o trabalho de equipa. Estes são os dois aspectos mais relevantes que a distinguem de outras competições já existentes em Biologia, Física, Matemática e Química [1, 2].

A proposta de criação da EUSO partiu de Michael Cotter, um irlandês director das diversas Olimpíadas de Ciência da Irlanda, que a apresentou ao Ministro da Ciência e Tecnologia do governo irlandês. O conceito foi exposto numa reunião dos Ministros da Educação e Ciência dos países da União Europeia

onde recebeu o apoio de vários países. A primeira competição [1] ocorreu em Abril de 2003 na cidade de Dublin, na Irlanda, com a participação de sete países. A segunda olimpíada aconteceu em Maio de 2004, na cidade de Groningen, Holanda, e já contou com a participação de quinze países. Este ano participaram vinte e um países – Alemanha, Áustria, Bélgica, Bulgária, Chipre, Dinamarca, Eslováquia, Eslovénia, Estónia, Espanha, Grécia, Holanda, Hungria, Irlanda, Lituânia, Luxemburgo, Portugal, Reino Unido, República Checa, Roménia e Suécia – estando presentes cerca de duzentas pessoas entre mentores, observadores e estudantes participantes. As próximas competições realizar-se-ão em Praga, República Checa em 2011, em Vilnius, Lituânia em 2012 e no Luxemburgo, Grão-Ducado do Luxemburgo em 2013 [3].

As duas equipas que representaram Portugal na EUSO 2010 foram as vencedoras em 2009 das Olimpíadas de Química Júnior e da Física Escalão A, respectivamente, a equipa A, constituída pelos alunos da Escola Secundária de D. Inês de Castro (Alcobaca), Catarina Correia, João Pereira e Bernardo Figueiredo, e a equipa B, constituída pelos alunos da Escola Secundária Domingos Sequeira (Leiria), Pedro Pereira, Leonel Pereira

e Miguel Ferreira. As equipas foram acompanhadas por três mentoras, uma por cada área disciplinar integrada na prova. A organização e preparação da participação portuguesa na EUSO é assegurada conjuntamente pelo Ministério da Educação através da Direcção Geral de Inovação e Desenvolvimento Curricular (DGIDC), pela Sociedade Portuguesa de Física, pela Sociedade Portuguesa de Química e pela Ordem dos Biólogos. Actualmente a preparação científica dos alunos está centrada na Universidade Nova de Lisboa [4].

Aos participantes nesta aventura foi pedido que apresentassem as suas reflexões sobre a experiência vivida.

MENTORA DE BIOLOGIA – JOANA CAPUCHO

Foi com muita curiosidade que integrei a equipa da EUSO, a convite do Prof. Doutor José Matos, da Ordem dos Biólogos, visto ser a primeira vez que participei neste tipo de competições. A preparação das equipas em Biologia, na Universidade Nova de Lisboa, Faculdade de Ciências e Tecnologia ficou distribuída por mim e pelo Prof. Doutor José Sampaio do Departamento das Ciências da Vida. As provas da competição, nos anos anteriores, serviram de inspiração para as sessões que abordaram temas tão variados como a electroforese de DNA ou o estudo de reacções bioquímicas, passando pela observação de organismos procariontes e de células eucariotas, até à caracterização de um pequeno ecossistema terrestre. Foram trabalhados protocolos e documentos disponibilizados na plataforma de ensino à distância que a DGIDC criou para o efeito. A preparação de alunos tão motivados e interessados em Ciência foi naturalmente muito estimulante e compensadora. De realçar que estes alunos frequentam o 10º ano, e iniciaram o ano lectivo pela Geologia, pelo que os temas ligados à Biologia ainda não tinham sido desenvolvidos nas aulas. O interesse dos alunos pelos aspectos experimentais e laboratoriais em temas que não conheciam e a aprendizagem verificada, reforçaram



Equipas e mentoras portuguesas

a minha convicção da importância do ensino experimental nas Ciências, infelizmente com poucas horas no 3º ciclo do ensino básico.

Durante a competição, a tradução das provas foi naturalmente trabalhosa mas suavizada pela estreita colaboração entre nós, mentoras, e também com os mentores dos outros países. As visitas à cidade de Gotemburgo e arredores durante os períodos em que os alunos faziam as provas compensaram-nos das horas gastas, pela noite dentro, nas traduções. Interessante foi a troca de ideias e de pontos de vista sobre os currículos das Ciências Experimentais e a organização dos diferentes sistemas educativos com características surpreendentemente diferentes nos vários países participantes.

Notou-se uma diferença significativa nos alunos, passados alguns dias, patente no convívio e na facilidade de comunicação com os outros participantes. Neste aspecto, penso que a colocação dos alunos de cada país em bungalows diferentes com alunos de outros países foi uma excelente ideia da organização.

Não nos conhecíamos (as mentoras) e o conhecimento que tinha dos alunos foi de três sessões apenas, mas a colaboração e apoio na equipa foi sem dúvida fantástica, uma experiência muitíssimo curiosa e enriquecedora.

MENTORA DE FÍSICA – CÉLIA MARIA REIS HENRIQUES

A minha participação na EUSO 2010 começou em Outubro de 2009 com a primeira de quatro sessões na área da Física para a preparação das equipas. As sessões, com duração de cerca de 3 h, tiveram lugar ao Sábado e foram intercaladas com sessões das outras áreas científicas. Desde logo, a necessidade de uma boa gestão do tempo e do trabalho de equipa se mostrou um aspecto a aperfeiçoar. As sessões abordaram os seguintes temas: caracterização de um painel fotovoltaico, determinação do módulo de Young de um elástico de borracha, identificação de um gás por análise espectral na zona do visível e estudo de uma célula de combustível (PEM)

– caracterização e eficiência nos modos de carga e de descarga. Os guiões (disponíveis em <http://moodle.fct.unl.pt/course/view.php?id=2537>) foram elaborados tentando seguir uma abordagem semelhante à das provas da competição: contextualização do tema, exposição dos princípios científicos subjacentes à tarefa e identificação do seu objectivo, procedimentos experimentais, recolha, organização e interpretação dos resultados.

Com estes trabalhos foi possível exercitar a capacidade de interpretação da informação dada, proceder à recolha bem organizada de resultados de qualidade e analisá-los fundamentada e criticamente. Nalguns casos, os alunos completaram esta análise em casa com o meu apoio e com o dos seus professores da disciplina de Física e Química. A elaboração e interpretação de gráficos exibindo diferentes tipos de dependência entre as grandezas representadas, feita ao longo da preparação, veio a revelar-se de grande utilidade durante as provas.

Por cada país participante na competição há um coordenador (*country coordinator*). Nas vésperas da partida, e devido a problemas de saúde, a nossa coordenadora, representante da DGIDC, ficou impossibilitada de nos acompanhar. Acabei por desempenhar eu esse papel em acumulação com o de mentora da Física. O coordenador de equipa é quem recebe/entrega informação da/à organização do evento e participa, com cada um dos mentores, na discussão das provas para aprovação da versão final. Esta versão é depois traduzida pelos mentores para que todas as equipas participantes recebam provas escritas nas suas línguas maternas.

Cada prova é dividida em várias tarefas cuja complementaridade determina um trabalho de equipa bem sucedido. Os temas aglutinadores das provas deste ano foram a água e a investigação criminal. A primeira tinha como cenário uma missão intergaláctica em busca de água e estava dividida em quatro tarefas denominadas: humidade relativa do ar, viscosidade da água, tensão superficial e biomecânica, e dureza da água. A segunda prova visava reunir elementos que

permitissem descobrir “quem matou Erik Lundberg” e estava dividida nas três tarefas: determinação da curva de arrefecimento de um cadáver, química forense e biologia forense. Ambas as provas estão disponíveis em português em <http://moodle.fct.unl.pt/course/view.php?id=2537>.

A melhor classificação das equipas portuguesas foi conseguido pela equipa A na segunda prova com a classificação de 68 pontos em 83 (cerca de 82%), marca igual ou superior à de mais sete equipas que arrecadaram uma medalha de prata no conjunto das duas provas! Com a melhor pontuação na competição ficou a equipa B da República Checa sendo de destacar o desempenho das equipas alemãs com duas medalhas de ouro (segunda e quarta melhores pontuações da competição) [5]. Penso que os exemplos de maior sucesso nos poderão ajudar a perceber o que podemos mudar no nosso ensino para mais nos aproximarmos deles, nomeadamente ao nível da formação dos professores, dos currículos, das metodologias e da exigência.

O estado da educação em ciência foi tema de debate num encontro entre mentores. Para além de uma discussão alargada, foram organizados, por área científica, grupos de discussão constituídos por cinco mentores de países diferentes. Foram identificados vários problemas, tais como, a existência de currículos demasiado generalistas que não permitem ir além de uma “divulgação científica” e a falta de formação dos docentes relativamente aos conteúdos que leccionam, quer devido à integração de várias áreas científicas numa só disciplina escolar, quer devido à falta de docentes de áreas científicas específicas. A necessidade de centrar o ensino das ciências no método científico e o papel da avaliação foram temas que estiveram também em debate.

Como habitualmente, a estadia foi acompanhada de um programa social. Para além dos animados convívios, que muito fizeram dançar, no capítulo das visitas impressionou-me particularmente o extremamente bem equipado laboratório de Microtecnologia e Nanociência - MC2 [6].

MENTORA DE QUÍMICA – MARIA CLARA MAGALHÃES

Como mentora da área de química com larga experiência de participação nas Olimpíadas Ibero-americanas e Internacionais de Química fiquei surpreendida com a organização destas olimpíadas. Na verdade, a ideia original de criar algo diferente das olimpíadas já existentes resultou tanto na metodologia como na mentalidade subjacente. Os organizadores suecos quiseram imprimir uma mentalidade nova nesta competição que, pessoalmente, muito me agradou. Mentores e estudantes conviveram sempre no mesmo espaço físico não havendo a tradicional separação física entre estudantes e mentores que tem subjacente a ideia de falta de seriedade dos participantes. Até nas questões da atribuição das medalhas a EUSO se mostra diferente das outras olimpíadas ao dar medalhas a todos os participantes, mas o total das medalhas de ouro e prata não pode exceder os 50% do número total de medalhas atribuídas.

Como nas competições desportivas também nas olimpíadas de ciências é importante tentar obter medalhas, mas para além da componente científica há também a componente humana. As olimpíadas são uma experiência sempre enriquecedora para todos os que participam nelas pela oportunidade de conhecer gente nova e estabelecer laços de amizade com pessoas de outros países com outras mentalidades, culturas e tradições. As equipas portuguesas ainda só trouxeram medalhas de bronze, mas esperamos que, à semelhança da nossa participação noutras competições científicas, no futuro melhorem a nossa prestação. No sítio electrónico da Direcção-Geral de Inovação e Desenvolvimento Curricular afirma-se que esta competição *pretende estimular a escolha de carreiras científicas, desenvolver talentos, proporcionar troca de experiências e contactos entre estudantes que podem vir a participar nas olimpíadas Internacionais da Ciência, bem como comparar o currículo e as perspectivas do ensino das ciências entre os Estados-Membros da União Europeia* [4]. Numa altura em que se anda a fazer uma reflexão

sobre os *currícula* do ensino básico seria importante fazer uma análise sobre a estrutura, conteúdos e metodologias do ensino das ciências neste nível de ensino. O ensino experimental das ciências deve tornar-se uma realidade nas escolas portuguesas para toda a população. O esforço que é feito pelo Ministério da Educação com o suporte das Sociedades Portuguesas de Física e de Química e da Ordem dos Biólogos não é suficiente para colmatar as falhas tanto de conhecimentos teóricos como de destreza laboratorial que se exige nas provas internacionais em que participamos.

Esta olimpíada tornou-se memorável para todos os participantes pois a data de regresso aos respectivos países coincidiu com o encerramento do espaço aéreo europeu na sequência da explosão do vulcão da Islândia. A equipa portuguesa viajou de autocarro de Gotemburgo, Suécia até cada uma das cidades dos participantes em Portugal. Demorámos seis dias nessa aventura, pois todos os que andámos fora do país por essa altura experimentámos a sensação de todos os meios de transporte alternativos estarem saturados e a deslocação de nove pessoas é bastante mais complicada do que a de cada um de nós sozinho.

EQUIPA A (ALCOBAÇA):

Bernardo Pascoal Figueiredo (Física)
Catarina Mendes Correia (Biologia)
João Miguel Pimenta Pereira (Química)

Este ano, a nossa equipa participou pela segunda vez na Olimpíada da Ciência da União Europeia, tendo sido seleccionada através das Olimpíadas de Química Júnior. Embora todos sejamos “químicos”, foi-nos pedido que cada um de nós se especializasse numa das áreas abordadas nas provas, para podermos ter conhecimentos mais abrangentes e estudarmos a matéria dessa disciplina de forma mais alargada, incluindo a matéria dos próximos anos.

Sentimo-nos muito mais preparados: temos mais um ano de experiência, de maturidade e de aprendizagem e a diferença de ensino do 9º para o 10º ano contribuiu imenso para a nossa evolução como equipa. No entanto, não conseguimos passar da medalha de bronze, o que era o nosso objectivo. Tal deveu-se, em parte, à inesperada estruturação das provas, mas também à nossa falta de conhecimentos em Ciência relativamente ao resto da Europa. Na primeira prova, fomos apanhados de surpresa ao depararmos-nos com uma prova sem tarefa de Biologia, mas com duas de Física, tendo ainda uma tarefa extra, em que nos era pedido que “inventássemos” o nosso protocolo para resolver o problema. Talvez devido a má organização na redistribuição do trabalho, nessa prova não conseguimos ter um resultado tão bom como na segunda, mas nunca tivemos resultado negativo. Na outra prova, que já estava de acordo com o “modelo” (três tarefas, uma de cada disciplina), tivemos um



Equipa portuguesa constituída pelos alunos da Escola Secundária de D. Inês de Castro (Alcobaça): Catarina Correia, João Pereira e Bernardo Figueiredo

resultado bastante satisfatório, tendo nós, no total, ficado perto da prata. Achamos que ainda nos falta algo, nomeadamente a nível teórico, que nos impediu de responder acertadamente a algumas das questões puramente teóricas que nos foram apresentadas. Embora tenhamos estudado a matéria de 11º ano (e até de 12º), certos pormenores escaparam-nos por termos sido maioritariamente autodidactas.

Estar na Suécia, em representação do nosso país, foi uma experiência muito enriquecedora, não só pela componente científica e laboratorial, mas também pelo contacto com diferentes culturas e pela estadia num país tão diferente do nosso. Fizemos amizades que nunca esqueceremos e ainda hoje tentamos manter o contacto com as pessoas que, culturalmente diferentes, demonstram a mesma paixão que nós: a Ciência.

Da estadia, destacamos: a paisagem, tão diferente; a comida, que não se compara à mediterrânica, embora tenha as suas especialidades; as pessoas, incrivelmente simpáticas; o ambiente — de companheirismo, de socialização, mais do que de competição. E, claro, a viagem, porque, como alguns dizem, chegar ao local é quase tão divertido como lá estar! Com esta viagem, tivemos uma grande aventura... Após concluirmos a segunda prova, soubemos da incrível notícia da erupção do vulcão islandês, através de um estudante do Reino Unido, um dos países mais afectados. Durante a viagem de autocarro, todos quisemos saber mais detalhes sobre a notícia, porque, com tanta diversão, nunca ligámos a televisão dos nossos quartos e não fazíamos ideia do que se passava no resto do Mundo. Ficámos a saber que a erupção tinha libertado uma nuvem de cinzas que estava a pôr em perigo a circulação aérea e, por isso, os aeroportos estavam fechados... A reacção geral, ao contrário do que se possa pensar, foi de grande alegria, pois não termos forma de chegar a casa abria uma outra perspectiva: a de “termos” de ficar em Gotemburgo todos juntos até os aeroportos abrirem. Houve quem chegasse a afirmar que os sonhos se podem mesmo realizar! No entanto, no dia da partida, após uma grande festa e uma noite

passada em branco pela maior parte de nós, para aproveitar os últimos momentos, a maioria das delegações já tinha um plano de viagem alternativo e as despedidas aconteceram, inevitavelmente...

A nossa delegação não foi excepção. À tarde, depois de uma caminhada pela floresta (para desentorpecer as pernas), já com a certeza de termos quartos num hotel em Bruxelas, partimos, num autocarro da organização, juntamente com as delegações da Holanda, do Luxemburgo e do nosso país de destino, Bélgica. Passámos por vários países: Dinamarca, Alemanha, Holanda e, finalmente, chegámos a Bruxelas, na manhã seguinte. Depois de nos despedirmos de vez das Olimpíadas e de vaguearmos um pouco pela cidade com as malas atrás, encontramos o hotel e descansámos um pouco. Acabámos por ficar mais três dias na capital europeia, o que nos permitiu conhecer esta grande cidade, a sua cultura e ícones: comemos as típicas *gaufres*; comprámos deliciosos chocolates e engraçados livros de banda desenhada; visitámos locais históricos e marcos da cidade... Tentámos arranjar um meio de transporte mais confortável, mas tivemos mesmo de nos contentar com um autocarro, pois os comboios estavam lotados ou com as linhas fechadas, devido à greve francesa. A viagem até Portugal foi cansativa, mas valeu a pena pelas vistas e por nos levar finalmente a casa... No caminho, passámos por Waterloo, pela magnífica cidade de

Paris (até conseguimos avistar a ponta da Torre Eiffel) e por importantes cidades espanholas. Finalmente, ao fim de seis exaustivos dias, chegámos a casa! Na gare de Leiria, as nossas famílias esperavam-nos...

A erupção vulcânica atrasou o nosso regresso quase uma semana, o que nos dificultou bastante o trabalho de recuperação na escola; mas, por outro lado, proporcionou-nos uma melhor visão do mundo que nos rodeia, permitiu-nos conhecer a Europa como algo mais do que um conjunto de locais num mapa. Isso alargou os nossos horizontes, tanto culturalmente como em relação às dificuldades que se nos deparam. Agora, orgulhamo-nos de ter vivido uma experiência que pouca gente pode dizer que viveu, a qual vamos poder, um dia mais tarde, contar aos nossos filhos e depois aos nossos netos!

PARTICIPANTE DA EQUIPA B

Pedro Morais Pereira

A participação na EUSO revelou-se, para mim, uma experiência muito enriquecedora. Desde as primeiras aulas de preparação em Outubro do ano passado até ao dia 22 de Abril aprendi e vivi momentos que não me vou esquecer.

A minha equipa era de 3 elementos e cada um especializou-se numa área. A minha foi a Biologia, que me levou a ler um manual inteiro do 10º ano, antes de o aprender nas aulas. As au-



Equipa portuguesa constituída pelos alunos da Escola Secundária Domingos Sequeira (Leiria): Pedro Pereira, Leonel Pereira e Miguel Ferreira

las de preparação, ao princípio eram “esquisitas” pois ainda não me tinha apercebido bem daquilo que estava para fazer. Depois melhorei e com mais atenção e trabalho comecei a aprender bastantes assuntos principalmente da minha área, Biologia.

No dia 11 de Abril começou a jornada, e bem cedo estávamos todos no aeroporto de Lisboa para apanhar um avião até Frankfurt onde esperámos 5 horas para embarcar no avião para Gotemburgo. Chegados à cidade onde íamos participar na EUSO fomos recebidos por um membro da equipa da organização da EUSO que nos levou às nossas residências. Quando lá chegámos deparei-me não com um hotel, mas sim com várias “casinhas” com 4 – 6 camas em alguns quartos dentro de uma pequena vivenda. Aí fui confrontado com a ideia da Organização de nos ter separado (a todas as equipas e países) por quartos diferentes, ou seja no meu quarto ficaram, um português, e três outros rapazes de outros países. Aí pus à prova o meu inglês para poder comunicar com eles e foi um problema, descobri que nas aulas falo com muito mais facilidade do que em situações reais, como falar com estrangeiros...

Tivemos dias de provas e dias de lazer. Nos dias de lazer aprendi um jogo muito divertido parecido com o golfe mas em vez de bola usava-se um disco. Visitei museus e edifícios muito importantes na Suécia e na Europa como a maior estação nuclear da Escandinávia (Ringhals) e uma empresa

farmacêutica. Todos os estudantes participantes eram muito divertidos e foi muito bom ter conhecido pessoas de países e culturas diferentes. Muitas anedotas de ciências foram contadas, em inglês, por todos nós.

Nos dias de prova era apenas metade do dia para a prova (manhã/tarde) e as provas eram muito interessantes, difíceis, mas divertíamo-nos a ver os problemas, embora tenha sido difícil de responder à matéria de química ou, por exemplo, matéria de biologia que só vou aprender no 11º ano.

Após estes dias tivemos o dia final, onde recebemos os prémios, foi uma cerimónia muito agradável, divertida, onde todos nós estávamos vestidos a rigor. À noite tivemos um jantar, que se tornou uma autêntica festa, e que deixou saudades a todos nós, os participantes.

Nesse dia soubemos da notícia do vulcão e no dia em que era suposto voltar a Portugal fizemos uma excursão de autocarro pela Europa e ficamos em Bruxelas, na Bélgica, “presos” devido à falta de transporte. Eu gostei desses dias porque conheci um outro país, e um dos seus principais monumentos, o Atomium, que na minha opinião é um edifício espectacular!

Finalmente voltámos para Portugal, saímos de Bruxelas no dia 21 de Abril e após uma viagem bastante desconfortável de autocarro, de aproximadamente 30 horas estava na Gare de Leiria e a “Aventura” tinha acabado...

GFSM 2010

Nos dias 20 e 21 de Maio passado realizaram-se na Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa (FCUL) as Jornadas Científicas “GFSM 2010 - *L’effet Mössbauer au cœur des applications* “. Foi o encontro anual do “Groupe Francophone de Spectrométrie Mössbauer (GFSM)” e contou com a presença de 48 participantes.

Apesar de Portugal não ser um país francófono, há alguns anos que os

membros do Laboratório Mössbauer da FCUL fazem parte do GFSM e a longa tradição de colaborações científicas bilaterais, sobretudo com a França, bem como a existência de vários laboratórios de investigação que desenvolvem a espectroscopia Mössbauer em Portugal, fizeram de Lisboa o local escolhido para o encontro deste ano, envolvendo a Sociedade Portuguesa de Química na organização local.

Adorei esta experiência e aconselho a quem a puder fazer que não hesite!

REFERÊNCIAS

- [1] P. van Kampen, W.R. Browne, M. Burke, M.A. Cotter, P. James, E. McGlynn, R. O’Kennedy, P. Smyth, G. Whelan, A new science competition for secondary school students: the First European Union Science Olympiad, *European Journal of Physics* **25** (2004) 23-29.
- [2] R. O’Kennedy, M. Burke, P. van Kampen, P. James, M. Cotter, W.R. Browne, C. Ó’Fágáin, E. McGlynn, The First EU Science Olympiad (EUSO): a model for science education, *Journal of Biological Education* **39** (2005) 58-61.
- [3] Sítio electrónico da EUSO, <http://www.euso.dcu.ie/euso/home/index.htm>, visitado em 20 de Junho 2010.
- [4] Sítio electrónico da Direcção-Geral de Inovação e Desenvolvimento Curricular, <http://sitio.dgicd.min-edu.pt/PressReleases/Paginas/olimpiadaEUSO.aspx>, visitado em 20 de Junho 2010.
- [5] Sítio electrónico da organização Sueca da EUSO 2010 <http://www.chemsoc.se/sidor/KK/EUSO2010/results.htm>, visitado em 20 de Junho 2010.
- [6] Sítio electrónico do Departamento de Microtecnologia e Nanociência de Chalmers - MC2 <http://www.chalmers.se/mc2/EN/>, visitado em 20 de Junho 2010.

**MCM, CH, JC, BPF, CMC,
JMPP, PMP**

Os conferencistas convidados foram:
✕ **Yann Garcia** (Université de Louvain-la-Neuve, Bélgica), que apresentou o seu trabalho sobre materiais moleculares biestáveis, termo e foto-comutáveis, evidenciando como é possível manipular as interações intra e intermoleculares para controlar as propriedades ópticas e magnéticas destes materiais.
✕ **João Carlos Waerenborgh** (ITN/CFMC, Lisboa), que expôs um resumo

geral sobre estrutura e propriedades de diferentes ferrites com estrutura tipo perovskite; mostrou como as propriedades de condução mista podem ser conjugadas com os resultados de espectroscopia Mössbauer, permitindo uma melhor compreensão de fenómenos como a ordem de carga, tão vulgares em compostos deste tipo.

✕ **Jean Juraszek** (Université de Rouen, France), que fez uma apresentação detalhada sobre a estrutura, as propriedades magnéticas e as aplicações de multicamadas com propriedades de magnetostricção gigante, um tema actual e em expansão.

Para além das palestras convidadas, foram ainda apresentadas 17 comunicações orais e outras 17 sob a forma de poster, sendo de realçar o interesse e a elevada qualidade científica de todos os trabalhos apresentados, amplamente testemunhada pela vivacidade das discussões científicas ocorridas. Para além da adesão de novos investigadores portugueses ao GFSM, este encontro foi também a ocasião para novas e renovadas colaborações entre todos os participantes. É de salientar que estiveram representados 5 dos 7 grupos que actualmente utilizam a espectroscopia de Mössbauer em Portugal.

A qualidade científica do encontro e a forma cuidada como decorreu foram amplamente reconhecidas e apreciadas pelos participantes, nacionais e estrangeiros. A Comissão Organizadora está particularmente satisfeita com o sucesso do encontro e agradece calorosamente o apoio de todos os patrocinadores do evento.



Foto de grupo dos participantes



Sessão de Posters

LF, MDC
(Comissão Organizadora)

JUBILAÇÃO DO PROFESSOR MANUEL RIBEIRO DA SILVA

No próximo dia 30 de Setembro ocorrerá a jubilação do Doutor Manuel A. V. Ribeiro da Silva, Professor Catedrático do Departamento de Química e Bioquímica da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto. Nesse dia, o Professor Ribeiro da Silva pro-

ferirá a *Última Lição*, às onze horas, no Salão Nobre da Reitoria da Universidade. Durante a tarde, decorrerá no Departamento de Química e Bioquímica uma homenagem, sob a forma de um simpósio dedicado à vida e obra daquele professor, que culmi-

nará num jantar no Restaurante das Caves Taylor. Todos aqueles que desejem associar-se a esta homenagem poderão contactar o Departamento de Química e Bioquímica da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto.

JG

NOTA BIOGRÁFICA DO PROFESSOR MANUEL RIBEIRO DA SILVA

O Professor Doutor Manuel Ribeiro da Silva, licenciou-se em Engenharia

Químico-Industrial na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, em 1965. Doutorou-se em Química (Ph.D.), pela Universidade de Surrey,

Inglaterra, em 1974. Iniciou a sua actividade docente em 1965, como Assistente de Química da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto

(FCUP), onde é Professor Catedrático de Química, desde 1979. Entre outros cargos de gestão, foi Presidente do Conselho Pedagógico (1974/75) e Presidente do Conselho Directivo e Director da FCUP (1986 - 1998).

Membro da Comissão Instaladora e, posteriormente, da Comissão Directiva do Centro de Investigação em Química da Universidade do Porto (desde 1975), é presentemente o seu Coordenador Científico. Responsável por uma dezena de projectos de in-

vestigação financiados por agências nacionais ou internacionais, orientou várias dissertações de doutoramento em Química (14 já concluídas) e vários pós-doutoramentos de investigadores nacionais e estrangeiros.

A sua actividade científica intensa traduz-se em mais de 300 artigos científicos publicados em revistas internacionais SCI, 7 Capítulos de Livros Científicos, cerca de três centenas de Comunicações Científicas (incluindo cerca de 40 Lições Plenárias e Convi-

dadas) em Conferências Nacionais e Internacionais.

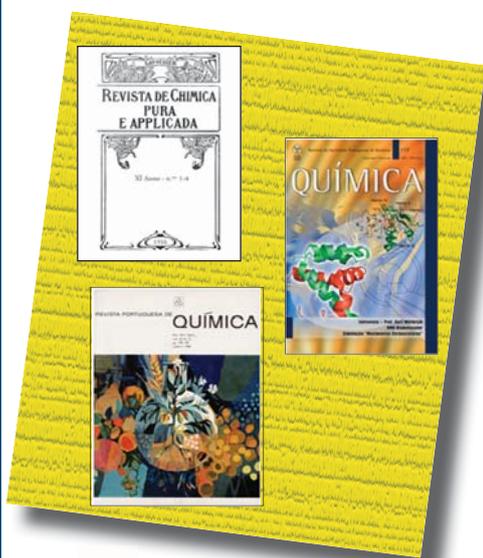
O Professor Doutor Ribeiro da Silva é "Fellow" da IUPAC (desde 2002), membro do "Advisory Board" do Journal of Chemical Thermodynamics e, em 2006, a Academia das Ciências de Lisboa elegeu-o como "Académico Correspondente da 3ª Secção – Química".

Durante a sua carreira recebeu inúmeros prémios e distinções nacionais e internacionais, destacando-se o Diploma e a Medalha Comemorativa do Instituto da Ordem de Lenine da Academia das Ciências da URSS (Química Inorgânica) "pela sua contribuição para o desenvolvimento da Química dos Compostos de Coordenação" (1988), o Prémio e Medalha Ferreira da Silva (2002), atribuído pela Sociedade Portuguesa de Química "pela obra científica produzida em Portugal e em reconhecimento da sua contribuição significativa para o avanço da Química", a W. Swietoslowski Medal of Honour (2003), atribuída pela Polish Society of Calorimetry and Thermal Analysis "pela excepcional actividade científica internacional em termodinâmica e calorimetria", o Prémio Estímulo à Excelência (2004) atribuído pela Fundação para a Ciência e a Tecnologia e o Christensen Award (2009), atribuído pela North American Calorimetry Conference (CALCON), em reconhecimento pela "sua notável e inovadora contribuição científica na área da Calorimetria".



Professor Manuel Ribeiro da Silva sob o olhar do Professor Ferreira da Silva

PERIÓDICOS DE QUÍMICA PORTUGUESES



A Sociedade Portuguesa de Química vai digitalizar e colocar on-line todas as suas publicações periódicas, com acesso livre e com possibilidade de pesquisa de conteúdos.

Esta iniciativa insere-se nas comemorações do Ano Internacional da Química (2011) e do Centenário da SPQ (2011-2012). Neste projecto, designado por "Periódicos de Química Portugueses", a SPQ irá disponibilizar os periódicos: Revista de Chimica Pura e Applicada (1905-1956), Revista Portuguesa de Química (1958-1997) e

Química, Boletim da Sociedade Portuguesa de Química (1977-presente), correspondendo a 105 anos de actividade editorial, e a cerca de 23.400 páginas. O Projecto "Periódicos de Química Portugueses", conta com a participação de duas empresas externas, uma de digitalização e outra de elaboração da aplicação de interface e de gestão, e tem o apoio da Fundação Calouste Gulbenkian, que para esse fim concedeu um importante subsídio.

As publicações deverão ficar on-line em Junho de 2011.

ÁREA DE PROJECTO ... UM VEÍCULO DE MOTIVAÇÃO PARA O ESTUDO DA QUÍMICA

A Escola vive do que nela se faz. Proporciona aos seus alunos oportunidades de sentir e de agir, para que possam intervir na sua própria formação, conduzindo a uma reflexão no sentido de encontrar resposta aos desafios que se colocam não só aos jovens mas também ao país. Ora isto só faz sentido quando a Escola traz para dentro de si as sinergias do mundo que a rodeia.

Motivar os alunos para o Trabalho em Projecto é, sem dúvida, permitir a transversalidade de conhecimentos, alertando-os para os problemas da sociedade em geral e comprometendo-os na busca de caminhos investigativos, no sentido de encontrar soluções, interligando níveis de ensino e empresas em geral.

Sendo a Química uma ciência fundamental para o desenvolvimento e compreensão do funcionamento de toda uma sociedade, ocupa, no entanto, um plano secundário na Escola actual, que se manifesta quer na redução dos tempos lectivos no 3º ciclo, quer na mudança para disciplina de opção no 12º ano.

A minha experiência como professora de Física e Química, assim como de Área de Projecto do 12º ano, na Escola Salesiana – Colégio dos Órfãos do Porto - tem provado que os nossos alunos, quando motivados, não conhecem obstáculos que os impeçam de caminhar rumo às soluções finais.

Recorrendo à pedagogia da descoberta/desafio e envolvendo os alunos em domínios/temáticas complementares das aprendizagens proporcionadas na sala de aula, é possível proporcionar e viver experiências pedagógicas inovadoras que desenvolvem competências essenciais para a sua vida académica e profissional.

A apresentação pública dos produtos finais permite que os alunos, nos anos seguintes, procurem novos temas, criativos e audaciosos, para desenvolver nas mais diversas áreas. Além disso, é possível envolver toda a co-

munidade escolar — colegas, pais, professores e funcionários — nas acções que promovem, assim como fazê-los parte integrante do projecto, como aconteceu, por exemplo, com os colegas do Curso Tecnológico de Produção Gráfica, que colaboraram no estudo do logótipo para a equipa do biodiesel e da embalagem para a pasta de dentes e loção antioxidante. No ano lectivo 2009/2010 foram vários os projectos desenvolvidos, nomeadamente a produção de biodiesel a partir da borra de café, a produção de dentífrico branqueador com base em carvão e a produção da loção antioxidante Asparagopsis armata.



PRODUÇÃO DE BIODIESEL A PARTIR DA BORRA DE CAFÉ

O tema foi desenvolvido em contexto extra curricular, por um grupo de alunos do curso de Ciências e Tecnologias, do 10º ano — Catarina Costa, Joana Oliveira, Marta Pinto e Daniela Pereira — e do 11º ano — Matheus Bernardo que formaram um grupo com o nome de BIOCOP.

A ideia surgiu com o conhecimento do concurso Rali Solar, promovido pela agência Ciência Viva, na modalidade **Girassol**, na qual os alunos teriam de produzir um biocombustível.

Muitas foram as ideias e foram realizadas muitas pesquisas no sentido de fazerem algo de novo. A ideia do projecto surgiu quando os alunos se aperceberam de que o **café pode ser um combustível alternativo** muito diferente da cafeína: o biodiesel. Foi o desenvolvimento desta ideia que lhes possibilitou a atribuição do 1º lugar na modalidade referida.

O grupo de alunos encontrava-se no 10º ano e revelava, por isso, grande falta de conhecimentos na área da Química. No entanto, o que poderia representar um obstáculo, não se revelou um impedimento à concretização do projecto.

Foi contactado o ISEP (Instituto Superior de Engenharia do Porto), na pessoa da docente e engenheira Nídia, que, desde logo, mostrou disponibilidade para orientar os alunos neste processo.

Os alunos utilizaram o café, em cápsulas de alumínio, o que permitiu alargar mais o âmbito do trabalho. Por um lado, puderam obter o alumínio da cápsula para posterior venda em lingote, por outro lado, produzir o biodiesel, utilizando o óleo extraído da borra do café. O objectivo futuro será, ainda, a aplicação da borra extraída num processo de compostagem.

O processo iniciou-se através de uma campanha de divulgação do projecto junto da comunidade escolar que pretendia a recolha de óleos usados e das referidas cápsulas de café. Após o desmantelamento das cápsulas e separação do café, este foi seco à temperatura ambiente.

De seguida procedeu-se à avaliação das características da borra de café: teor de humidade, sólidos voláteis, valor de pH, valor da condutividade, teor de azoto Kjeldahl, e ainda a determinação do carbono orgânico total. Os valores decorrentes desta avaliação são importantes para a qualidade do biodiesel a produzir.

O passo seguinte foi a preparação da unidade piloto para a extracção do óleo a partir da borra, usando n-hexano como solvente. Recorrendo a uma destilação através de um evaporador rotativo, foi possível separar o óleo do café do n-hexano e, assim, a partir dele, produzir o biodiesel.

Todo este processo pode ser utilizado como instrumento de educação ambiental, despertando a consciência ecológica em toda a comunidade.

Tal como outras fontes de energia, o contributo do biodiesel a partir da borra de café, como energia alternativa, pode não se revestir de grande dimensão na economia nacional, mas será sempre um contributo a adicionar a tantas outras formas de energias alternativas.

PRODUÇÃO DE UMA LOÇÃO ANTIOXIDANTE CONTRA O ENVELHECIMENTO DA PELE, A PARTIR DA ALGA ASPARAGOPSIS ARMATA

O grupo de alunos composto por Ana Monteiro, Alda Cruz e Luís Moura, que frequentaram o 12º ano na área de Ciências e Tecnologias, motivados por uma notícia sobre o aumento da esperança de vida, propuseram-se a produzir algo que permitisse, principalmente às mulheres, manter a beleza, se possível com base num produto natural.

Com o apoio do CIIMAR (Centro Interdisciplinar de Investigação Marinha e Ambiental) da Universidade do Porto, iniciaram o projecto com a recolha de diversos tipos de algas na praia. Num processo paralelo a este projecto, produziram um herbário que apresentaram à comunidade escolar no Dia da Ciência, aproveitando esta oportunidade para informar sobre as múltiplas e variadas aplicações das algas no nosso dia-a-dia.

Na fase seguinte, a intervenção da Faculdade de Farmácia da Universidade do Porto, com o apoio da Drª Paula Andrade, da Drª Patrícia Valentão e do Dr. Marcos Taveira, foi muito importante, pois disponibilizaram recursos humanos e materiais e conseguiram ajudar a concretizar a ideia inicial do projecto.

É importante salientar que o grupo de alunos não tinha qualquer conhecimento relativamente às técnicas que iriam utilizar, o que obrigou os alunos



a desenvolver um trabalho de campo muito árduo.

Neste trabalho, estudou-se a perfil químico do extracto aquoso liofilizado de *A. armata*, através de cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massa (GC-MS) e avaliou-se o seu potencial antioxidante contra o radical superóxido ($O_2^{\cdot-}$).

A análise do cromatograma obtido por CG-MS revelou a presença de vários compostos voláteis, nomeadamente norisoprenóides, aldeídos, terpenos, entre outros. Alguns desses compostos são usados em perfumaria, como, por exemplo, iononas, mentol e derivados. A presença destes compostos é importante, pois, quando incluída numa loção, confere-lhe um odor agradável.

Adicionalmente, o extracto aquoso liofilizado da alga *A. armata* demonstrou uma actividade antioxidante considerável para o radical superóxido que é o principal responsável pelo envelhecimento precoce da pele.

Devido à complexidade da matriz em estudo, não é possível atribuir a sua actividade antioxidante a um único composto ou a uma classe de compostos em particular. No entanto, parte da actividade registada pode ser atribuída aos compostos terpénicos, os quais possuem a actividade antioxidante descrita.

Deste modo, conclui-se que a inclusão numa loção antioxidante do extracto aquoso liofilizado de *A. armata*, a que os alunos atribuíram o nome de **red lineage** é muito promissora, sendo importante o seu uso para que o extracto seja capaz de proteger a pele das agressões diárias a que esta está exposta.

PRODUÇÃO DE DENTÍFRICO BRANQUEADOR COM BASE EM CARVÃO

O grupo de alunos composto por Joana Oliveira, Maria Fernandes, Micail Barbosa e Nelson Teixeira, que frequentaram o 12º ano, propôs-se elaborar a formulação de uma pasta dentífrica, cuja principal função é a optimização do branqueamento den-

tário, com base em carvão activado. A ideia surgiu através do testemunho dado pelo Micail, aluno de nacionalidade guineense, que referiu que no seu país de origem é prática comum esfregar carvão nos dentes.

O trabalho teve início com a pesquisa de dados sobre as propriedades do carvão activado, para, de seguida, se passar ao estudo da composição das várias pastas dentífricas que existem no mercado, bem como da função de cada um dos constituintes.

Este grupo procurou apoio numa instituição de ensino superior, neste caso, a Faculdade de Medicina Dentária da Universidade Fernando Pessoa, onde também foram disponibilizados recursos humanos e materiais para que o projecto se pudesse concretizar.

Nos laboratórios desta instituição de ensino foi feito o estudo da formulação de uma pasta e de um gel dentífrico, agora usando o carvão activado, em cápsula, como agente branqueador.

Surgiu, então, a necessidade de testar a nova formulação. Foi fornecido ao grupo de alunos um conjunto de dentes naturais que foram divididos em grupos para serem sujeitos a lavagens em idênticas condições, com pastas de marcas conhecidas e com a nova pasta, de modo a que, usando a escala de brancura dos dentes, se pudesse comparar a evolução do branqueamento dos mesmos.

No final, os alunos concluíram que o gel dentífrico revelou resultados promissores no que respeita ao branqueamento e que não se verificou efeito abrasivo resultante de eventual excesso de partículas sólidas e/ou da sua dureza.

A única ressalva foi o aspecto do produto obtido. Mesmo assim, num questionário feito aos visitantes da IV Mostra Nacional da Ciência, no âmbito do concurso Jovens Cientistas e Investidores a que este grupo de alunos concorreu, muitas pessoas afirmaram que o aspecto do produto não era impeditivo da sua utilização. Neste concurso, foi-lhes atribuída uma **Menção Honrosa**.



A Área de Projecto para estes alunos terminou, mas o projecto poderá continuar, passando por um estudo mais profundo das propriedades da formulação apresentada. Além disso, podem continuar a contar com o apoio da UFP para fazer o teste em dentes vivos. Assim, esperemos que haja um grupo de alunos que queira dar continuidade ao projecto no próximo ano lectivo.

CONCLUSÃO

Os relatórios exaustivos destas actividades poderão vir a ser divulgados em futuras edições deste Boletim.

Considerando que o próximo ano será o ANO INTERNACIONAL DA QUÍMICA, procurarei continuar a desenvolver com os meus alunos actividades no âmbito da Química, mas, sobretudo, procurarei levar a Química ao cidadão comum.

Um teatro ou um musical, tertúlias em ambientes públicos com convidados especiais, exposições de biografias de Químicos, com demonstrações de alguns dos trabalhos por eles desenvolvidos, um concurso de Tabelas

Periódicas feitas a partir de materiais reciclados, entre outros, são ideias que pretendo desenvolver.

Já abordei alguns colegas no sentido de pôr em prática estas ideias. É minha intenção criar um grupo de professores de várias escolas da cidade do Porto que, em conjunto, dinamizem estas e outras actividades que possam surgir em tempo oportuno.

Deixo aqui, desde já, o desafio a todos os colegas que se sintam motivados a participar!

Maria de Lourdes Leitão
(mlourdesleitao@gmail.com)



ACTUALIDADES CIENTÍFICAS

MEDINDO O PROTÃO

Uma nova investigação de um vasto grupo internacional de cientistas liderado pelo físico Randolph Pohl do Max Planck Institute for Quantum Optics, na Alemanha, e que inclui investigadores das Universidades de Aveiro e de Coimbra, sugere que o protão pode ser significativamente mais pequeno do que o considerado até ao momento (Nature 2010, 466, 213). Este resultado pode acarretar importantes consequências, já que potencialmente pode conduzir a uma alteração importante dos valores de constantes físicas chave, que se supunha serem conhecidos já com algum grau de exactidão.

O grupo estudou uma forma exótica de hidrogénio, designado por hidrogénio muónico, em que o usual electrão do átomo de hidrogénio é substituído por um muão, uma partícula semelhante ao electrão (ambas são classificadas como leptões), já que possui a mesma carga do que este, mas tem uma massa 200 vezes mais elevada. Os investigadores usaram pulsos laser para medir a diferença de energia entre dois estados do átomo alterado, e posteriormente estimar o raio de carga do protão, uma medida do espalhamento espacial da sua carga positiva.

Através da experiência realizada, Pohl e colaboradores obtiveram um valor para o raio de carga do protão de 0.84184 fm (femtómetro). Esta estimativa difere consideravelmente ($\approx 4\%$) do valor previamente aceite de 0.8768 fm, estabelecido pelo International Council for Science's Committee on Data for Science & Technology (CODATA) em 2006, após a revisão de resultados obtidos por dispersão (scattering) de electrões e espectroscopia de hidrogénio atómico. O resultado é ainda mais surpreendente, já que o objectivo inicial da pesquisa, segundo Joaquim Santos da Universidade de Coimbra, consistia em aumentar a precisão do valor conhecido do raio do protão, de um por cento para um por mil, acrescentando mais uma casa decimal ao valor oficial em vigor. "Precisávamos de melhorar a precisão porque (as previsões) da teoria QED (Quantum Electrodynamics) estão limitadas pela precisão do raio do protão", explica Joaquim Santos.

Um valor significativamente diferente para o protão afectará inevitavelmente o valor de parâmetros físicos como a constante de Rydberg, que representa a energia fotónica mínima de ionização de um átomo de hidrogénio no seu

estado fundamental. Assim, como todas as constantes fundamentais estão relacionadas entre si, "se uma muda, todas mudam, incluindo o número de Avogadro", assegura Richard N. Zare, professor de Química, da Universidade de Stanford.

"Serão necessárias pesquisas adicionais para o teste da correcção do novo valor para o raio do protão e para avaliar se as razões que explicam a diferença em relação ao valor anterior se devem a questões experimentais ou a problemas com a teoria de base", afirma Jeff L. Flowers, um investigador do National Physical Laboratory, no Reino Unido.

(Adaptado dos artigos de 12/07/2010 de Jyllian N. Kemsley: *Sizing the Proton*, *Chemical & Engineering News*, <http://pubs.acs.org/cen/news/88/i28/8828notw8.html> e de 07/07/2010 de Ana Gerschenfeld: *O protão é mais pequeno do que se pensava e por enquanto ninguém sabe porquê*, *Público*, http://www.publico.pt/Ciencias/o-protao-e-mais-pequeno-do-que-se-pensava-e-ninguem-sabe-porque_1445690)

PB

ChemistryViews

- Presents top quality information from



an organization of 14 chemical societies in continental Europe, publishing world leading journals like *Chemistry – A European Journal*

- Gateway to WILEY's unique chemistry program including *Angewandte Chemie*, the flagship journal of



GESELLSCHAFT DEUTSCHER CHEMIKER

- Free to view magazine



Spot your favorite content at

www.ChemistryViews.org



JOANA BARATA PRÉMIO QUÍMICOS JOVENS / GRADIVA 2010

ENTREVISTA CONDUZIDA POR CARLOS BALEIZÃO¹ E
FREDERICO FERREIRA²



A Dra. Joana Barata foi vencedora ex-aequo do Prémio Químicos Jovens / Gradiva 2010, com um artigo intitulado “Estudos de actividade fotodinâmica de corróis em células tumorais”. Aproveitámos uma visita da Joana a Lisboa no mês de Junho para conversarmos um pouco sobre as motivações que levaram esta jovem química a divulgar ciência, bem como um pouco do seu percurso enquanto cientista.

CB: Qual foi a motivação para concorrer ao Prémio Químicos Jovens / Gradiva 2010?

JB: A grande motivação foi a possibilidade de expor o trabalho desenvolvido no meu doutoramento, em Síntese Orgânica na Universidade de Aveiro sob a orientação do Prof. José Cavaleiro e da Prof. Graça Neves, e o possível reconhecimento que viria com o prémio.

CB: Não é fácil colocar numa linguagem acessível a Ciência que realizamos na bancada. Quais as maiores dificuldades em transformar Ciência de bancada em divulgação científica?

JB: As dificuldades foram várias, como o tipo de linguagem a usar, que além de ter de ser simples, implica transformar termos técnicos em termos correntes e compreensíveis a todos os que têm uma formação diferente da nossa. Devemos também ter em mente, que o leitor tem uma expectativa elevada em relação à aplicabilidade da ciência na sociedade.

CB: A atenção que os órgãos de comunicação social dedicam à Ciência e Tecnologia em Portugal é cada

vez maior, sendo a TSF e a SIC bons exemplos desse trabalho. O que achas da forma como a Ciência ainda é tratada nos meios de comunicação regulares em Portugal (jornais, TV, rádio)?

JB: Apesar dos programas na TV e rádio terem uma boa qualidade, a Ciência ainda é pouco explorada nos meios de comunicação social. Para uma melhor divulgação científica podia-se tirar um maior partido da internet, que é de fácil acesso a um número crescente de pessoas. A criação, por exemplo, de jornais on-line de livre acesso dedicados à Ciência, seria uma boa ideia.

FF: Costumas participar nos dias Abertos do Departamento de Química da Universidade de Aveiro. Como é essa experiência?

JB: Muito divertida e enriquecedora. Imagina um grupo de crianças com 6/7 anos, a fazerem as perguntas mais ingénuas e cruas que podemos imaginar, e à espera de respostas directas e simples. É um grande desafio, pois estamos a trabalhar sem rede, as respostas têm de ser rápidas e concisas. Quando começam a olhar para nós muito atónitos é porque não estamos a fazer bem o nosso trabalho, mas se começam a fazer ainda mais perguntas, mostrando ainda mais interesse,

é porque a nossa mensagem está a chegar.

FF: Então achas que essa idade (6/7 anos) é a ideal para se começar a ter contacto com a Ciência?

JB: Sim, é a ideal. Quanto mais novos tiverem contacto com Ciência melhor. Hoje em dia as evoluções são diárias, e cada vez os mais novos têm contacto com novas realidades. A Ciência tem de acompanhar este progresso. Quanto mais cedo se ganhar curiosidade e interesse pela Ciência, melhor.

FF: Alguma ideia inovadora para fazer divulgação científica?

JB: Somente tornar toda a divulgação científica já existente mais simples e apelativa, e claro, torná-la mais visível junto do grande público, como já falámos.

FF: O caminho que se percorre durante um doutoramento, por vezes é sinuoso e com obstáculos que temos que ultrapassar. Qual a maior dificuldade que tiveste de ultrapassar durante o teu doutoramento?

JB: A maior dificuldade foi o facto de os corróis não seguirem a quími-

¹ CQFM/IST, carlos.baleizao@ist.utl.pt
² IBB-IST, frederico.ferreira@ist.utl.pt

ca tradicional e assim não conseguir aplicar aos meus compostos reacções conhecidas e bem estabelecidas na literatura. Estou a falar de reacções que podemos ver em livros ou artigos, mas que depois na bancada não funcionam. Durante dois anos tive muitos destes casos, em que obtinha outros produtos que não os desejados, e todo este processo de aprendizagem em Química Orgânica é moroso.

CB: Mas não só de dificuldades e dis-sabores é feito um doutoramento. O que é que te deu mais prazer?

JB: Apesar das dificuldades que mencionei atrás, que levaram a um processo de aprendizagem importante, gostei de todo o tempo que passei na bancada.

FF: Durante o teu doutoramento, passaste algum tempo fora de Portugal. Achas importante ter contacto com outras realidades e culturas científicas?

JB: Muito importante. Ao trabalharmos durante algum tempo na mesma instituição, corremos o risco de ter o nosso pensamento muito formatado, ao termos contacto com novas realidades, embora tenham o mesmo objectivo, a forma de o conseguir é diferente, levando a uma abertura na nossa visão e o horizonte passa a ser



Joana Barata no laboratório onde realizou o seu Doutoramento

maior. No meu caso concreto, fui para a Universidade Autónoma de Madrid trabalhar em Microbiologia Celular, uma área completamente diferente da

Síntese Orgânica a que estava habituada. Além das novas técnicas que aprendi, o contacto com novas formas de trabalhar foi também muito enriquecedor.

CB: Voltarias a sair de Portugal para continuar a tua actividade científica?

JB: Sim, mas só com a família.

FF: Que conselho deizas aos jovens investigadores que acabaram recentemente os seus cursos e têm a intenção de prosseguir doutoramentos?

JB: Primeiro traçar objectivos ambiciosos, e colocarem todo o seu esforço e dedicação para os atingirem. Hoje em dia, a concorrência é cada vez maior, e os jovens investigadores têm de se superar a si próprios para obterem resultados inovadores que no futuro lhes permitam atingir uma posição na investigação.

CB: A entrevista chegou ao fim, agradecemos a tua disponibilidade e Boa Sorte para o futuro.



Doutora Joana Barata na sua conferência no 2º Encontro de Químicos Jovens

DAVID MARÇAL PRÉMIO QUÍMICOS JOVENS / GRADIVA 2010

ENTREVISTA CONDUZIDA POR CARLOS BALEIZÃO¹ E
FREDERICO FERREIRA²



O Dr. David Marçal foi vencedor ex-aequo do Prémio Químicos Jovens / Gradiva 2010, com um artigo intitulado “O Sindicato das Proteínas”. A entrevista teve lugar na sede da Associação Viver a Ciência, em Lisboa, na qual o David é colaborador e onde passa parte do seu tempo a conjugar divulgação científica com humor.

CB: Qual foi a motivação para concorrer ao Prémio Químicos Jovens / Gradiva 2010?

DM: Na altura em que estava a escrever a minha tese de doutoramento comecei a publicar pequenos textos no blogue “DE RERUM NATURA” que contavam a história do meu doutoramento. Quando vi o regulamento do prémio pensei que podia utilizar esse material para concorrer. E como estou neste momento ligado à comunicação de ciência, achei que fazia sentido.

FF: Transpor a ciência que se faz nos nossos laboratórios em divulgação científica é um desafio reconhecido por todos. Quais as maiores dificuldades que encontrei em transformar Ciência de bancada em divulgação?

DM: A principal dificuldade foi o tema ser o meu próprio trabalho. Já tinha escrito para o Público sobre o trabalho de outras pessoas, mas sobre o meu trabalho é muito mais difícil. Estou tão envolvido e tudo me parece tão lógico, que por vezes tenho de parar e dar um passo atrás para conseguir explicar as coisas de um modo compreensível para todos. Eu

trabalhei com proteínas, e quando fiz um estágio no Público no âmbito do programa “Cientistas na Redacção”, uma estagiária de jornalismo perguntou-me o que era uma proteína. Eu tinha tanta coisa para dizer sobre o que era uma proteína, que simplesmente a confundi. Nesse momento percebi como é difícil explicar de uma forma simples o nosso trabalho na Ciência, pois estamos emocionalmente ligados e rejeitamos qualquer tipo de simplificação. Para concluir a resposta, o que fiz em relação ao texto do prémio foi contar pequenas histórias, sem tentar ser sistemático.

CB: O que achas da forma como a ciência e a divulgação científica é tratada nos meios de comunicação (jornais, TV, rádio)? O trabalho é de qualidade ou ainda temos um caminho a percorrer?

DM: Temos um caminho a percorrer, a questão é por quem. Em relação à qualidade existe uma diferença quando o trabalho é realizado por jornalistas especialistas em ciência ou por jornalistas generalistas que pegam num tema científico. Os primeiros fazem um trabalho de elevada qualidade, os outros nem sempre. Mas infelizmente existe uma tendência a nível mundial para a redução das redacções de ciên-

cia e dos jornalistas dedicados exclusivamente à ciência. Esta tendência é bem visível nos jornais portugueses. Embora esta situação seja um problema, também é uma oportunidade para os cientistas se envolverem cada vez mais na divulgação de ciência, principalmente através das redes sociais e blogues.

FF: Como pode um cientista que nunca escreveu para um órgão de comunicação social, melhorar a sua escrita de divulgação?

DM: As pessoas ou se sentem motivadas a escrever ou o melhor é nem começarem. Mas o mais importante é os cientistas perceberem que têm de explicar o que fazem a pessoas que não são especialistas. Os gabinetes de comunicação das Universidades também podem ter um papel importante, se funcionarem como pontes entre os meios de comunicação e os cientistas.

FF: Achas que temos uma sociedade cada vez mais de conhecimento e por isso é mais fácil fazer divulgação científica?

DM: Penso que temos uma sociedade um pouco esquizofrénica, que por um lado reconhece a importância da ciên-

¹ CQFM/IST, carlos.baleizao@ist.utl.pt
² IBB-IST, frederico.ferreira@ist.utl.pt

cia e se vira para ela para melhorar a sua qualidade de vida, mas ao mesmo tempo vacila no reconhecimento da importância dos cientistas. Outro equívoco é a não distinção entre investigação fundamental e aplicada, e a falta de consciência da importância da primeira para que a segunda tenha sucesso.

CB: Neste momento és investigador de pós-doutoramento no Instituto de Medicina Molecular da Universidade de Lisboa, no Museu da Ciência da Universidade de Coimbra e na Associação Viver a Ciência com um projecto intitulado “Comunicação e divulgação de ciência, recorrendo ao teatro e ao humor”. Fala-nos um pouco dos objectivos iniciais e dos resultados que já alcançaste.

DM: Os objectivos são criar veículos de comunicação de ciência que sejam apelativos para o público em geral, recorrendo ao teatro e ao humor. Comecei por criar vários espectáculos

para a Noite dos Investigadores 2009 com abordagens diferentes, em que os objectivos são comunicar ciência envolvendo investigadores. Um dos projectos chama-se “Os Cientistas de Pé”, é um grupo de stand-up comedy com cientistas das mais variadas áreas que falam de temas científicos com ligação à vida quotidiana numa perspectiva cómica. Outro espectáculo chama-se “Stupid Design” e foi criado para o Museu da Ciência da Universidade de Coimbra. É um monólogo humorístico interpretado por um actor profissional, que satiriza as teorias do Intelligent Design, que tentam mascarar o criacionismo como Ciência. Este espectáculo foi desenvolvido em paralelo com outro chamado “Nascer da Evolução” cujo tema é o desenvolvimento da resistência aos antibióticos pelas bactérias. Nestes espectáculos, que são produzidos profissionalmente, tendo encenador e actores profissionais, a participação dos cientistas é feita através de vídeo ou por falsas perguntas do público ao conferencis-

ta. No total, foram efectuadas entre 2009 e 2010, 27 espectáculos com 42 investigadores envolvidos.

CB: Que tipo de público costuma assistir a estes espectáculos e que feedback costumam ter?

DM: O público é muito variado, pois já fizemos espectáculos nos mais diversos contextos. Os “Cientistas de Pé” já actuaram na ILGA, na Sociedade de Instrução Guilherme Cossoul, no anfiteatro ao ar livre da Gulbenkian para mais de 1000 pessoas (na Noite Europeia dos Investigadores), no Teatro Municipal de Bragança, etc. O público mais difícil foi no Open Day da Lx Factory, talvez mais eclético e distante da ciência, levou mais tempo a ser cativado. Em relação ao feedback, esse tem sido sempre positivo.

FF: Também és colaborador no Inimigo Público (*nota: suplemento satírico colado à actualidade, distribuído com o jornal Público*), com alguns textos a utilizarem linguagem e conceitos científicos. Até que profundidade vais em relação aos conceitos utilizados?

DM: Já tive uma preocupação maior em ir a uma profundidade grande, mas no Inimigo Público o principal objectivo é fazer humor e as pessoas lêem o jornal por causa disso. Divulgar e comunicar ciência vem depois. O texto pode ser apenas uma forma de gerar interesse por um determinado tema científico ou envolver conceitos mais aprofundados. Por exemplo, já escrevi um texto algo extenso sobre a relação entre a segunda lei da termodinâmica e a tendência para ocorrer corrupção nas autarquias. Mas também pode ser uma ideia simples, como que a extensão da plataforma continental portuguesa fará baixar a dívida pública por metro quadrado.

CB: Fazes da criatividade um dos pilares do teu trabalho. A criatividade treina-se?

DM: O mais importante é não asfíxiá-la. Treinar a criatividade é exercê-la, arriscar, experimentar, não ter medo de falhar.

FF: Quais as diferenças entre a criatividade científica e a criatividade humorística?



David Marçal num dos espectáculos “Os Cientistas de Pé”



Espectáculo "Stupid Design"

DM: Para mim uma diferença prática é a duração dos ciclos. Quando estamos a fazer investigação, os ciclos de exposição pública são mais longos. Apesar de termos resultados diários e podermos fazer uma avaliação semanal ou mensal, a apresentação do trabalho faz-se num congresso ou quando publicamos o artigo. No humor, e no caso particular do Inimigo Público, o ciclo é semanal. Na Terça começamos a escrever, à Sexta é publicado e na semana seguinte já não nos lembramos do que é que escrevemos. No entanto algo liga a criatividade científica à criatividade humorística, que é a necessidade de termos um olhar diferente e um pensamento divergente em relação a um determinado conceito já estabelecido.

CB: O teu percurso após licenciatura é muito peculiar: começaste pela indústria farmacêutica, nomeadamente como investigador na Hovione, de

seguida voltaste à Universidade para o doutoramento e agora estás na divulgação de Ciência. Este percurso foi planeado previamente na medida que querias ter um percurso diversificado, ou foste aceitando os novos desafios que iam surgindo?

DM: Não foi planeado. O que existe de comum a todo o percurso é a Ciência. Acabou por resultar numa diversidade de experiências bastante grande. O contacto com a indústria farmacêutica permitiu-me conhecer a investigação aplicada e o desenvolvimento de processos. O doutoramento permitiu-me regressar à investigação fundamental, na qual me revejo mais. A divulgação científica surge de um percurso que sempre tive em paralelo com a investigação. Desde 2003 que escrevo para o Inimigo Público, e a dada altura apercebi-me que ia escrever essencialmente sobre temas científicos, fazendo sátira usando conceitos e lin-

guagem científica. E acaba por surgir naturalmente no final do doutoramento a opção de trabalhar a tempo inteiro na comunicação de ciência.

FF: Mas a tua escrita remonta a antes de 2003, quando participavas na revista "Fórum Estudante".

DM: Sim. Comecei a escrever na "Fórum Estudante" em 1993, e na altura existia espaço para escrever sobre os mais variados temas e uma grande abertura também quanto aos formatos. Desde logo comecei por escrever textos de cariz humorístico e também foram aí as minhas primeiras experiências a escrever sobre temas científicos.

CB: Terminaste o doutoramento em 2008 no ITQB. Durante esse período, qual a maior dificuldade que tiveste de ultrapassar?

DM: A incerteza dos resultados, e se no final teria volume e qualidade suficiente para escrever uma tese. Digamos que estava num dilema entre a ambição do que se procura e o realismo do que é possível fazer. Mas ao mesmo tempo foi importante aprender a fazer esse equilíbrio e a tomar decisões.

FF: E o que te deu mais prazer?

DM: Quando acabou e obtive a estrutura da minha proteína, pois foi muito difícil (risos). Mas também a autonomia que se ganha e a capacidade de tomar decisões.

FF: Ao longo do teu doutoramento estiveste períodos fora de Portugal, nomeadamente França e Inglaterra. Quais as diferenças que encontraste e que lições trouxeste?

DM: Estes países continuam a ter melhores condições para fazer investigação. Não me refiro somente a recursos financeiros e meios técnicos, que são uma diferença importante, mas também de cultura organizacional. No sistema inglês as pessoas são mais responsabilizadas, há mais mobilidade profissional, menos endogamia (e não é bem vista), o que tem um efeito positivo na qualidade da ciência produzida. As estruturas de apoio são



Alguns participantes do espectáculo "Os Cientistas de Pé"

mais abundantes e estão próximas, existindo por exemplo mais técnicos de laboratório. Com o que eles não conseguem competir é com a gastronomia, o clima e o *sex appeal* dos portugueses!

CB: O doutoramento é o início de uma carreira exclusiva a fazer investigação, ou pode ser uma ferramenta para ser utilizada em outras áreas?

DM: O doutoramento é uma ferramenta que pode ser rentabilizada noutras áreas para além da investigação, como na comunicação de ciência, gestão de ciência e outras carreiras de apoio à investigação que são muito necessárias. Por exemplo, angariar dinheiro é algo muito específico e muito complicado. Estas carreiras de apoio à investigação podem permitir que os investigadores dediquem mais tempo ao seu trabalho científico. Outro percurso possível é o empreendedorismo. Depende muito da motivação

pessoal, mas penso que há alternativas à investigação que não são um subaproveitamento do doutoramento.

FF: Há pouco referias que o doutoramento nos dá uma relação privilegiada com o conhecimento...

DM: A grande vantagem do doutoramento é ter uma relação diferente com o conhecimento. O conhecimento passa a ser visto como algo plástico, que se constrói, e não como uma coisa estática, escrita na pedra. E é essa relação com o conhecimento que é para mim a grande vantagem de um doutoramento. Por isso é que é importante que os professores universitários tenham uma actividade de produção científica, para que possam transmitir essa dimensão dinâmica do conhecimento.

CB: Que conselho deixas aos jovens que acabaram recentemente os seus cursos e estão a começar no mundo da investigação?

DM: Que escolham uma área que realmente gostem, não esquecendo que a escolha do orientador também é importante. Considerem fazer uma pausa para escolher caso estejam indecisos, pois o doutoramento é muito exigente e se não houver uma motivação muito grande tudo será mais difícil. Também é uma oportunidade para ir para fora, em geral numa altura da vida em que isso é favorável.

CB: Terminámos a entrevista. Obrigado pelo tempo concedido e boa sorte para o futuro.

NOTA:

Para mais informações sobre os espectáculos referidos ao longo da entrevista podem consultar os seguintes links:

<http://cientistasdepe.blogspot.com/>
<http://dequefalamosquandofalamosdecientistas.blogspot.com/>
<http://nascerdeaevolucao.blogspot.com/>



Sociedade Portuguesa de Química
 Avenida da República, nº45 - 3º Esq.
 1050-187 Lisboa - Portugal

URL: www.spq.pt
 E-mail: sede@spq.pt

ESTUDOS DE ACTIVIDADE FOTODINÂMICA DE CORRÓIS EM CÉLULAS TUMORAIS

JOANA F. B. BARATA*

De forma a contribuir para o desenvolvimento de novas moléculas de tipo corrol com potencial aplicação em Terapia Fotodinâmica (PDT), foram sintetizados novos conjugados corrol-ciclodextrina. Após a determinação de alguns parâmetros que envolvem a absorção de radiação, relevantes para a acção de um fotossensibilizador, foi avaliada a potencial actividade fotodinâmica dos novos conjugados e do corrol precursor sobre uma linha celular tumoral - HeLa. As alterações celulares provocadas pelos fotossensibilizadores foram estimadas por ensaios imunológicos.

INTRODUÇÃO

A procura de novos princípios activos para as várias doenças que assolam a população mundial é um móbil para a descoberta e síntese de novos compostos. Foi esta a principal razão para o aparecimento de um novo tipo de macrociclos tetrapirrólicos aromáticos, os corróis. Este tipo de macrociclo tem suscitado elevado interesse da comunidade científica pela sua química, que é tão própria, tão especial e tão criativa.

A história dos corróis começa no estudo desenvolvido na segunda década do século XX por George Whipple. Este investigador estudou a influência da dieta alimentar, na regeneração da hemoglobina, em cães com anemia, dando particular atenção a dietas ricas em fígado. G. Minot e W. Murphy estenderam esta terapia a doentes com anemia perniciosa, obtendo excelentes resultados. A “terapia do fígado”, aplicada ao tratamento da anemia perniciosa, valeu a G. Minot, G. Whipple e W. Murphy o Prémio Nobel da Fisiologia e Medicina, em 1934 [1].

No final dos anos 40, Folkers et al. [2] na procura do princípio activo desta nova metodologia, isolaram um pigmento vermelho cristalino do fígado, o qual designaram de vitamina B₁₂.

Em 1949, Pierce et al. [3] separaram duas formas cristalinas de vitamina B₁₂, igualmente eficazes no combate da anemia perniciosa: a cianocobalamina e a hidroxicobalamina. Estudos de difracção por Raios X desenvolvidos por D. Crowfoot-Hodgkins [4], elucidaram a estrutura da cianocobalamina contendo um novo tipo de macrociclo (Figura 1), valendo-lhe o Prémio Nobel da Química em 1964 [5]. Estes estudos identificaram pela primeira vez um novo tipo de macrociclo denominado de corrina 1 (Figura 2).

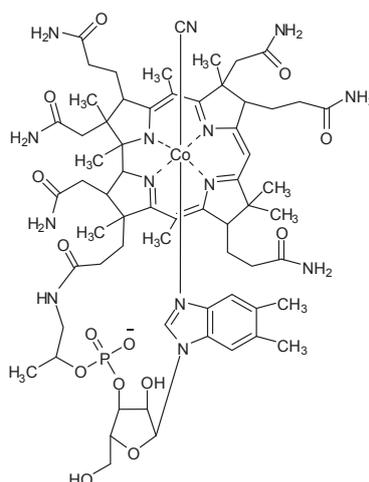


Figura 1 – Estrutura da cianocobalamina

Ao examinar possíveis métodos de síntese para a preparação de corrinas, Jonhson e Price [6] descobriram uma rota sintética para preparar vários derivados metálicos de um macrociclo conjugado, que por sugestão do editor da revista (*J. Chem. Soc.*), denominaram de **CORROL**. Cinco anos mais tarde, Jonhson e Kay [7] corrigiram a estrutura proposta com onze ligações duplas e sugeriram o mesmo termo para designar a estrutura 2 (Figura 2), que contém dez ligações duplas. Os corróis são macrociclos tetrapirrólicos com uma ligação directa entre duas unidades afins do pirrol, semelhante à estrutura da corrina e mantêm a aromaticidade, tal como as porfirinas, com 18 electrões π .

Embora o macrociclo corróico seja conhecido há mais de 40 anos, a investigação fundamental da sua química, assim como as potencialidades das suas aplicações, permaneceu quase inexplorada até à descoberta de novas rotas sintéticas desenvolvidas para *meso*-triarilcorróis, em 1999. Uma pesquisa rápida na literatura revela que, de todos os artigos publicados sobre corróis, desde a primeira

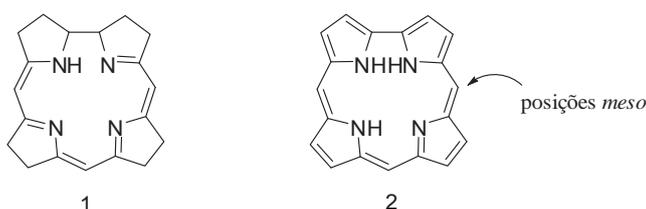


Figura 2 – Estruturas dos núcleos corrina 1 e corrol 2

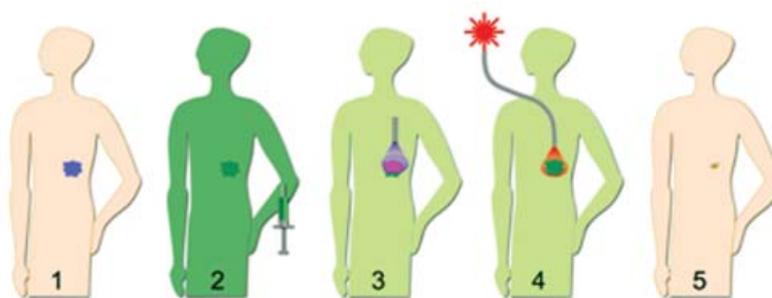
* Departamento de Química - Universidade de Aveiro
Campus Santiago, 3810-193 Aveiro.
E-mail: jbarata@ua.pt

publicação em 1965, cerca de ¾ foram publicados nos últimos cinco anos.

Mas o que torna este macrociclo tão interessante? A par da capacidade que os corróis têm em estabilizar iões com elevados estados de oxidação (III, V, etc), participam em reacções de substituição [8, 9], cicloadição [10] e complexação [11], permitindo a síntese de macrociclos com propriedades úteis em várias aplicações: desde o seu uso como catalisadores, sensores e células solares, à potencial aplicação em Medicina. O facto de possuírem propriedades fotofísicas atractivas e de já serem conhecidas algumas aplicações medicinais deste tipo de macrociclo [12], possibilita o seu uso no tratamento e diagnóstico de doenças oncológicas.

Das várias modalidades para o tratamento paliativo e curativo de patologias oncológicas e não oncológicas, a terapia fotodinâmica (PDT) tem revelado um grande potencial no tratamento e detecção de algumas formas de cancro, lesões pré-cancerosas e também no tratamento oftalmológico da degeneração da mácula da retina. A PDT baseia-se na combinação de três componentes não tóxicos *per se*: fotossensibilizador (FS), luz e oxigénio molecular (Esquema 1). Numa primeira fase é administrado o agente fotossensibilizador (de uma forma tópica ou sistémica), que após se acumular de forma selectiva em células tumorais é promovido a um estado excitado, mediante a iluminação da lesão, com luz de comprimento de onda adequado ($\lambda \geq 600$ nm). Inicia-se assim uma sequência de processos fotoquímicos e fotofísicos que origina espécies citotóxicas e altamente reactivas, como os radicais e o oxigénio no estado singuleto (1O_2), que provocam danos irreversíveis às células, conduzindo-as à morte.

As maiores vantagens da PDT sobre outros tratamentos oncológicos convencionais são: a baixa toxicidade sistémica; a habilidade de destruir tumores selectivamente, apresentando um efeito cosmético muito acentuado e o poder ser aplicada em combinação com outras modalidades terapêuticas, como a quimioterapia, cirurgia e radioterapia.



Esquema 1 – Esquema geral da Terapia Fotodinâmica (PDT)

Os fotossensibilizadores mais usados e estudados em PDT têm por base o núcleo porfirínico. A “Photofrin”, uma formulação comercial constituída por dímeros e outros oligómeros porfirínicos ligados por ligações éter, éster e carbono-carbono, está aprovada para uso clínico em vários países, como os Estados Unidos da América, Canadá, Japão, Itália e Portugal.

Na procura de um fotossensibilizador ideal, entre outras propriedades [13], a anfifilia é um requisito importante, porque permite uma melhor incorporação na membrana celular [14].

De um modo geral, os corróis e as porfirinas apresentam um carácter lipofílico acentuado, exibindo baixa solubilidade em ambientes aquosos. É aceite que os macrociclos anfifílicos se acumulam, preferencialmente, nos tecidos tumorais face aos tecidos normais com um aumento considerável do efeito fotodinâmico.

SÍNTESE E AVALIAÇÃO FOTODINÂMICA

O objectivo do trabalho descrito foi o de contribuir para o desenvolvimento de novas moléculas de tipo corrólico com potencial aplicação em PDT. Procedeu-se ao estudo da síntese, caracterização estrutural e avaliação biológica de novas moléculas resultantes do acoplamento do corrol **PFC** com β -ciclodextrinas, unidades estruturais com propriedades biológicas conhecidas e relevantes, que conferem anfifilicidade [15-17].

Os novos conjugados corrol-ciclodextrina **β CD1** e **β CD2** (Figura 3) foram sintetizados por meio de uma substituição aromática nucleófila regioselectiva.

Tal como já foi referido, a PDT tira partido da acção conjugada de oxigénio, de um fotossensibilizador e de radiação de determinado comprimento de onda. Torna-se assim importante conhecer alguns parâmetros que envolvem a absorção de radiação e que são relevantes na avaliação da acção de um fotossensibilizador.

Os valores dos rendimentos quânticos de fluorescência e de oxigénio singuleto determinados estão dentro da gama dos valores normalmente usados em PDT. Verificou-se ainda, que o rendimento quântico de formação de oxigénio singuleto é superior ao da “Photofrin”.

Em relação aos coeficientes de partição, os compostos **β CD1** e **PFC** apresentaram um carácter hidrofóbico e a sua administração nas culturas celulares foi efectuada através da sua incorporação em vesículas de lipossomas de dipalmitoilfosfatidilcolina (DPPC). O composto **β CD2** provou ser hidrófilo e foi administrado nas culturas celulares em solução aquosa [18].

Após a avaliação das propriedades dos compostos foi avaliada a potencial actividade fotodinâmica dos novos conjugados e do corrol precursor sobre uma linha celular tumoral - HeLa.

Os tratamentos fotodinâmicos consistiram em incubar as células com o fotossensibilizador, a diferentes concentrações, e depois irradiá-las com doses de luz pré-definidas, com luz de comprimento de onda determinado. A estimativa da viabilidade celular, depois dos tratamentos fotodinâmicos, foi determinada pelo teste de redução do MTT (4,5-dimetil-3-tiazolil-2,5-difeniltetrazolio) (Figura 4).

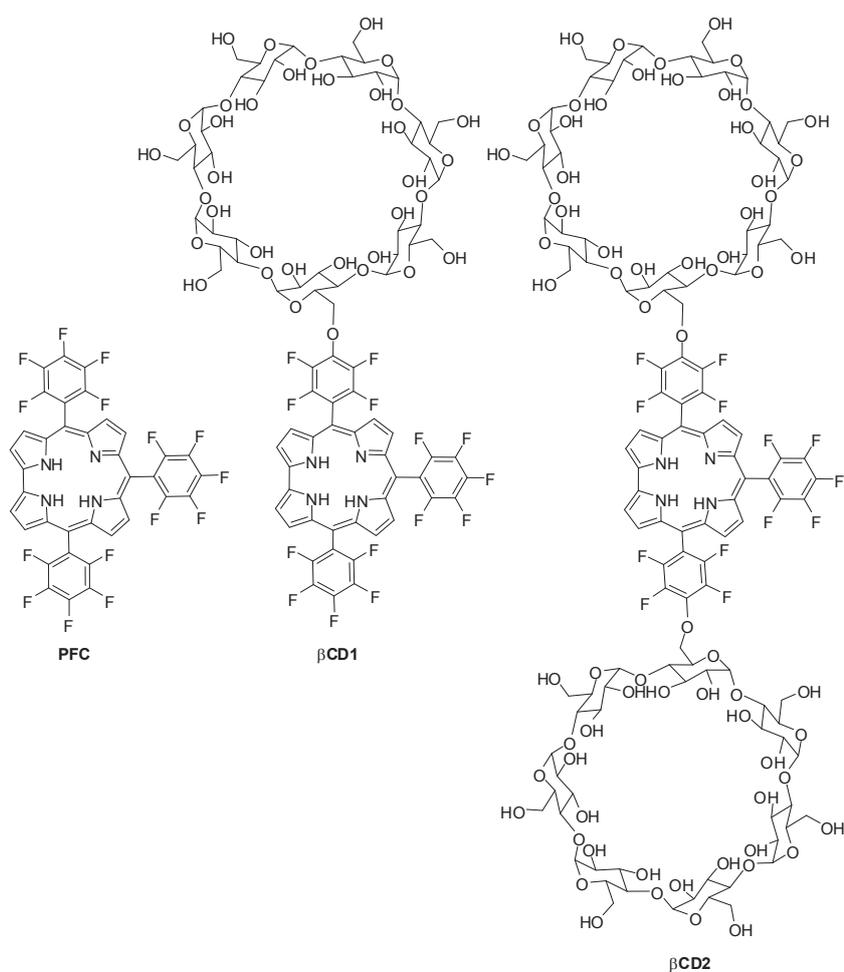


Figura 3 – Estruturas dos compostos sintetizados **PFC**, **βCD1** e **βCD2**

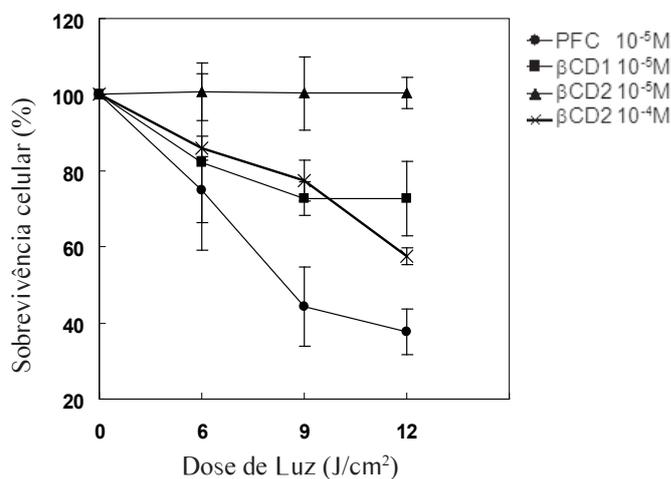


Figura 4 - Comparação dos três fotossensibilizadores

A figura 4 ilustra a percentagem de sobrevivência das células HeLa obtida pelos ensaios de redução de MTT. Pode-se observar que, tendo em conta o máximo de dose de luz utilizada (12 J/cm²), o **PFC** a uma concentração 10⁻⁵M, foi a droga mais eficiente apresentando uma sobrevivência celular,

de apenas 38%. O **βCD1** e o **βCD2**, à mesma concentração, apresentaram uma sobrevivência celular de 73% e proliferação celular.

Contudo, o composto **βCD2** a 10⁻⁴M mostrou ter um efeito moderado na viabilidade celular.

Nestes estudos, após tratamento das células HeLa com os fotossensibilizadores nas concentrações que apresentaram maior percentagem de morte celular, foram realizados ensaios imunológicos para avaliar as alterações celulares provocadas pelos fotossensibilizadores. Os ensaios foram efectuados sobre dois dos filamentos que constituem o citoesqueleto das células: os filamentos de actina e os de tubulina (microtúbulos).

Para avaliar estes efeitos, após 24 horas dos tratamentos fotodinâmicos, as preparações celulares foram preparadas, de acordo com metodologias já descritas, para cada tipo de filamento [17].

As figuras 5 e 6 apresentam as imagens de microscopia de fluorescência captadas após tratamento imunológico.

De uma forma geral, após tratamento fotodinâmico com os diferentes compostos a rede dos microtúbulos perde a sua organização. Comparando com os microtúbulos das células controlo (Figura 5a), observa-se que o composto **PFC** é o que provoca um maior efeito sobre as células (Figura 5d).

No caso de **βCD2**, os efeitos fotodinâmicos sobre a rede de microtúbulos também são evidentes, ocorrendo a formação de células com mais que um núcleo - células poliplóides (Figura 5c).

Nas células tratadas com **βCD1** (Figura 5b), os filamentos de tubulina apresentam-se desorganizados e com perda de adesão entre células vizinhas.

De uma forma geral todos os fotossensibilizadores afectam os filamentos de actina. Comparando os filamentos de actina, após os tratamentos com os três fotossensibilizadores, com os das células controlo, estes sofrem redução, perda de organização e das propriedades de adesão ao substrato. No caso do **PFC** (Figura 6d), para além da perda das propriedades já referidas, observa-se ainda fluorescência relativa a actina livre, o que indica, mais uma vez, um elevado número de mortes celulares.

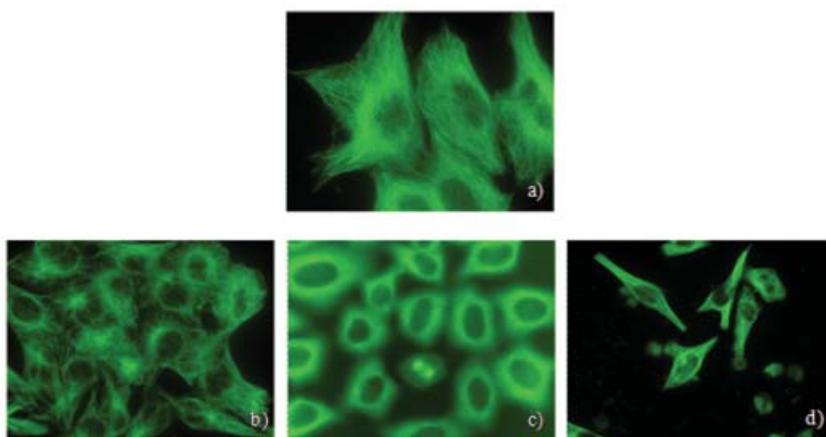


Figura 5 – Ensaio imunológico de α -tubulina em células HeLa: a) células controle; b-d) após 24 h do tratamento fotodinâmico de: b) β CD1; c) β CD2; d) PFC

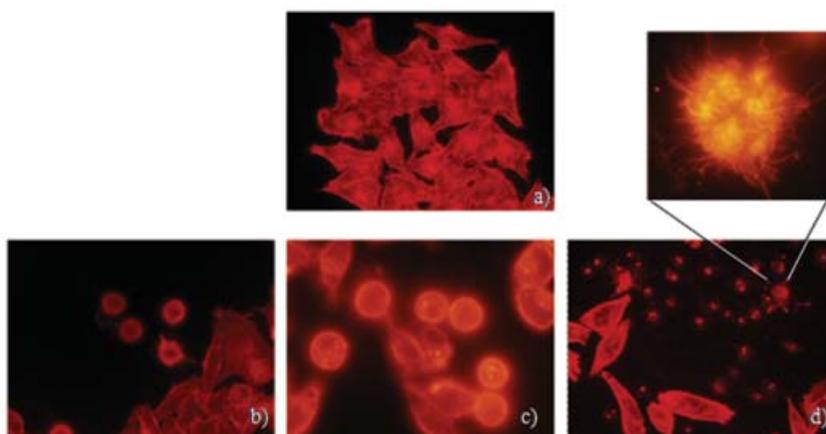


Figura 6 – Fotomodificações induzidas pelos compostos nos filamentos de actina, marcadas com faloidina: a) células controle; b-d) após 24 h do tratamento fotodinâmico de b) β CD1; c) β CD2; d) PFC (fluorescência da actina livre está evidenciada)

CONCLUSÕES

Os resultados dos ensaios imunológicos efectuados permitem concluir que o PFC é o melhor fotossensibilizador, mas todos os compostos testados têm um efeito moderado a severo nos filamentos de tubulina e actina.

Os resultados obtidos permitir-nos-ão desenvolver novos derivados corrolícos com melhor efeito fotodinâmico.

Por esta e pelas diferentes áreas de aplicação torna-se claro que os corrolícos são uma classe de moléculas emergente e muito importante e que o estudo da sua química fundamental, é essencial para o desenvolvimento de novas e indispensáveis moléculas.

AGRADECIMENTOS

Desejo expressar os meus agradecimentos aos meus orientadores Prof. Dr. José A. S. Cavaleiro e Prof. Dra.

M. Graça P. M. S. Neves, à Prof. Angeles Juarranz pelo estágio realizado no laboratório de microbiologia da UAM, à Dra. Amparo Faustino em colaboração com a Prof. Beate Röder do Institut für Physik, Photobiophysik, Humboldt- Universität zu Berlin pela determinação dos rendimentos quânticos de fluorescência e de oxigénio singuleto, à UA e à FCT por me ter concedido uma bolsa de doutoramento (SFRH/BD/18260/2004).

REFERÊNCIAS

- [1] <http://www.nobel.se/medicine/laureates/1934/press.html>. 20/04/2008.
- [2] Rickes, E. L.; Brink, N. G.; Koniuszy, F. R.; Wood, T. R.; Folkers, K. *Science*, **1948**, *107*, 396-397.
- [3] Pierce, J. V.; Page A. C.; Stokstad, E. L. R.; Jukes, T. H. *J. Am. Chem. Soc.*, **1949**, *71*, 2952-2952.
- [4] Hodgkin, D. C.; Kamper, J.; Maureen,

- M; Pickworth, J.; Trueblood, K. N.; White, J. G. *Nature*, **1956**, *178*, 64-66.
- [5] <http://www.nobel.se/chemistry/laureates/1964/press.html>. 20/04/2008.
- [6] Jonhson, A. W.; Price, R. *J. Chem. Soc.*, **1960**, 1649-1653.
- [7] Jonhson, A. W.; Kay, I. T. *J. Chem. Soc.*, **1965**, 1620-1629.
- [8] Ver por exemplo: Saltsman, I.; Mohammed, A.; Goldberg, I.; Tkachenko, E.; Botoshansky, M.; Gross, Z. *J. Am. Chem. Soc.* **2002**, *124*, 7411-7420.
- [9] Barata, J. F. B.; Silva, A. M. G.; Neves, M. G. P. M. S.; Tomé, A. C.; Silva, A. M. S.; Cavaleiro, J. A. S. *Tetrahedron Lett.* **2006**, *47*, 8171-8174.
- [10] a) Barata, J. F. B.; Silva, A. M. G.; Faustino, M. A. F.; Neves, M. G. P. M. S.; Tomé, A. C.; Silva, A. M. S.; Cavaleiro, J. A. S. *Synlett* **2004**, *7*, 1291-1293. b) Vale, L. S. H. P.; Barata, J. F. B.; Faustino, M. A. F.; Neves, M. G. P. M. S.; Tomé, A. C.; Silva, A. M. S.; Cavaleiro, J. A. S. *Tetrahedron Lett.* **2007**, *48*, 8904-8908. c) Barata, J. F. B.; Neves, M. G. P. M. S.; Tomé, A. C.; Cavaleiro, J. A. S. *J. Porphyrins Phthalocyanines*, **2009**, *13*, 420-424. d) Vale, L. S. H. P.; Barata, J. F. B.; Santos, C. I. M.; Faustino, M. A. F.; Neves, M. G. P. M. S.; Tomé, A. C.; Silva, A. M. S.; Paz, F. A. A.; Cavaleiro, J. A. S. *J. Porphyrins Phthalocyanines*, **2009**, *13*, 358-368.
- [11] Barata, J. F. B.; Barros, C. M.; Santana-Marques, M. G. O.; Neves, M. G. P. M. S.; Faustino, M. A. F.; Tomé, A. C.; Ferrer-Correia, A. J.; Cavaleiro, J. A. S. *J. Mass. Spectrom.* **2007**, *42*, 225-232.
- [12] Aviv-Harel I.; Gross Z., *Chem. Eur. J.* **2009**, *15*, 8382-8394.
- [13] Bonnett, R. *Chem. Soc. Rev.* **1955**, 19-33.
- [14] Bonneau, S.; Morlière, P.; Brault, D.; *Biochem. Pharm.* **2004**, *68*, 1443-1452.
- [15] Ribeiro, A. O.; Tomé, J. P. C.; Neves, M. G. P. M. S.; Tomé, A. C.; Cavaleiro, J. A. S.; Serra, O. A.; Torres, T. *Tetrahedron Lett.*, **2006**, *47*, 6129-6132.
- [16] Kralova, J.; Synytsya, A.; Pouckova, P.; Koc, M.; Dvorak, M.; Kral, V. *Photochem. Photobiol.*, **2006**, *82*, 432-438.
- [17] Szente, L.; Szejtli, J. *Adv. Drug Delivery Rev.* **1999**, *36*, 17-28.
- [18] Juarranz, A.; Espada, J.; Stockert, J. C.; Villanueva, A.; Polo, S.; Domínguez, V.; Cañete, M. *Photochem. Photobiol.* **2001**, *73*, 283-289.

O SINDICATO DAS PROTEÍNAS

DAVID MARÇAL*

A história que aqui apresento não é um relato sistemático, apenas uma colecção de marcos que considero significativos e que contêm informação acerca das várias técnicas e áreas que percorri, num doutoramento que teve como abordagem central a cristalografia de raios-X de proteínas. A cristalografia de raios-X é uma técnica que esteve no cerne da atribuição de vários prémios Nobel e que permitiu ao longo dos últimos 50 anos obter conhecimento inestimável acerca do modo como funcionam os seres vivos.

Na célula, as proteínas estão envolvidas em quase todas as actividades. Há proteínas que têm uma função estrutural, ou seja são usadas como tijolos para construir uma estrutura da célula, por exemplo uma “cauda” que lhe confere mobilidade ou um poro por onde entram e saem iões. Podem servir de autocarro para moléculas que andam de um lado para o outro, como é o caso da hemoglobina que transporta oxigénio nas células do sangue. Podem também funcionar como catalisadores, possibilitando a ocorrência de reacções químicas no ambiente moderado da célula, que de outro modo precisariam de condições muito vigorosas para ocorrer em tempo útil. A este tipo de proteínas, que facilitam reacções químicas, chamam-se enzimas.

O que as enzimas fazem é orientar muito bem as moléculas envolvidas, criando nichos e ambientes controlados onde tudo seja mais fácil e provável. Há enzimas muito específicas, ou seja, que só servem para fazer uma coisa. Se o picador na imagem (Figura 1) fosse uma enzima, seria bastante inespecífica, pois serviria para picar todos os tipos de carne (e eventualmente outras coisas). Este instrumento, tal como as proteínas, tem várias peças. Nas proteínas as peças

chamam-se domínios. E estas peças (domínios) existem em várias máquinas (proteínas) que tenham funções parecidas. Uma proteína homóloga de outro organismo seria um picador parecido com este. Quanto mais diferenças houvesse, maior seria a distância evolutiva entre os dois organismos. É natural que os picadores de dois mamíferos sejam mais parecidos do que o picador de um mamífero e o de uma alga. Uma coisa salta à vista: a forma que têm é importante para a função. Por onde se liga o substrato (carne inteira) e o produto da reacção (carne picada), como funciona o picador (mecanismo). E é isso que faço: determino a forma de proteínas em três dimensões, recorrendo a um conjunto de técnicas conhecidas como cristalografia de raios-X.

Os LONGOS DIAS DE YORK

Cedo no meu doutoramento, o que precisava de fazer era muito simples de dizer e mais difícil de fazer. Trabalho com proteínas, mas a história das proteínas começa no ADN. O ADN são os planos para construir proteínas. Assim à bruta, é isto. Um gene não é mais do que uma porção de ADN, com uma sequência específica de quatro bases (Adenina, Timina, Guanina e Citosina), que são como peças de lego. Há um sinal de começar o gene, que é uma sequência específica de três bases (ATG). Cada três bases seguintes significam um determinado aminoácido. Por exemplo, GGC é uma glicina, o aminoácido mais simples que existe. Uma proteína é constituída por uma série de aminoácidos ligados uns aos



Figura 1 – Tal como o picador de carne, as proteínas podem ser constituídas por várias peças (domínios). Neste caso, há claramente um domínio de ligação a uma superfície plana de espessura variável, um local de ligação do substrato (carne) e um canal de saída do produto da reacção. Os restantes componentes também são essenciais ao funcionamento da enzima. Por exemplo, se obtivéssemos uma enzima que não tivesse a manivela, o substrato poderia ligar-se mas não ocorreria transformação do substrato

* Instituto de Medicina Molecular, Universidade de Lisboa
E-mail: david.marçal@gmail.com

outros. A alanina, outro aminoácido, escreve-se no ADN como **GCC**. Uma proteína tem um número variável de aminoácidos. As que eu estudo têm cerca de 300. Assim, no ADN estão codificadas em genes com cerca de 900 bases. No final, há um sinal para parar (**TGA**), que é como quem diz “o gene acaba aqui, não há mais aminoácidos para esta proteína”.

Por exemplo, a sequência de ADN:

ATG – GGC – GCC – GGC – TGA

Traduz-se por:

Começar - glicina - alanina - glicina - terminar

Claro que isto seria uma proteína com três aminoácidos. O que não é propriamente uma proteína. Mas a ideia é esta. E na realidade o sinal de começar também corresponde a um aminoácido, que é uma metionina. É a esta correspondência entre trios bases de ADN e aminoácidos que constituem proteínas que se chama código genético. Era precisamente isto que me levava a York. Fazer corte e costura com ADN. Uma actividade a que as pessoas normalmente chamam biologia molecular ou (mais em desuso) engenharia genética.

Estava interessado em proteínas de duas bactérias patogénicas: *Campylobacter jejuni* (diarreias) e *Klebsiella pneumoniae* (infecções hospitalares).

A ideia era “cortar” o ADN que codificava as proteínas em estudo e inseri-lo noutra bactéria mais conveniente para os cientistas, que se chama *Escherichia coli* (mas podem chamar-lhe *E. coli*).

Na realidade não inserimos o ADN original, inserimos um cópia da parte (gene) que nos interessa. E depois fazemos com que o objectivo da vida dessas bactérias seja produzir essa proteína, que não é delas.

E assim se passavam os dias em York. Entre pipetas, tubinhos pequenos, tantos que não nos podíamos dar ao luxo de os numerar e apenas os conseguíamos identificar pela posição no suporte, numa lógica batalha naval. Começavam cedo, com um pe-

queno almoço insano, um almoço frugal (em geral uma sandes de queijo com tomate), uma corrida para o jantar (a cantina fechava muito cedo) e terminava também cedo com uma pint num *pub*.

AS BACTÉRIAS QUE TRABALHAM PARA NÓS

O modo como fazemos as bactérias trabalhar para nós, ou seja produzir uma proteína que não é delas e que não lhes serve para nada, mas que nos interessa a nós, tem a sua inteligência e perversão.

A dada altura convencemo-las de que precisam mesmo muito de produzir a “nossa” proteína. Para isso, adicionamos ao meio de cultura (uma espécie de papa para bactérias) uma molécula que se parece muito com um derivado de um açúcar que elas gostam, a lactose. Isto faz com que a maquinaria genética da bactéria tome medidas para começar a produzir as proteínas necessárias para “digerir” a lactose. Só que não são essas que produzem.

Por artes de engenharia genética, no lugar delas no ADN está o gene da proteína que nos interessa a nós. As bactérias são assim, de algum modo, enganadas. Depois, o que acontece é que rebentamos com elas e tiramos a proteína lá de dentro. Felizmente ainda não há activistas dos direitos das bactérias (e ainda bem, caso contrário deixaríamos de poder tomar antibióticos e regressaríamos ao início do século passado).

Regressado de York, dediquei-me à produção biotecnológica de proteínas. O que trouxe na bagagem foram pequenos tubos, aparentemente vazios. Mas, com o olhar treinado e sob luz directa podiam distinguir-se resíduos esbranquiçados no fundo de cada tubo, que na realidade continha ADN liofilizado (o branco não é do ADN, mas sim de proteínas associadas).

Porções circulares de ADN, cada uma delas contendo um gene com a informação para construir uma proteína. Inserido esse ADN dentro das bactérias, e com a motivação adequada já descrita, elas estão dispostas a cola-

borar. Fazemos com que o objectivo da vida delas seja produzir a proteína que queremos.

CRISTAIS E OUTROS QUE TAIS

Não é fácil fazer cristais de proteína, porque as coisas têm tendência a existir de um modo desorganizado, e um cristal é uma forma da matéria em que as moléculas estão todas orientadas da mesma maneira e distribuídas a distâncias regulares pelas três dimensões do espaço. O principio é ter a proteína dissolvida e ir lentamente retirando a água. A proteína está dissolvida porque há moléculas de água que estabilizam as suas cargas de superfície. Quando as moléculas de água disponíveis escasseiam, as proteínas juntam-se umas às outras e acabam por passar ao estado sólido na forma de agregados. Em condições especiais, juntam-se de um modo organizado e formam uma rede, semelhante a um painel de azulejos em três dimensões. Isso é um cristal. Como não sabemos à partida em que condições isto acontece experimentamos muitas coisas. Diferentes aditivos que competem pelas moléculas de água, concentrações de proteína, etc. Tantas que até temos robôs para ajudar.

Estas experiências são feitas em pequenas gotas, que evaporam muito lentamente num ambiente fechado. O resultado mais comum não é um cristal, mas sim um precipitado amorfo, sem utilidade para caracterização por raios-X. Quando finalmente encontramos condições em que a proteína cristaliza é quase como descobrir a combinação de um cofre.

OS ELECTRÕES ÀS VOLTAS NA ROTUNDA COM AS LUZES ACESAS

Fui pela primeira vez a Grenoble (França) em 1999, no âmbito do meu estágio de licenciatura em cristalografia de raios-X de proteínas. Um curso de três dias sobre aplicações de feixes de raios-X produzidos num sincrotrão. Um sincrotrão é um acelerador de partículas, um sítio onde os electrões (ou positrões) andam a velocidades próximas da luz. Um electrão às voltas num acelerador de partículas é como um carro às voltas numa rotunda com os faróis acesos: emite luz numa di-



Figura 2 – Ao contrário de outros aceleradores de partículas, o ESRF não está enterrado e o túnel circular pode distinguir-se perfeitamente [Crédito: A. Petricola, AIR ISERE, ESRF]

recção tangencial à sua trajectória. No caso do carro às voltas na rotunda é luz visível, no do electrão são raios-X. O que me faz constantemente voltar a Grenoble é um sincrotrão, em que os electrões dão voltas de 600 metros e emitem raios-X a cada curva: o European Synchrotron Radiation Facility (Figura 2).

O que ponho à frente desse feixe de raios-X de alta intensidade são cristais de proteína. Um cristal é um sólido em que as moléculas estão todas orientadas da mesma maneira. Assim, quando a radiação incide no cristal todas as moléculas interagem com ela da mesma maneira. Se as moléculas estivessem cada uma virada para seu lado, a interacção de uma era anulada pela de outra, e no final não víamos nada. É o que acontece com um sólido amorfo.

Fazendo curta a história, pomos o cristal de proteína à frente do feixe de raios-X e parte da radiação é desviada em direcções muito definidas que são registadas num detector (semelhante a um CCD de uma máquina fotográfica digital). Na imagem obtida no detector aparecem uns pontinhos.

Rodamos o cristal, incidimos mais raios-X e obtemos mais pontinhos. Por incrível que pareça, esses pontinhos têm informação sobre a estrutura (a forma em três dimensões) da proteína (a unidade que se repete no cristal).

O MUNDO A 173 GRAUS NEGATIVOS

É um certo paradoxo, a razão pela qual nos damos ao trabalho de arrefecer cristais de proteína antes de os expor a um feixe de raios-X de alta intensidade.

Quanto mais intenso é o feixe de raios-X, mais detalhes conseguimos saber da estrutura da proteína que constitui o cristal. Mas o feixe de raios-X também vai destruindo o cristal. Para contornar este paradoxo, fazemos as experiências a 173 graus negativos. Porque a esta temperatura (obtida graças a uma corrente constante de ar seco, arrefecido com azoto líquido) tudo é mais lento, nomeadamente os estragos por radiação.

Cada cristal é pescado da gota em que cresce, com um laço muito pequeno (semelhante a um laço à cowboy, com

algumas décimas de milímetro) e mergulhado em azoto líquido. Mas antes, como um cristal de proteína tem cerca de 50% de água, temos que a tirar lá de dentro. Senão acontece o mesmo que a uma garrafa de água cheia que se coloca no congelador: aumenta de volume e parte. Substituímos a água no cristal por outro líquido que não aumente de volume quando congela. Em geral, glicerol (tem de ser uma molécula pequena, para poder entrar nos canais de solvente do cristal).

Pescamos o cristal, mergulhamos em azoto líquido, enroscamos a base do laço à cowboy num pequeno tubo de plástico e guardamos. A partir de aqui, tudo tem que ser feito num banho de azoto líquido.

Encaixar e desencaixar a base magnética, colocar o tubinho num carrusel para poder ser medido, encaixá-lo numa peça de metal para ser transportado num termo em azoto líquido. Usam-se pinças e varinhas magnéticas para fazer estas operações. Porque não podemos simplesmente pegar na tampa do frasquinho e desenroscá-la com os dedos mergulhados em azoto líquido (Figura 3).

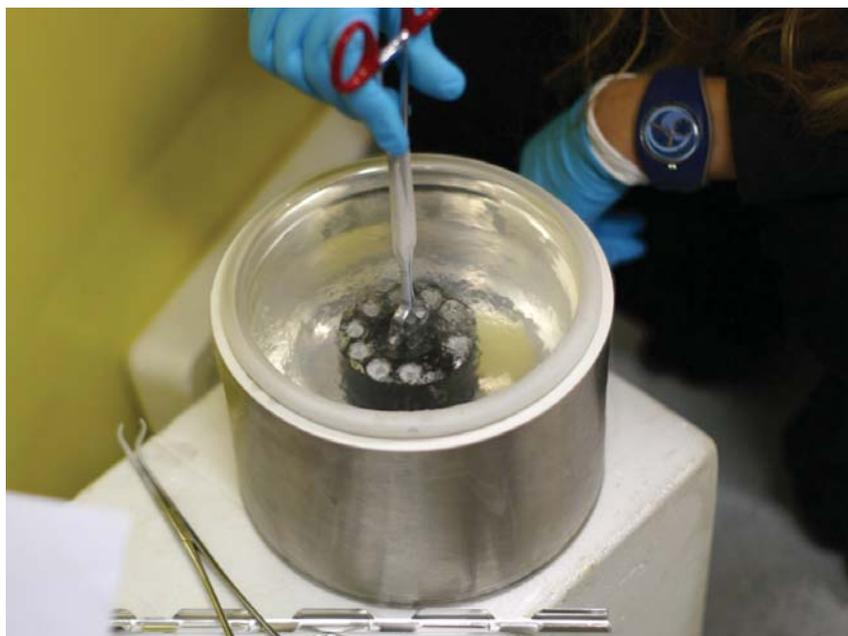


Figura 3 – Operações triviais à temperatura ambiente passam a requerer uma certa técnica e cuidado, para não descongelarmos o cristal e não nos queimarmos com o azoto líquido



ACTUALIDADES CIENTÍFICAS

NOVO MÉTODO DETECTA COMPOSTOS TÓXICOS DE ARSÉNIO

Investigadores da Universidade de Alberta, no Canadá, desenvolveram uma nova técnica analítica para a detecção de um composto de arsénio tóxico, que se tem revelado particularmente difícil de medir (Environ. Sci. Technol., DOI: 10.1021/es100273b). Com este novo método, os cientistas esperam descobrir que estes químicos contaminam mais aquíferos do que anteriormente pensado.

A toxicidade dos compostos de arsénio pode variar de algumas ordens de magnitude. Assim, a simples detecção do elemento não é suficiente para a compreensão do impacto do local contaminado na saúde humana. Infelizmente, os investigadores têm deparado com dificuldades na detecção de um dos compostos de arsénio mais tóxicos, $\text{CH}_3\text{As}(\text{OH})_2$, ácido monometilarsenoso (MMAIII). Este composto particularmente perigoso, ilude frequentemente a detecção por espectroscopia de massa, já que se revela demasiado estável e não ioniza sobre condições normais. O químico da Universidade de Alberta X. Chris Le, que se dedica ao estudo da detecção de quantidades residuais de elementos

tóxicos em sistemas biológicos e ambientais, e seus colaboradores, encontraram uma solução para o problema. De forma a promover a ionização da molécula, a equipa adicionou ácido dimercaptosuccínico às amostras de forma a adicionar uma carga negativa ao MMAIII. Le e colegas puderam posteriormente utilizar espectroscopia de massa em tandem para caracterizar definitivamente o composto tóxico de arsénio.

Os investigadores aplicaram a nova técnica para medir os níveis de MMAIII junto a uma unidade industrial no Wisconsin, que produziu herbicidas contendo arsénio no período de 1957 a 1977. Deste modo, testaram 60 amostras provenientes de aquíferos e encontraram valores para a concentração de contaminante que variavam desde 3.9 mg/L até 274 mg/L. Estas concentrações são 1000 vezes mais elevadas do que a referência definida pela Environmental Protection Agency para águas potáveis, e aproximadamente um milhão de vezes maiores que as concentrações de MMAIII previamente reportadas na literatura (Appl. Organomet. Chem. 1997, 11, 305).

A PARAGEM SEM ASSENTO

Na semana seguinte à defesa da tese voltei ao acelerador de partículas de Grenoble para recolher dados, uma espécie de digressão de despedida ou viagem de finalistas (mas ocorreu-me que para uma viagem de finalistas do doutoramento, uma vez que não tive propriamente uma turma, deveria ter ido sozinho).

Ao longo do ano seguinte ainda haveria de escrever artigos sobre o trabalho em que andei envolvido. Duas semanas depois já tinha agendadas reuniões por causa dos meus próximos projectos, mais ligados à comunicação de ciência. No fim de contas, o doutoramento foi só uma paragem e mal tive tempo de dizer cheguei antes de me por de novo a andar.

Le supõe que os químicos redutores provenientes da fábrica de herbicidas penetraram o solo ao redor da fábrica. Assim, as condições ambientais não controladas do local podem ter conduzido à produção desta abundância de MMAIII. Le afirma que “estas condições reductoras podem existir noutros locais e é possível que os investigadores encontrem altos níveis de MMAIII em outros tipos de sítios para além da vizinhança de fábricas de herbicidas”. Este novo método de detecção “abre novas oportunidades na investigação do arsénio ambiental” afirma Ronald S. Oremland do U.S. Geological Survey, em Menlo Park, Califórnia. “Apesar das concentrações de MMAIII detectadas neste local particular representarem provavelmente um caso extremo do que é possível detectar, estes dados frisam a importância de uma monitorização mais rigorosa dos compostos metilados de arsénio no ambiente”.

(Adaptado do artigo de 12/07/2010 de David Pittman: *New Method Detects Particularly Toxic Arsenic Compound Chemical & Engineering News*, <http://pubs.acs.org/cen/news/88/i29/8829news1.html>)

PB

DESENVOLVIMENTO DE MATERIAIS PARA A DESCONTAMINAÇÃO FOTOCATALÍTICA DE ÁGUAS

CLÁUDIA GOMES SILVA*

A primeira contribuição no campo da fotocatalise heterogénea deu-se em 1972 com o trabalho pioneiro de Fujishima e Honda, em que ficou demonstrada a possibilidade de formação de hidrogénio através da cisão fotoelectroquímica da água utilizando um fotoânodo de TiO_2 e um cátodo de platina. Esta descoberta abriu novas fronteiras para o uso do dióxido de titânio como fotocatalisador noutros tipos de aplicações. Quatro anos mais tarde, o grupo de J. H. Carey publicou pela primeira vez um estudo sobre a degradação fotocatalítica de moléculas orgânicas (bifenilo e derivados de clorobifenilo) na presença de TiO_2 . Desde então inúmeros trabalhos têm sido publicados sobre o desenvolvimento e utilização de catalisadores à base de TiO_2 em processos fotocatalíticos de descontaminação de águas residuais. Este trabalho pretende ser um contributo na área do desenvolvimento de fotocatalisadores à base de TiO_2 , concretamente compósitos de nanotubos de carbono- TiO_2 , e sua aplicação no tratamento de águas contaminadas com poluentes orgânicos.

ÁGUA: A PROBLEMÁTICA AMBIENTAL

A protecção ambiental e a correcção de problemas associados ao meio ambiente são questões fundamentais no que respeita à melhoria da qualidade de vida e a um desenvolvimento sustentável. A água encontra-se presente em múltiplas actividades humanas como o uso doméstico, agrícola, industrial e na produção de energia. Em média, nos países europeus, o uso doméstico representa apenas 21% do consumo total de água, enquanto que 25% é utilizada na agricultura e cerca de 54% em actividades industriais e na produção de energia [1]. Associada a cada uma destas actividades existem diferentes tipos de poluição e de poluentes. Na região ibérica, os principais processos industriais geradores de águas residuais incluem os das indústrias petroquímica, de síntese química, têxtil, farmacêutica, agroquímica, do papel e alimentar.

Os processos biológicos são os mais utilizados em sistemas de tratamento de efluentes líquidos. Apesar de serem mais naturais e de fácil implementação, a sua maior desvantagem advém da produção de grandes quantidades de lamas (geralmente proporcionais à quantidade de água tratada). Adicionalmente, existem poluentes que apresentam uma grande estabilidade química e biológica sendo dificilmente degradados através dos usuais tratamentos biológicos. Nesses casos torna-se necessário recorrer a sistemas mais eficientes do que os processos de tratamento de águas convencionais. Nas últimas décadas muita investigação tem sido dedicada ao desenvolvimento de uma classe particular de técnicas de oxidação à qual se designou de Processos Avançados de Oxidação Química (AOP, segundo a designação anglo-saxónica *Advanced Oxidation Processes*) [2]. Os AOP aplicados à oxidação de compostos orgânicos em meio aquoso baseiam-se na formação de intermediários altamente reactivos, que conduzem à degradação de vários tipos de poluentes. De entre os AOP destacam-se os processos de oxidação química (O_3 , $\text{O}_3/\text{H}_2\text{O}_2$, Fenton), de oxidação fotoquímica (UV/ O_3 , UV/ H_2O_2) e os processos

fotocatalíticos (UV/ TiO_2 , Foto-Fenton). Todos eles têm em comum a intervenção de um agente químico altamente eficaz, gerado normalmente a partir de uma espécie primária comum, o radical hidroxilo (HO^\bullet). Este radical é extremamente reactivo e muito pouco selectivo, o que, aliado ao seu elevado poder oxidante, o torna capaz de degradar a maioria dos compostos orgânicos responsáveis pela contaminação de águas residuais.

Desde os trabalhos pioneiros de Fujishima e Honda [3] e do grupo de J. H. Carey [4], muito caminho foi já percorrido. Tendo em conta o actual desenvolvimento e a rápida expansão das tecnologias ópticas e fotónicas, os processos fotoquímicos posicionam-se numa situação privilegiada para competir com as restantes tecnologias disponíveis. Uma vez que a luz e a água estão na base da maioria das reacções que condicionam a vida no planeta, não será de espantar que a própria natureza já tenha posto a funcionar mecanismos fotoquímicos de regeneração; daí grande parte do interesse na via fotoquímica e na sua aplicação a questões ambientais. A maior limitação deste tipo de processos consiste no rendimento

* Laboratório de Catálise e Materiais, Laboratório Associado LSRE/LCM, Departamento de Engenharia Química, Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, R. Dr. Roberto Frias s/n 4200-465 Porto. E-mail: cgsilva@fe.up.pt

energético, normalmente desfavorável quando se utilizam fontes de radiação altamente energéticas na gama do ultravioleta (UV). Contudo, o rápido desenvolvimento das tecnologias de captação e conversão de energia solar vieram viabilizar muitos dos processos descritos nos finais do século XX para fontes luminosas artificiais [5, 6]. Serão provavelmente estes processos que terão uma palavra a dizer num futuro próximo, sobretudo nas economias dos países tecnologicamente desenvolvidos e que beneficiem de uma taxa anual de exposição solar elevada.

O PROCESSO FOTOCATALÍTICO

Os processos de oxidação fotoquímica catalisados por materiais semicondutores aplicados no tratamento de água para consumo humano e de águas residuais, têm vindo a revelar um óptimo desempenho na mineralização de uma grande variedade de compostos orgânicos e inorgânicos. O termo “fotocatálise”, composto pelo prefixo “foto” (do grego, luz) e pela palavra “catálise”, diz respeito a um tipo de reacções químicas de oxidação, iniciadas pela absorção de luz por meio de um agente promotor da reacção (o catalisador), que após tomar parte na mesma, tem a capacidade de se regenerar e recomeçar um novo ciclo de reacções idênticas. A sua capacidade regenerativa não é constante, o que se traduz numa perda de actividade que tem de ser reposta à custa da substituição mais ou menos frequente do catalisador. Nos processos fotocatalíticos heterogêneos são utilizados meios sólidos no seio do líquido (ou gás) contendo o poluente, e que actuam como catalisadores. Neste caso as reacções de degradação oxidativa requerem a presença de três constituintes elementares: uma superfície catalítica fotossensível (normalmente o semiconductor inorgânico), uma fonte de fotões de energia adequada (luz artificial ou solar) e um agente oxidante (normalmente oxigénio). A reacção fotocatalítica é iniciada pela activação do catalisador à custa de um fotão com energia suficiente para excitar um electrão do semiconductor da banda de valência (BV) para a banda de condução (BC), originando assim uma separação de carga capaz de promo-

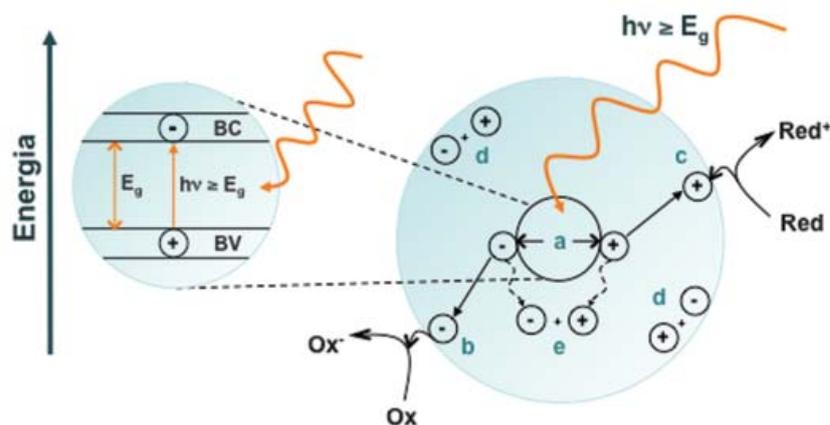


Figura 1 – Principais processos que ocorrem na partícula de semiconductor: (a) fotogeração do par electrão/lacuna; (b) difusão do receptor de electrões e sua redução na superfície do semiconductor; (c) oxidação do dador de electrões na superfície da partícula; (d) e (e) recombinação dos pares electrão/lacuna à superfície e no seio da partícula, respectivamente

ver reacções de redução e oxidação à sua superfície (Figura 1).

Os semicondutores geralmente utilizados como fotocatalisadores consistem em materiais do tipo óxidos ou sulfuretos metálicos como por exemplo óxidos de titânio, zinco, cério, tungsténio e sulfuretos de cádmio e de zinco. O dióxido de titânio destaca-se como fotocatalisador de eleição uma vez que apresenta um elevado poder oxidante, baixo custo relativo, fotostabilidade, não-toxicidade e insolubilidade sob a maioria das condições, características que o tornam um material muito atractivo para aplicações ambientais, em particular na degradação de poluentes orgânicos. Contudo, apresenta duas principais limitações que restringem o seu uso eficiente: um baixo rendimento fotónico e um gradiente energético de 3.2 eV, requerendo assim excitação na região do UV para activação do processo, o que corresponde a menos de 10% da intensidade total da radiação solar. Com o objectivo de ultrapassar estas limitações, imensa investigação tem sido dedicada no sentido de aumentar a eficiência do TiO_2 recorrendo-se a várias técnicas como a dopagem com iões metálicos e não metálicos, a fotossensibilização com corantes, a deposição de metais nobres, a mistura com outros materiais semicondutores e a adição de suportes [7].

DESENVOLVIMENTO DE FOTOCATALISADORES

Uma das estratégias utilizadas para aumentar a actividade do dióxido de

titânio, consiste na introdução de uma segunda fase constituída por outro tipo de materiais como zeólitos, sílica, alumina ou materiais de carbono.

Normalmente, a introdução dessa fase acontece no processo de síntese dando origem à formação de materiais compósitos. Esta estratégia permite: i) a imobilização da fase activa (TiO_2); ii) o aumento da área específica iluminada; iii) o aumento da área superficial do material resultante e da sua capacidade de adsorção; iv) o aumento da actividade fotocatalítica através da criação de sinergias entre as duas fases; v) maior facilidade na separação do catalisador, quando usado em suspensão.

De entre os vários tipos de materiais utilizados na produção de fotocatalisadores compósitos, tem sido dedicada uma atenção especial aos compósitos de TiO_2 produzidos com materiais de carbono como carvões activados, fibras de carbono e nanotubos de carbono. Actualmente, os nanotubos de carbono (CNT, da expressão anglosaxónica *Carbon Nanotubes*) têm sido objecto de intensa investigação, sendo considerados como fortes candidatos a substituir os carvões activados amplamente utilizados como suportes catalíticos, devido à combinação das suas características electrónicas, mecânicas, térmicas e de adsorção [8]. Vários estudos têm demonstrado que os catalisadores compósitos de CNT- TiO_2 exibem melhores eficiências fotocatalíticas do que o TiO_2 puro, quer sob irradiação no UV, como na gama do visível [9-14].

A preparação deste tipo de catalisadores compósitos pode ser levada a cabo por um variado conjunto de técnicas como a deposição química em fase de vapor, hidrólise em condições supercríticas, impregnação, processos hidrotérmicos, método sol-gel, entre outras.

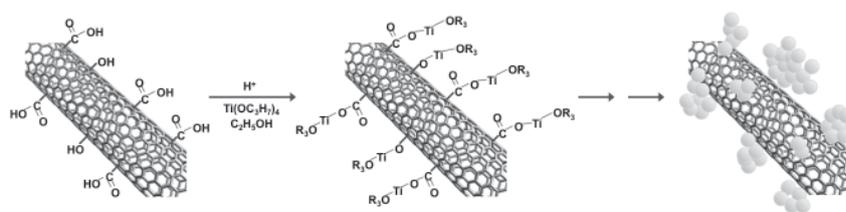


Figura 3 – Formação do composto CNT-TiO₂

O método sol-gel apresenta várias vantagens em relação aos restantes processos, nomeadamente a facilidade de execução, a pureza dos materiais obtidos e o fácil controlo da composição dos materiais. Como precursores da fase de TiO₂ são geralmente utilizados alcóxidos como o etóxido, o butóxido e o isopropóxido de titânio. O processo inicia-se com um passo de hidrólise, normalmente catalisado em meio ácido, seguido por um passo de condensação das cadeias poliméricas (Figura 2). A etapa final consiste no tratamento térmico dos materiais com vista à cristalização da fase de TiO₂ e à remoção da fracção orgânica proveniente do precursor.

Na produção de materiais compósitos, os nanotubos de carbono são introduzidos durante a fase de hidrólise. Neste processo, a própria química superficial dos nanotubos de carbono tem um papel fundamental nas propriedades finais do compósito.

Os grupos fenol e ácido carboxílico presentes na superfície dos nanotubos (existentes no material original ou introduzidos através de tratamentos adequados) constituem pontos de ancoragem do precursor alcóxido hidrolisado através de reacções de oxidação e de esterificação, respectivamente (Figura 3).

No sentido de interpretar a acção da fase de CNT nos compósitos CNT-TiO₂ são normalmente propostos três mecanismos distintos: i) os nanotu-

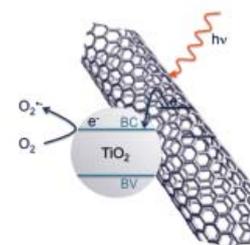
bos de carbono actuam como co-adsorventes, transferindo o poluente orgânico para a fase de TiO₂, onde ocorre a sua degradação; ii) actuam como meio dispersante das cristallites de TiO₂, evitando a sua aglomeração e a formação de partículas de grandes dimensões; iii) acção como agente fotosensibilizador, injectando ou recebendo electrões para a (ou da) fase de TiO₂. Vários estudos têm vindo a demonstrar que de entre os três processos, o que revela ter um maior importância é a acção dos nanotubos como fotosensibilizadores [9-14].

Tendo em conta a natureza semicondutora deste tipo de materiais de carbono, os nanotubos podem absorver luz e iniciar uma transferência fotoinduzida de electrões para a banda de condução do TiO₂ (Figura 4a). Simultaneamente, após excitação da fase de TiO₂, electrões da banda de valência são transferidos para a fase de carbono, dando origem à formação de lacunas (Figura 4b). Essas lacunas constituem centros de formação de radicais hidroxilo, que são os responsáveis pela degradação dos compostos orgânicos.

DEGRADAÇÃO FOTOCATALÍTICA DE COMPOSTOS FENÓLICOS

A eficiência dos materiais compósitos de CNT-TiO₂ em processos de degra-

a



b

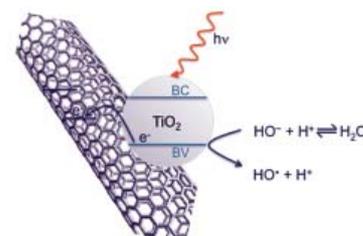


Figura 4 – Nanotubos de carbono como agentes fotosensibilizadores

dação fotocatalítica de compostos orgânicos depende não só de factores intrínsecos ao próprio material, como a percentagem de nanotubos de carbono e a sua química superficial, mas também da natureza química dos compostos a degradar.

Um exemplo de poluentes orgânicos comumente presentes em águas residuais industriais trata-se do fenol e dos compostos fenólicos. Este tipo de compostos são dificilmente degradáveis por processos biológicos convencionais, tendo o processo fotocatalítico vindo a ser indicado como uma das alternativas mais eficientes para a mineralização destes compostos em águas residuais.

Tendo em vista a avaliação da eficiência dos catalisadores compósitos CNT-TiO₂ na degradação de compostos fenólicos em água, foi feito um estudo utilizando 4 moléculas modelo derivadas do fenol: *para*-clorofenol, *para*-nitrofenol, *para*-aminofenol e áci-

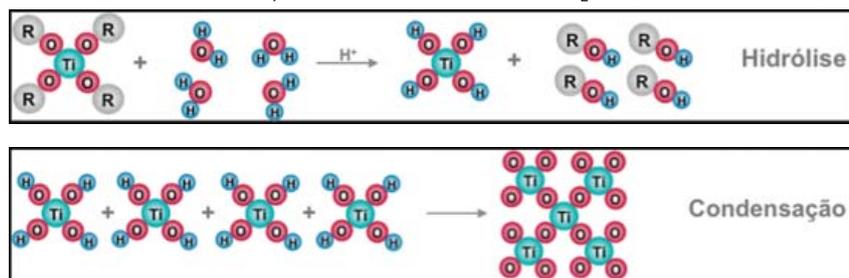


Figura 2 – Síntese de TiO₂ pelo método sol-gel (R refere-se ao grupo alcóxido do precursor)

do *para*-hidroxibenzóico [14]. O intuito deste estudo consistiu em avaliar o efeito da natureza química dos grupos substituintes presentes na molécula de fenol na eficiência do processo de degradação fotocatalítica utilizando TiO_2 e um composto de CNT- TiO_2 , sob irradiação na zona espectral do visível. Deste modo, foi encontrada uma correlação entre as constantes de Hammet (σ_p^-) de cada uma das moléculas orgânicas e a velocidade inicial de remoção de cada um dos compostos, quer utilizando TiO_2 como CNT- TiO_2 como catalisadores (Figura 5). Os resultados obtidos neste estudo revelam que a eficiência do processo fotocatalítico depende não só das propriedades físico-químicas do catalisador, mas também da natureza química das moléculas a degradar. No caso dos fenóis *para*-substituídos, o processo é favorecido na presença de grupos dadores de electrões, como é o caso do grupo $-\text{NH}_2$ na anilina e retardado na presença de substituintes aceitadores de electrões como é o caso dos grupos $-\text{Cl}$, $-\text{COOH}$ e $-\text{NO}_2$ nas moléculas de *para*-clorofenol, áci-

do *para*-hidroxibenzóico e *para*-nitrofenol, respectivamente.

Este estudo mostra que a eficiência dos catalisadores compósitos CNT- TiO_2 se revela principalmente em reacções de degradação de compostos com grupos dadores de electrões (grupos activantes), o que confirma a natureza electrofílica das reacções fotocatalisadas por este tipo de materiais.

Com esta contribuição pretende-se abrir horizontes para uma investigação mais intensa ao nível do “design” e utilização de fotocatalisadores para utilização em processos de descontaminação ambiental.

AGRADECIMENTOS

Parte deste trabalho foi desenvolvido ao abrigo dos projectos POCI/EQU/58252/2004 e POCTI/1181/2003, financiados pela FCT, Programa Operacional (POCTI/POCI) e cofinanciados pelo FEDER. A autora agradece a Bolsa de Doutoramento que lhe foi atribuída pela FCT (SFRH/BD/16966/2004).

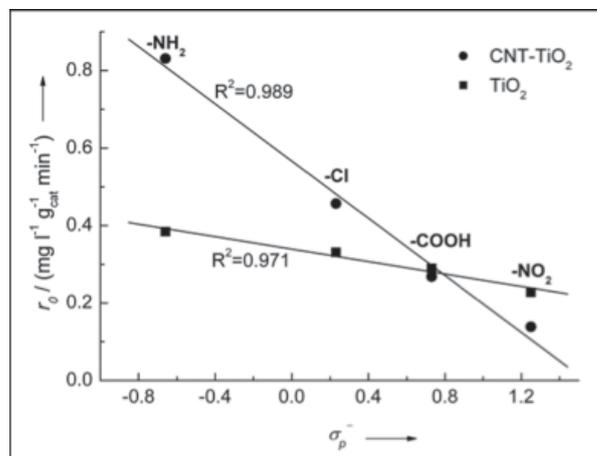


Figura 5 – Relação entre a velocidade inicial de degradação (r_0) e a constante de Hammet (σ_p^-) para diferentes fenóis *para*-substituídos (indicados através dos respectivos grupos funcionais) [14]

REFERÊNCIAS

- [1] Water abstractions per sector for the period 1997-2005 Web: <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps> (European Environment Agency, acedido em 10-05-2010).
- [2] R. Andreozzi, V. Caprio, A. Insola, R. Marotta, *Catalysis Today* **53** (1999) 51-59.
- [3] A. Fujishima and K. Honda, *Nature*, **238** (1972) 37-38.
- [4] J.H. Carey, J. Lawrence, H.M. Tosine, *Bulletin of Environmental Contamination & Toxicology* **16** (1976) 697-701.
- [5] S. Malato, J. Blanco, A. Vidal, C. Richter, *Applied Catalysis B: Environmental* **37** (2002) 1-15.
- [6] S. Malato, J. Blanco, A. Vidal, D. Alarcon, M.I. Maldonado, J. Caceres, W. Gernjak, *Solar Energy* **75** (2003) 329-336.
- [7] U.I. Gaya, A.H. Abdullah, *Journal of Photochemistry and Photobiology C: Photochemical Reviews* **9** (2008) 1-12.
- [8] J.L. Faria, W. Wang, *Carbon Materials in Photocatalysis*, in *Carbon Materials for Catalysis*, P. Serp, J.L. Figueiredo (ed.) John Wiley & Sons (2009), 481-506.
- [9] W. Wang, P. Serp, P. Kalck, J.L. Faria, *Applied Catalysis B: Environmental* **56** (2005) 305-312.
- [10] W. Wang, P. Serp, P. Kalck, J.L. Faria, *Journal of Molecular Catalysis A: Chemical* **235** (2005) 194-199.
- [11] W. Wang, P. Serp, P. Kalck, C.G. Silva, J.L. Faria, *Materials Research Bulletin* **43** (2008) 958-967.
- [12] B. Gao, G.Z. Chen, G.L. Puma, *Applied Catalysis B: Environmental* **89** (2009) 503-509.
- [13] Y.J. Xu, Y.B. Zhuang, X.Z. Fu, *Journal of Physical Chemistry C* **114** (2010) 2669-2676.
- [14] C.G. Silva, J.L. Faria, *ChemSusChem* **3** (2010) 609-618.

Vá a www.spq.pt

Torne-se Sócio da Sociedade Portuguesa de Química e beneficie de:

- Pertencer a uma comunidade científica dinâmica;
- Receber o boletim “QUÍMICA”;
- Descontos nos Encontros promovidos pela SPQ;
- Descontos nas publicações da SPQ;
- Protocolos assinados entre a SPQ e outras entidades;
- Participar na promoção da Química;
- Apoiar uma Sociedade Científica.

CARBENOS EM ÁGUA: REACTIVOS, MAS POUCO...

NUNO R. CANDEIAS*

Nos últimos anos, em muita medida devido aos esforços desenvolvidos pela química verde, a água tem vindo a ocupar um lugar de relevo como alternativa aos solventes orgânicos mais utilizados em síntese orgânica. A par das reconhecidas vantagens económicas associadas à utilização deste meio reaccional, a água muitas vezes condiciona o próprio resultado da reacção química que decorre na sua presença. Assim, neste trabalho, apresenta-se o estudo efectuado sobre a inserção de carbenos e metalocarbenos gerados a partir de compostos diazo em ligações C-H utilizando a água como solvente reaccional. A metodologia desenvolvida demonstrou a compatibilidade da água com a activação de ligações C-H com carbenos, podendo esta ser utilizada para controlar a selectividade da inserção.

A água é uma espécie reactiva causadora de um considerável dispêndio de tempo por parte dos investigadores químicos de forma a assegurarem que todo o material utilizado e que a atmosfera no meio reaccional se encontrem completamente secos.

Um solvente de uma reacção em química orgânica tem como principais características dissolver os reagentes, não reagir com os intermediários da reacção e ser facilmente removido no fim da reacção.

Apesar de compostos orgânicos voláteis cumprirem estes requisitos, a sua utilização leva à geração de quantidades consideráveis de lixo tóxico e libertação de substâncias voláteis (muitas vezes tóxicas) para a atmosfera. Anualmente, uma grande fatia do orçamento da indústria química prende-se com a destruição ou reutilização das quantidades massivas de solventes gerados nos processos químicos.

Considerando a utilização da água como solvente de uma reacção, este

meio possui propriedades bastante atractivas como o baixo custo, abundância, a ausência de inflamabilidade, explosividade e de propriedades mutagénicas ou carcinogénicas. Examinando todas estas características, é desejável que a água possa ser utilizada como solvente, evitando-se a utilização de compostos orgânicos, sendo no entanto necessária uma forma de contornar a sua reactividade.

Adicionalmente, a conjugação de variadas características físico-químicas faz deste solvente um meio único para executar reacções. A sua elevada capacidade de armazenar calor (calor específico) permite um controlo mais fácil de uma reacção exotérmica e a sua rede de pontes de hidrogénio pode influenciar a reactividade de substratos.

A utilização da água possibilita também o uso de aditivos, co-solventes ou sistemas reaccionais bifásicos, variação do pH e reutilização de sistemas catalíticos. Em termos mais práticos, os produtos da reacção, geralmente insolúveis em água, precipitam e podem ser isolados com uma simples filtração [1].

Desde o início do século XX que a água tem sido pontualmente utilizada

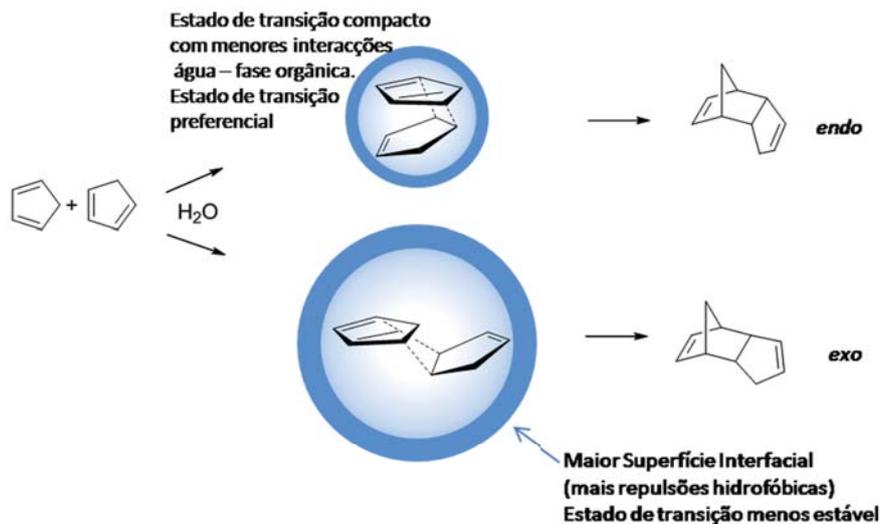
como solvente de reacções em química orgânica, no entanto, os problemas associados à sua utilização manteve este solvente inexplorado durante muito tempo. Durante a década de 80, Breslow [2] evidenciou uma nova característica associada à utilização da água.

Ao executar uma reacção de condensação (nomeadamente a reacção de Diels-Alder) em solventes orgânicos e em água, Breslow observou um aumento da velocidade da reacção no último caso.

Adicionalmente, observou a formação preferencial de apenas um composto (composto endo), contrastando com as baixas selectividades previamente observadas em solventes orgânicos (endo vs exo). Os aumentos da selectividade e da velocidade da reacção baseiam-se na tendência de espécies não polares para formarem agregados em soluções aquosas.

De forma a minimizar as repulsões hidrofóbicas na interface hidrocarboneto-água, dá-se um maior empacotamento dos estados de transição (Esquema 1) [3, 4] e conseqüentemente uma diminuição da energia necessária fornecer ao sistema para atingir o sucesso da reacção (diminuição da energia de activação de Gibbs) [5].

* iMed - Institute for Medicines and Pharmaceutical Sciences, Faculdade de Farmácia – Universidade de Lisboa
Av. Prof. Gama Pinto, 1649-003 Lisboa, Portugal
E-mail: nunocandeias@ff.ul.pt



Esquema 1 – Formação preferencial de um estado de transição compacto devido à presença de água na reacção

A utilização de água em reacções orgânicas tem-se tornado mais relevante junto da comunidade científica devido às inúmeras vantagens anteriormente descritas. De forma a normalizar os termos associados a questões de relevância mais prática, a nomenclatura utilizada foi recentemente discutida [6]. Assim, a seguinte terminologia foi descrita:

Reaction in Aqueous Media – A água é utilizada como um componente do solvente, entre outros componentes;

Reaction in water – mistura reaccional homogénea, com todos os componentes dissolvidos;

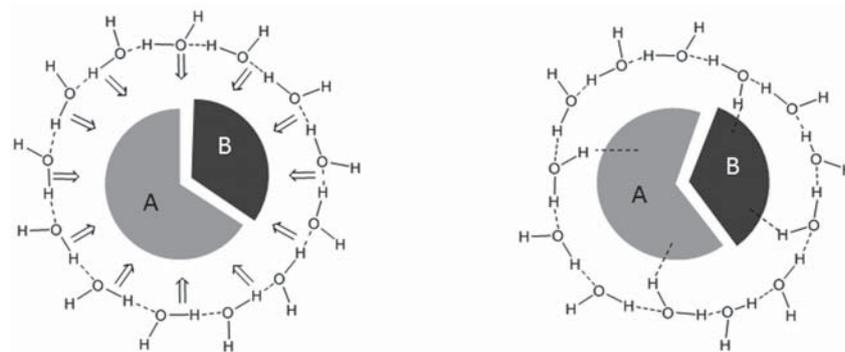
Reaction in presence of water – mistura reaccional contendo uma fase orgânica concentrada (emulsões ou micelas), em que a água actua como uma segunda fase que influencia a reacção na fase orgânica.

Foi recentemente demonstrado que as reacções em água podem ocorrer num sistema heterogéneo, sendo promovidas por agitação vigorosa, devido ao aumento da área superficial de contacto entre as fases orgânicas e aquosas [7].

Existem vários efeitos, provavelmente relacionados, que têm sido apontados como possíveis explicações para as diferentes reactividades observadas

em água (Esquema 2). Enquanto o efeito hidrofóbico tem por base a diminuição do volume molar do estado de transição devido às forças hidrofóbicas exercidas pela água (representado por \Rightarrow no lado esquerdo do Esquema 2), a diminuição da energia de activação de Gibbs pode ainda ser explicada pela estabilização do estado de transição devido às pontes de hidrogénio formadas com os grupos O-H da interface óleo-água (lado direito do Esquema 2).

As ligações C-H representam a grande maioria das ligações químicas presentes em compostos orgânicos. No entanto, a sua elevada energia de ligação (105 kcal/mol para o metano), dificulta a manipulação sintética daquela que é a maior fracção dos derivados do petróleo (alcanos).



Esquema 2 – Possíveis explicações para o aumento da reactividade em água devido às forças exercidas no estado de transição (os blocos A e B representam possíveis reagentes) – Efeito Hidrofóbico (lado esquerdo) e Interações de Hidrogénio (lado direito)

A necessidade de modificar estas moléculas de baixa reactividade tem sido impulsionadora de extensos estudos em torno de um processo eficiente para a activação das ligações C-H. Uma forma de contornar o problema da baixa reactividade da ligação C-H é através da geração de carbenos que devido à sua elevada instabilidade podem reagir com ligações C-H.

Este processo particular de activação da ligação C-H denomina-se inserção intramolecular de carbenos na ligação C-H e é muitas vezes alcançado através do uso de compostos diazo como seus precursores.

A utilização de compostos diazo como substratos na reacção de inserção C-H de carbenos foi descoberta durante os anos 40 e rapidamente

despertou a atenção da comunidade científica (Esquema 3 – via fotolítica – utilização de luz ultra-violeta). No entanto, devido à natureza fotolítica do processo e à elevada reactividade dos carbenos, os produtos foram obtidos em baixos rendimentos e com reduzidas selectividades.

A utilização de complexos metálicos é uma forma de mediar a elevada reactividade dos carbenos através da formação de metalocarbenos, onde o carbono deficiente em electrões é estabilizado pelos electrões do átomo metálico. Ainda que sejam conhecidos vários metais com a capacidade de mediar a sua reactividade, os complexos de ródio têm sido os mais explorados quando se trata de carbenos gerados a partir de compostos diazo. Através da geração de metalocarbenos foi possível melhorar significativamente a selectividade dos produtos da reacção (Esquema 3 – via catalítica) [8]. Desde então, este tipo de complexos tem sido amplamente utilizado na preparação de produtos de valor acrescentado, particularmente como uma ferramenta sintética na obtenção

de produtos enantiomericamente enriquecidos [9].

As reacções de inserção de carbenos na ligação C-H podem ser intermoleculares ou intramoleculares. Enquanto no primeiro caso o carbeno reage com a ligação C-H de outra molécula, no segundo caso o carbeno e a ligação C-H que sofre a inserção fazem parte da mesma molécula, resultando na formação de um produto cíclico. Desta forma, é possível preparar lactamas com reconhecida actividade biológica, através da utilização de α -diazos amidas como materiais de partida.

Considerando a importância destes dois tópicos, a utilização de água como solvente e a reacção de inserção C-H, era desejável que ambos os tópicos pudessem ser conjugados. Numa primeira análise, é expectável a formação de compostos originados por reacção entre água e carbenos ou metalocarbenos aquando da mistura dos vários componentes. Efectivamente, as reacções de inserção do solvente contendo uma ligação O-H encontram-se bem documentadas e

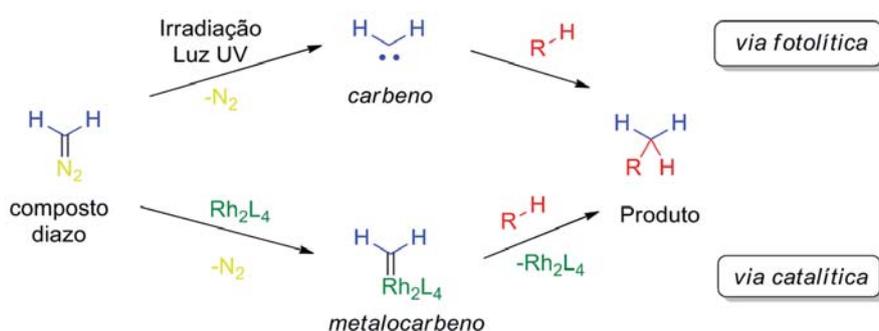
denominam-se reacções de inserção O-H [10].

Um composto hidrofóbico em água assume uma conformação em que as repulsões com o meio são minimizadas e, em casos extremos, as moléculas de água podem ser expelidas da vizinhança da molécula (Esquema 4).

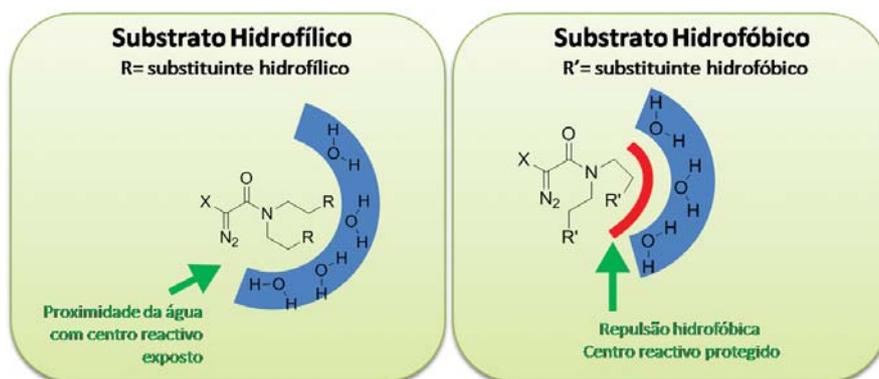
No entanto, verificou-se que é possível conciliar água e espécies altamente reactivas sem que haja reacções competitivas.

Vejam-se os recentes exemplos da reacção de ciclopropanação de alcenos [11] e modificação de resíduos triptofano da mioglobina [12, 13] em água sem que se observasse a formação de produtos secundários.

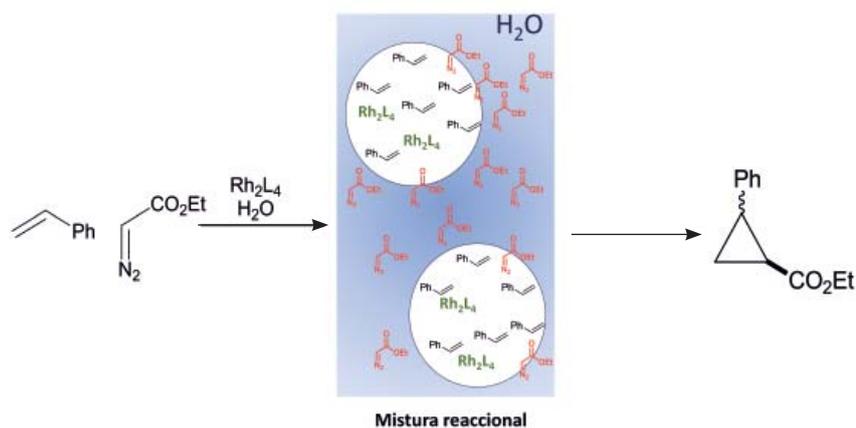
O sucesso da primeira reacção foi atribuída à formação de aglomerados de moléculas de alceno para onde o composto diazo hidrofílico se difunde juntamente com o complexo hidrofóbico de ródio, devido à natureza bifásica do meio reaccional (Esquema 5) [11].



Esquema 3 – Esquema geral de uma reacção de inserção C-H – vias fotolítica e catalítica



Esquema 4 – Comportamento do substrato em água, consoante a natureza hidrofóbica dos substituintes (R e R')



Esquema 5 – Esquema representativo de uma reacção de ciclopropanação em água

Mais recentemente, uma metodologia baseada nos mesmos princípios foi desenvolvida para a inserção C-H quiral [14].

Associando a hidrofobia dos compostos orgânicos ao favorecimento de reacções intramoleculares (reacção de apenas uma molécula) em detrimento de reacções intermoleculares (reacção entre duas ou mais moléculas), verifica-se a ausência de reacção do substrato hidrofóbico com a água presente no meio reaccional. Adicionalmente, o substrato deverá adquirir uma conformação tal que os grupos funcionais intervenientes na reacção se encontrem mais próximos (Esquema 4). Assim, conjugando a hidrofobia dos compostos diazo e dos ligandos de alguns complexos de di-ródio, é possível realizar a reacção de inserção C-H em meios aquosos. A utilização de substratos e ligandos hidrofóbicos obriga a que a espécie reactiva gerada adopte uma conformação tal que a ligação C-H se aproxime do centro reactivo da molécula e a reacção intramolecular se dê preferencialmente, sem a presença de água no centro reactivo. Consegue-se, desta forma, suprimir a formação dos produtos da reacção com a água presente

no meio. Contrariamente, a utilização de ligandos e substratos solúveis em água origina a formação exclusiva de produtos de inserção O-H, resultantes da reacção da espécie reactiva com o solvente (Esquema 6) [15, 16].

Apesar da vasta aplicação dos complexos de ródio, este metal é extremamente dispendioso e é sempre desejável o desenvolvimento de metodologias que permitam a sua reutilização. Tirando partido da elevada solubilidade de alguns compostos de di-ródio em água e associando a baixa solubilidade dos produtos da reacção neste solvente, foi possível desenvolver um sistema que permitisse a reutilização do catalisador.

Assim, o substrato é adicionado a uma solução aquosa de di-ródio, a mistura reaccional é aquecida e finda a reacção, é adicionado um solvente orgânico não solúvel com a água. Após separação de fases, a fase orgânica contém o produto desejado e a fase aquosa com o metal está pronta para receber mais substrato e ser reutilizada num novo ciclo catalítico (Esquema 7). Como se pode ver no Esquema 7, a cor azul característica dos complexos de di-ródio permanece

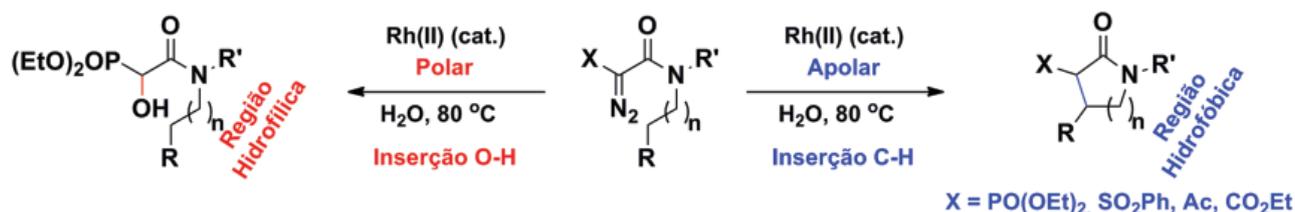
na fase aquosa, enquanto a fase orgânica contendo os produtos da reacção se mantém incolor.

Tal como referido anteriormente, a reacção de inserção C-H pode também ser obtida através da decomposição fotolítica de compostos diazo.

À semelhança do que foi observado para a decomposição catalítica, a decomposição fotolítica de compostos diazo em meios alcoólicos ou aquosos conduz em muitos casos à formação de produtos de inserção O-H. Este método tornou-se bastante comum durante os anos 70, sendo a reactividade de espécies formadas através da fotólise de compostos diazo extensivamente estudada. Apesar da controvérsia em torno do mecanismo de ambas as transformações, só recentemente, e devido ao desenvolvimento de técnicas como fotólise rápida por laser (Laser Flash Photolysis), foi possível alcançar novos dados que sugerem um mecanismo envolvendo espécies excitadas de tempo de vida muito reduzido derivadas do composto diazo [17].

Também na decomposição fotolítica de compostos diazo, a selectividade da reacção para a formação dos produtos encontra-se muito dependente da natureza hidrofóbica dos substituintes. Ou seja, compostos mais hidrofóbicos têm tendência a adquirir uma conformação tal que minimize as repulsões com a água aproximando consequentemente as partes da molécula envolvidas na reacção de inserção C-H (Esquema 8 – parte superior).

Por outro lado, a utilização de substratos solúveis em água conduz à formação de produtos de inserção O-H, devido à aproximação das moléculas de água ao centro reactivo da molécula (Esquema 8 – parte inferior) [18].



Esquema 6 – Esquema reaccional de uma reacção de inserção C-H vs. inserção O-H em água, mediante hidrofobia dos substituintes da amida e da solubilidade do catalisador de di-ródio

Apesar dos recentes avanços na utilização de água como solvente, particularmente acerca da estrutura e influência da água em transformações orgânicas, muito sobre este solvente ainda se encontra por explorar.

À luz de uma química mais sustentável, todos os processos em química orgânica deveriam ser realizados em água e idealmente poder-se-ia usufruir de todas as características deste solvente tão peculiar.

Muito tem sido feito neste sentido, no entanto a maioria das reacções mais úteis em química orgânica é sensível

à presença de água no meio e um grande esforço terá ainda que ser despendido para contornar a reactividade das espécies intervenientes.

A formação de espécies tão reactivas como carbenos em água e a sua ausência de reactividade com o meio devem ser vistas como uma motivação para um maior empenho de forma a alcançar-se aquilo que inicialmente se julgava pouco provável.

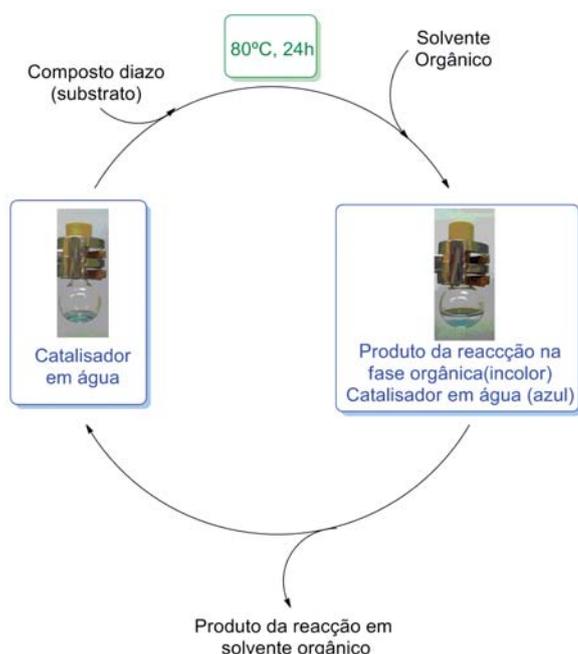
AGRADECIMENTOS

Agradece-se aos Professores Carlos A. M. Afonso e Luís F. Veiros e ao

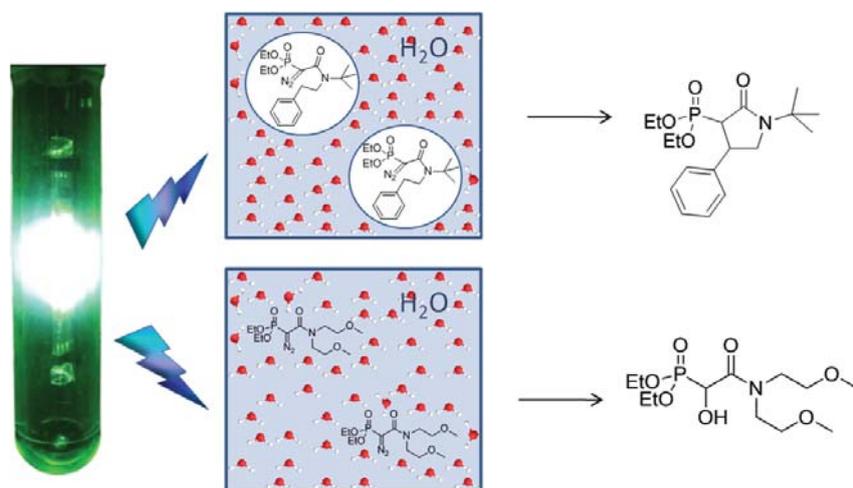
Doutor Pedro M. P. Góis pela orientação científica na realização da tese de doutoramento que originou este artigo, ao Mestre Luís R. Gomes pela sua contribuição no procedimento experimental e à Fundação para a Ciência e a Tecnologia pelo financiamento (SFRH/BD/17163/2004, SFRH/BPD/46589/2008 e PTDC/QUI/66695/2006).

REFERÊNCIAS

- [1] U. M. Lindström, *Organic reactions in water: principles, strategies and applications*; Blackwell Pub.: Oxford, 2007.
- [2] D. C. Rideout, R. Breslow, *J. Am. Chem. Soc.* 102 (1980) 7816-7817.
- [3] R. Breslow, *Acc. Chem. Res.* 24 (1991) 159-164.
- [4] R. Breslow, *Acc. Chem. Res.* 37 (2004) 471-478.
- [5] U. M. Lindstrom, F. Andersson, *Angew. Chem. Int. Edit.* 45 (2006) 548-551.
- [6] Y. Hayashi, *Angew. Chem. Int. Edit.* 45 (2006) 8103-8104.
- [7] S. Narayan, J. Muldoon, M. G. Finn, V. V. Fokin, H. C. Kolb, K. B. Sharpless, *Angew. Chem. Int. Edit.* 44 (2005) 3275-3279.
- [8] M. P. Doyle, *Chem. Rev.* 86 (1986) 919-939.
- [9] H. M. L. Davies, R. E. J. Beckwith, *Chem. Rev.* 103 (2003) 2861-2903.
- [10] D. J. Miller, C. J. Moody, *Tetrahedron* 51 (1995) 10811-10843.
- [11] R. P. Wurz, A. B. Charette, *Org. Lett.* 4 (2002) 4531-4533.
- [12] J. M. Antos, M. B. Francis, *J. Am. Chem. Soc.* 126 (2004) 10256-10257.
- [13] J. M. Antos, J. M. McFarland, A. T. Iavarone, M. B. Francis, *J. Am. Chem. Soc.* 131 (2009) 6301-6308.
- [14] F. Estevan, J. Lloret, M. Sanau, M. A. Ubeda, *Organometallics* 25 (2006) 4977-4984.
- [15] N. R. Candeias, P. M. P. Gois, C. A. M. Afonso, *Chem. Commun.* (2005) 391-393.
- [16] N. R. Candeias, P. M. P. Gois, C. A. M. Afonso, *J. Org. Chem.* 71 (2006) 5489-5497.
- [17] N. R. Candeias, C. A. M. Afonso, *Curr. Org. Chem.* 13 (2009) 763-787.
- [18] N. R. Candeias, P. M. P. Gois, L. F. Veiros, C. A. M. Afonso, *J. Org. Chem.* 73 (2008) 5926-5932.



Esquema 7 – Reutilização do catalisador através da utilização de água como solvente



Esquema 8 – Esquema representativo da decomposição fotocatalítica de compostos diazo em água. Sistema bifásico, com substrato hidrofóbico (parte superior) e sistema homogêneo, com substrato solúvel em água (parte inferior)



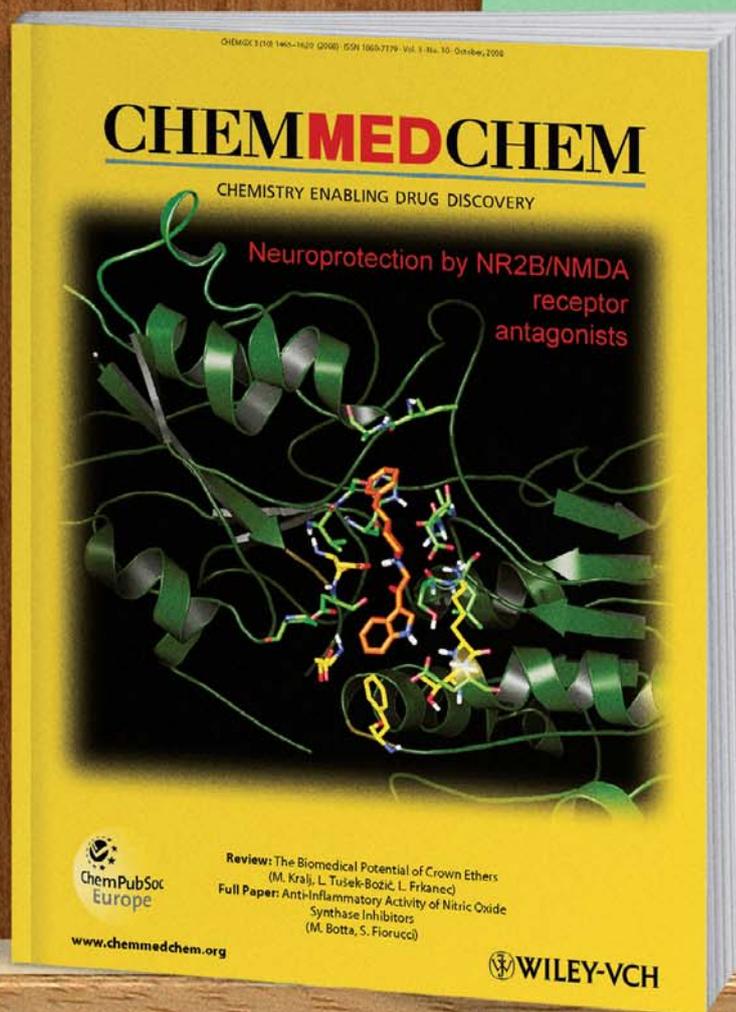
• Topical Medicine
Treat yourself!




Ask your chemist about it!

Available by subscription only
Monthly dosage,
high Impact

A big hit in medicinal chemistry
www.ChemMedChem.org

O DESASTRE DE BHOPAL, NO CONTEXTO DA QUÍMICA VERDE A SUA CAUSA ÚLTIMA: UM RETROCESSO

ADÉLIO A. S. C. MACHADO*

Discute-se sumariamente o desastre de Bhopal, o maior acidente tecnológico da história, ocorrido há um quarto de século (1984), numa instalação de fabrico do herbicida carbarilo, chamando a atenção para a sua utilidade como um caso de estudo que pode servir de ponto de partida para o desenvolvimento de variados temas no ensino da química, no campo da segurança, mas não só. Depois, mostra-se que a causa última do acidente foi a substituição do processo de síntese do carbarilo usado inicialmente, por outro que envolvia a produção de um composto intermediário muito perigoso (o isocianato de metilo) – o que, em termos actuais, na postura da Química Verde, constitui um retrocesso químico.

No final de 2009 passaram vinte e cinco anos sobre o desastre de Bhopal, ocorrido numa instalação industrial de fabrico do pesticida carbarilo (1-naftilmetilcarbamato) localizada na cidade indiana com este nome, na noite de 3 para 4 de Dezembro de 1984¹. Este pesticida, da família dos carbamatos, foi introduzido no mercado norte-americano pela empresa Union Carbide (UC), em 1958, sendo ainda hoje muito usado, já que é utilizado para diversos fins na agricultura – e também nos relvados e jardins domésticos e públicos². Na década de setenta do século passado, dada a grande expansão da agricultura na Índia, a UC constituiu lá uma filial (Union Carbide India, UCI), que construiu uma fábrica para o fabrico de pesticidas em Bhopal. Em 1979, foi aí montada uma instalação para o fabrico do carbarilo, que até então era importado dos EUA.

O desastre de Bhopal foi o maior acidente industrial registado pela história: em termos humanos, provocou a exposição a uma nuvem tóxica de centenas de milhares de pessoas, com morte instantânea ou quase imediata de alguns milhares (bem como de muitos animais) e problemas diferenciados na saúde de muitas outras, com

consequências ainda hoje sentidas e não completamente avaliadas; em termos materiais, teve como consequência o encerramento definitivo da instalação industrial onde ocorreu, apesar de ela ter ficado praticamente intacta, e afectou a viabilidade económica da respectiva empresa local bem como a da empresa mãe nos EUA, etc.

Claro que o acidente não é motivo para os químicos se orgulharem, mas o facto de o maior desastre da história da tecnologia ter ocorrido numa fábrica de produtos químicos, e não de outro ramo industrial, evidencia (soturnamente!) a grandeza da Indústria Química e da própria química – embora pelo pior lado, o dos perigos diversificados que esta envolve, muitos dos quais de controlo problemático, o que significa que obter segurança em química é ela própria uma actividade de uma enorme imensidão. Razão de orgulho, sim, é a resposta criativa dada ao acidente de Bhopal pelos químicos (em sentido lato, começando neste caso pelos engenheiros químicos³) que tem permitido uma progressiva melhoria da segurança global dos processos químicos, conseguida por duas vias: por um lado, medidas de segurança clássica (*reactiva*, obtida por adição das chamadas *camadas de protecção* às instalações [1, 2]); por outro, desenvolvimento crescente da chamada *segurança inerente* (*pró-activa*, obtida por embutimento de raiz

nos processos, nas fases preliminares das respectivas concepção de base e desenvolvimento – por meio de eliminação intencional, cirúrgica, dos próprios perigos [3, 4])⁴. No entanto, o progresso obtido quanto ao aumento de segurança (ou seja, à limitação dos riscos e dos impactos dos desastres) está ainda longe de ser satisfatório – embora menos frequentes e com menores efeitos nocivos, os desastres continuam a ser vulgares na Indústria Química⁵. Esta situação de continuada deficiência de segurança no campo da Química Industrial, apesar dos persistentes esforços para a melhoria, foi aliás importante para a emergência da Química Verde (QV) – como é evidenciado pelo facto de os Doze Princípios desta [5] culminarem num último que prescreve uma *Química Inerentemente Mais Segura quanto à Prevenção de Acidentes* (“Princípio 12 – 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”) [6].

Este artigo tem dois objectivos distintos. Primeiro, chamar a atenção aos professores de química dos diversos níveis de ensino que o desastre de Bhopal pode ser usado como um caso de estudo muito aliciante para servir de ponto de partida (ou de reflexão intermédia) em variadas situações peda-

* Departamento de Química da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto
R. Campo Alegre, 687, 4169-007 Porto
E-mail: amachado@fc.up.pt

gógicas (ver exemplos no Quadro 1). Para cumprir este objectivo, apresenta-se uma descrição muito sumária do acidente, precedida de algumas indicações sobre peças bibliográficas adequadas para suportar a sua apresentação lectiva.

O segundo objectivo é mais concreto e consiste em mostrar que o desastre exemplifica incisivamente a importância da utilização de QV para a aquisição e manutenção da segurança na Indústria Química, ilustrando bem a importância do referido Princípio 12 (e não só). Na realidade, a causa última do acidente foi a UC, em 1973, ter substituído o processo de síntese inicialmente usado para preparar o carbarilo, utilizado quando o lançou no mercado dos EUA em 1958, por outro que, embora usasse os mesmos reagentes (!), envolvia a preparação de um intermediário muito perigoso, o isocianato de metilo (MIC)⁶ – ou seja, a UC praticou um retrocesso na ver- dura da química usada no fabrico que,

se não tivesse sido feito, teria poupa- do o desastre.

SUGESTÕES DE BIBLIOGRAFIA SOBRE O ACIDENTE

A bibliografia sobre o desastre de Bhopal é muito vasta, não se preten- dendo apresentar aqui uma revisão, mas apenas fornecer algumas pistas para facilitar a tarefa de quem o quiser usar como caso de estudo⁷.

Diversos livros de texto sobre segu- rança [7-8] e desastres [9-11] propor- cionam descrições mais ou menos pormenorizadas do acidente, p. ex. [7] apresenta uma visão global bastante completa, com uma cobertura das variadas facetas, enquanto [11] in- clui uma aliciente discussão sobre as lições do acidente para a segurança química.

Quanto a artigos, pode-se obter uma ideia de diferentes aspectos envolvi- dos no acidente, tal como foram apre-

ciados aquando da sua ocorrência, numa série publicada num número especial do *Chemical & Engineer- ing News* da época [12] – e seguir a evolução do estudo dos problemas que o acidente levantou em artigos “comemorativos” publicados na mes- ma revista, dez anos [13] e vinte anos [14-17] depois⁸.

Um destes últimos [16] refere que a situação em Bhopal, quer quanto à atenção dada às vítimas do acidente (cuidados de saúde, indemnizações, etc.), quer quanto ao abandono das instalações, não tinha mudado muito na década anterior; um outro [17], embora reconhecendo os progressos obtidos desde Bhopal no domínio da segurança dos processos químicos, chama a atenção para o facto de persistirem riscos muito sérios nas respectivas instalações, mesmo em países avançados, apontando alguns factores responsáveis pela situação. Um factor fundamental é a própria dimensão e diversidade da Indústria Química, mas as limitações da regu- lamentação sobre a supervisão de medidas de segurança são também apontadas como outro factor impor- tante [14]. Esta opinião é corroborada noutro artigo “comemorativo” dos vinte anos do acidente [18].

Muitos dos variados aspectos do aci- dente, para além dos técnicos, bem como das lições aprendidas com ele no domínio da segurança dos proc- esses químicos, são discutidos num número da revista *Journal of Loss Pre- vention in the Process Industries* (vol- ume 18, número 4-6), em que foram reunidos mais de cinquenta artigos referentes a comunicações apresen- tadas num congresso realizado sobre o tema “Bhopal Gas Tragedy and its Effects on Process Safety”, realizado em Kampur, Índia, no vigésimo ani- versário do desastre (2004), portanto já com uma visão retrospectiva alar- gada. Além do índice da revista [19], o editorial [20], o relatório do con- gresso [21], bem como um texto de comentário às lições proferidas [22], proporcionam um panorama geral dos temas tratados, útil para a escolha dos artigos a ler. Estes incluem desde relatos críticos sobre o acidente de técnicos da empresa e agentes de protecção civil que participaram nele,

QUADRO 1 EXEMPLOS DA UTILIDADE PEDAGÓGICA DO ACIDENTE DE BHOPAL COMO CASO DE ESTUDO

SERVE PARA...

...VINCAR QUE O PERIGO É OMNIPRESENTE NA PRÁTICA DA QUÍMICA PELO QUE A FORMAÇÃO NESTA CIÊNCIA DEVE INCLUIR O ESTUDO DA SEGURANÇA QUÍMICA COMO UMA MATÉRIA DE IMPORTÂNCIA ESSENCIAL

...MOSTRAR QUE O CONTROLO DOS RISCOS MEDIANTE SEGURANÇA REACTIVA PODE TORNAR-SE PRECÁRIO QUANDO AS CAMADAS DE SEGURANÇA AVARIAM OU NÃO SÃO MANTIDAS PELO QUE NÃO PROPORCIONA SEGURANÇA À SEGURANÇA (!)

...PARA EXEMPLIFICAR A COMPLEXIDADE DO ESTUDO DOS DESASTRES NAS INSTALAÇÕES DA INDÚSTRIA QUÍMICA

...PARA DISCUTIR O PROBLEMA DA DETERIORAÇÃO DE SEGURANÇA QUE OCORRE MUITO VULGARMENTE QUANDO SE TRANSFERE TECNOLOGIA DOS PAÍSES AVANÇADOS PARA OS PAÍSES EM DESENVOLVIMENTO

...PARA PROPAGANDEAR A NECESSIDADE DE SE PASSAR A INVENTAR DE RAIZ UMA QUÍMICA REFORMATADA, A QUÍMICA VERDE, MENOS PERIGOSA DO QUE A QUE SE DESENVOLVEU NO SÉCULO XX

p. ex. [23, 24], até análises de especialistas de segurança de diversas áreas que o têm analisado pormenorizadamente, p. ex. [25].

Muitos outros artigos de revisão dispersos na literatura abordam as diferentes facetas do acidente, por exemplo em [26], após uma descrição resumida mas muito informativa sobre ele, com valores numéricos sobre a área afectada, condições de exposição, etc, revêem-se os numerosos estudos realizados no domínio dos respectivos efeitos na saúde humana, quer logo a seguir ao desastre (lesões oculares e no trato respiratório, etc), quer posteriormente, ao longo do tempo (incluindo efeitos sistémicos: neurológicos, reprodutivos, etc).

Um aspecto que tem merecido atenção recente é o estado de abandono em que as instalações permanecem vinte e cinco anos depois, sem ter sido realizada qualquer remediação, pelo que constituem um foco de poluição; bem como a contaminação do solo e das águas da zona resultante da actividade da fábrica antes do desastre [27, 28]. A atenção sobre este tema foi despoletada por dois relatórios da Greenpeace [29, 30], que fornecem abundantes elementos sobre a situação vigente.

Finalmente, é de referir que foram publicados numerosos livros sobre o acidente de Bhopal que o tratam sob pontos de vista variados (incluindo livros de ficção, não considerados aqui). Entre os editados na última década referem-se os seguintes: o texto de Eckerman [31], uma médica estudiosa do acidente, que analisa as causas da génese do desastre, os efeitos diferidos deste sobre a saúde da população, e os esforços de mitigação e suas limitações; o de D'Silva [32], um químico empregado pela UC que esteve envolvido na investigação do acidente e que apresenta uma análise técnica do mesmo, baseada na documentação disponível sobre ele; uma investigação jornalística [33] que incide nos aspectos humanos do acidente, abordando-o com muita vivacidade do ponto de vista das vítimas; e, finalmente, uma colectânea [34] de documentos variados sobre o acidente, que põe em evidência os as-

pectos legais dos processos judiciais a que o acidente deu origem e que ainda não foram concluídos [35].

BREVE DESCRIÇÃO DO ACIDENTE DE BHOPAL

O agente químico do acidente – o MIC: um composto perigoso. O MIC, usado no fabrico de diversos insecticidas da família dos carbamatos e outros produtos químicos, é muito reactivo,⁹ sendo por isso considerado tradicionalmente jeitoso pelos químicos industriais para realizar reacções e utilizado como intermediário em síntese industrial¹⁰ – mas também é extremamente tóxico (por inalação, ingestão ou absorção pela pele)¹¹. Além disso, como também é volátil e inflamável, e mais denso que o ar, pelo que em caso de fuga se mantém próximo do solo, é um composto muito perigoso – reúne as características de perigosidade mais importantes encontradas na química!

Embora o MIC seja manejável à escala industrial, a sua utilização na indústria química exige precauções de segurança diversificadas. As vigentes nos EUA na altura do desastre são discutidas em [36], mas em Bhopal a segurança era inferior (para uma comparação detalhada da segurança das duas instalações, ver [23]); além disso, os dispositivos existentes tinham sido desligados em consequência de abaixamento da procura do carbarilo e de dificuldades económicas da UCI. No entanto, por mais medidas de segurança que se instalem, o perigo de um composto, quando existe, pode sempre manifestar-se – foi o que sucedeu no acidente de Bhopal, onde se fabricava carbarilo por um processo que usava o MIC como intermediário (descrito adiante)¹².

Para o desastre contribuíram todas as propriedades perigosas do MIC, excepto a inflamabilidade – não chegou a ocorrer incêndio, o que deixou intactas quer as instalações¹³ quer as construções da zona afectada da cidade (ver adiante).

A causa próxima do acidente. O acidente resultou da introdução inadvertida de água num depósito de MIC, que despoletou um conjunto de reacções

em que este composto funciona como reagente e que são exotérmicas; tais reacções provocaram o aquecimento do conteúdo do depósito¹⁴, sobrepresão e libertação de uma imensa nuvem tóxica de gás.

A composição química da nuvem tóxica nunca foi determinada (ou, pelo menos, publicitada), embora tivessem sido publicados estudos sobre as reacções químicas do MIC nas presumíveis condições do acidente [37]. Provavelmente, o componente principal da nuvem era o MIC, mas ela continha muitos outros compostos provenientes de reacções deste com outros e consigo próprio (polimerizações). Por exemplo, a presença de cianeto de hidrogénio na nuvem foi objecto de controvérsia, ainda hoje não resolvida [38, 39].

Efeitos do acidente. A massa gasosa dispersou-se sobre parte da cidade de Bhopal, atingiu centenas de milhares de pessoas, sufocou instantaneamente alguns milhares e matou nos dias seguintes mais alguns milhares. Como o acidente ocorreu a meio da noite, muitas pessoas terão sido mortas a dormir e nem sequer procuraram fugir. Como as estruturas hospitalares e sanitárias não estavam preparadas para um acidente desta dimensão e houve necessidade de remover rapidamente os cadáveres para evitar epidemias, nunca se apurou o número exacto de mortes – e as estimativas publicadas variam muito.

A zona da cidade atingida pela nuvem tóxica ficou com os edifícios e cabanas fisicamente intactas. O acidente provocou uma *cena de guerra química* bem consumada – na manhã seguinte, pode-se observar uma paisagem intacta, com uma multidão de cadáveres de pessoas, vacas, cabras e outros animais domésticos, sem quaisquer ferimentos aparentes, que tinham sido gaseadas até à morte, dispersos num ambiente muito sossegado e silencioso (o horror da cena lembra o dos campos de exterminação nazi onde foi praticado o gaseamento letal em massa de judeus!).

Os efeitos diferidos do acidente foram variados, por exemplo diversos problemas na saúde de um grande nú-

mero de habitantes da cidade, ainda hoje sentidos, a perda de empregos, o abandono da cidade por muita gente e a sua decadência, a contaminação do solo e águas, etc.

A MUDANÇA FATAL DO PROCESSO DE SÍNTESE DO CARBARILO

A síntese industrial do carbarilo pode ser realizada a partir dum mesmo conjunto de três reagentes, metilamina (CH_3NH_2), cloreto de carbonilo ($\text{Cl}_2\text{C}=\text{O}$, nome vulgar fosgênio) e 1-naftol ($\text{C}_{10}\text{H}_7\text{OH}$), por duas vias diferentes [36]¹⁵.

O processo de síntese industrial utilizado a partir de 1973 pela UC, nas suas instalações industriais situadas em Institut, Louisiana, EUA, depois transposto para Bhopal, consiste em realizar uma primeira reacção entre a metilamina e cloreto de carbonilo, para obter o MIC ($\text{CH}_3\text{N}=\text{C}=\text{O}$); depois, numa segunda reacção, este composto intermediário é feito reagir com o 1-naftol para originar o carbarilo (ver a Figura 1, parte superior; a figura foi adaptada de [36]).

Alternativamente, o carbarilo pode ser preparado, a partir dos mesmos reagentes, usando-os por outra ordem, sem necessidade de passar pelo intermediário perigoso que é o MIC (ver Figura 1, em baixo). Interessantemente, esta via foi a utilizada inicialmente pela UC, nos EUA, quando em 1958 começou a fabricar o carbarilo, apesar de já então produzir MIC (desde 1957, para venda a outras empresas químicas e para fabrico de outro pesticida, o aldicarb). Segundo a empresa declarou, quando foi indagada sobre as razões da mudança de processo, já depois do acidente de Bhopal, a adopção da via de síntese que envolvia o fabrico MIC, em 1973, foi ditada por o novo processo “ser superior” – mas as razões desta superioridade nunca foram explicitadas pela UC. Provavelmente, a “superioridade” era apenas económica – como fabricava outros carbamatos a partir do MIC e vendia o composto a outros fabricantes destes pesticidas, a mudança de processo, por um lado, simplificava a sua logística global de fabrico dos vários carbamatos e, por outro, permitia obter economias de

escala. Obviamente, sob o ponto de vista de segurança, o novo processo era intrinsecamente inferior – porque envolvia um composto muito perigoso.

Embora a UC tivesse conseguido estabelecer medidas de segurança adequadas para fabricar e manipular MIC nas suas instalações de Institut, quando reproduziu o processo de fabrico em Bhopal, o seu nível de segurança não foi mantido [23] – e como o perigo de um composto perigoso acompanha sempre o composto, o desastre acabou por ocorrer.

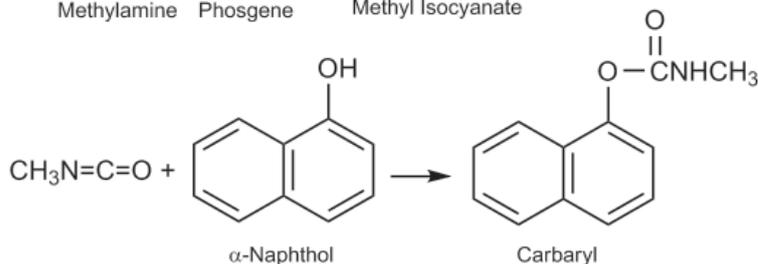
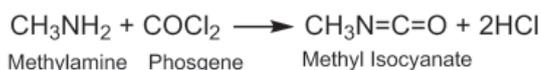
Assim, em última análise, o acidente de Bhopal ficou a dever-se ao facto de a UC ter mudado o processo de

fabrico sem pesar suficientemente as consequências da alteração na perigosidade do processo industrial – ou, em linguagem actual da QV, sem atender a que estava a deteriorar a verdura da via de síntese. Claro que naquela altura, embora a Indústria Química já tivesse preocupações de segurança, o seu nível era incipiente quando comparado com o actual – ou, por outras palavras, o entusiasmo pela tecnologia era então tão grande que se aceitava os seus riscos sem plena consciência deles.

Na realidade, o carbarilo sempre foi fabricado industrialmente (e continua a ser) por outras companhias, nomeadamente pela empresa israelita

FABRICO DO CARBARILO

VIA DO ISOCIANATO DE METILO



VIA SEM ISOCIANATO DE METILO

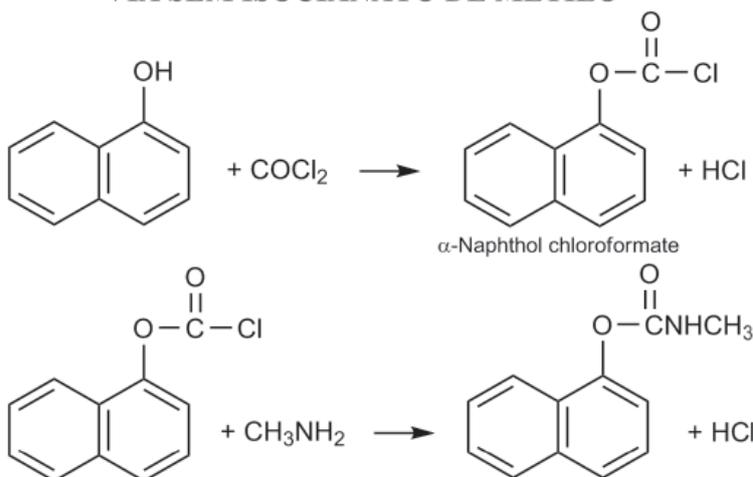


Figura 1 – Dois processos de síntese do carbarilo a partir dos mesmos reagentes. Em cima: processo da UC usado a partir de 1973 (MIC usado como intermediário). Em baixo: processo alternativo usado inicialmente (1958) pela mesma empresa e presentemente por outras (não envolve MIC)

Makhteshim [40] pela segunda via de síntese – embora esta via também envolva riscos, estes são mais limitados. Em suma, o desastre de Bhopal ocorreu porque o composto que o provocou *não devia* estar na instalação: o MIC era um intermediário, não o produto nem um reagente, e embora pudesse ser conveniente, não era essencial – sendo perigoso, era preferível dispensá-lo [11]. Esta é a lição da tragédia de Bhopal para a QV – esta tem de cumprir um objectivo duplo quanto ao modo como lida com os compostos: *preparar* compostos funcionais benignos e *não envolver* compostos perigosos no seu fabrico.

Discussão

A discussão do fabrico do carbarilo pelas duas vias de síntese, usando como ponto de partida o desastre de Bhopal, é particularmente incisiva para mostrar que se pode utilizar a engenharia da via de síntese para implementar a QV (neste caso quanto ao seu Princípio 12, mas o alcance da possibilidade é mais amplo). Mesmo no caso simples do carbarilo, em que a via de síntese envolve apenas três reagentes e duas reacções, há duas alternativas de vias; para compostos com moléculas mais elaboradas, quanto maior for o número de reagentes e reacções requeridas, mais numerosas poderão ser as alternativas – e, conseqüentemente, mais vastas são as possibilidades para inovar a química com base na engenharia da via de síntese¹⁶.

Neste contexto, há um aspecto adicional que merece ser vincado: a possibilidade de manejar a via de síntese para obter verdura resulta da natureza não linear da química. A Figura 2 mostra graficamente esta natureza, para o caso da síntese do carbarilo, traduzida pelo facto de a via para chegar ao produto, a partir de um mesmo conjunto de reagentes, não ser única – pode-se chegar a um mesmo produto por diferentes caminhos (sucessões de reacções). A figura destina-se a veicular com força uma ideia que a formação reducionista dos químicos académicos faz vulgarmente esquecer: a química tem natureza sistémica, não sendo intrinsecamente tão linear quanto a sua abordagem científica tradicional sugere¹⁷.

A QUÍMICA NÃO É LINEAR

REAGENTES



INTERMEDIÁRIOS



DUAS VIAS ALTERNATIVAS

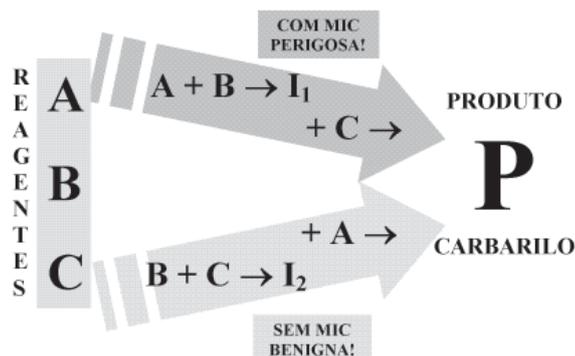


Figura 2 – A natureza não linear da química de síntese exemplificada com as duas vias de síntese do carbarilo. Um mesmo produto pode ser obtido a partir dos mesmos reagentes por vias de síntese diferentes

CONCLUSÕES

O acidente de Bhopal pode ser usado como um caso de estudo particularmente incisivo, devido quer à dimensão do acidente e extensão das suas repercussões negativas, quer ao incentivo e repercussões positivas que pressionou no desenvolvimento de práticas de segurança dos processos químicos pela Indústria Química – e ao reconhecimento das limitações destas, que não permitem eliminar completamente os perigos químicos (o risco nulo, embora seja útil como uma meta a perseguir, é uma miragem!). Esta situação é uma consequência da diversidade e complexidade da Química Industrial, quer quanto aos produtos químicos fabricados e processos industriais usados, quer quanto à natureza variada dos perigos das substâncias químicas, e foi um dos factores contribuiu para a emersão da QV – uma das motivações mais fortes desta é a perseguição de mais segurança embutida na própria química de base, que permita um escalamento eficaz das vias de síntese quanto a controlo dos riscos nos pro-

cessos químicos. Assim, a tragédia de Bhopal pode ser usada como ponto de partida para o desenvolvimento de diversos temas, de maior ou menor alcance, no ensino de diversos campos da química (e não só) – desde a segurança química até à génese da QV e sua importância para a segurança, passando por muitos outros.

A discussão comparativa das duas vias de síntese usadas sucessivamente pela UC comprova a validade e a premência da QV como instrumento de suporte da segurança e, portanto, da Sustentabilidade – quando se mudou para uma via de síntese que envolvia um intermediário perigoso, deteriorando a verdura do processo, o perigo acabou por se manifestar de forma brutal. Parafraseando uma interessante metáfora zoológica de Trevor Kletz [11], os químicos devem lembrar-se que os seus antepassados do neolítico domesticaram carneiros e vacas, não leões ou tigres (se tentaram, foram comidos antes de concretizar a domesticação...) – quando hoje se usam estas feras no circo, tem de se recorrer a equipamento de pro-

teção elaborado e, mesmo assim, às vezes ocorrem acidentes. Em suma, como o mundo real ensina que é muito mais seguro lidar com cordeiros do que com leões, em química é preferível não lidar com compostos maléficos e só usar compostos benignos.

Finalmente, o caso do acidente de Bhopal constitui mais um exemplo precoce de QV, embora pela negativa, que se junta a outros que se discutiram em artigos anteriores [41, 42]. Além disso, estimula a discussão de outros tópicos relevantes para a QV, nomeadamente: a natureza não linear do progresso ao longo da história [43], neste caso da história da tecnologia química; e a necessidade de passar a ensinar-se a química de modo que faça ressaltar a sua natureza holística – a tradicional abordagem racionalista, reducionista e linear, é limitativa para a sua prática no mundo industrial e real e, em particular, para a implementação da QV, que requer uma postura sistémica [44]. Os equívocos que podem ocorrer quando se ignora este facto – “falsa química verde” – foram exemplificados num artigo anterior [45].

NOTAS

- 1 Para proporcionar maior eficácia de utilização da bibliografia pelos leitores, se interessados, as referências bibliográficas sobre o desastre serão apresentadas ao longo do texto.
- 2 O carbarilo, um inibidor da colinesterase, quando ingerido pelos humanos, é metabolizado rapidamente e eliminado na urina, pelo que a sua utilização não levanta muitos problemas de intoxicação humana. No entanto, mata diversos crustáceos e insectos benéficos, pelo que a sua aplicação é problemática e deve ser feita com cuidado (por exemplo, mata as abelhas, pelo que não deve ser usado na época da floração) [46].
- 3 E muito em especial pelos que se especializaram no domínio da Segurança dos Processos Químicos [1, 2].
- 4 Um outro acidente, ocorrido em Flixborough, UK, em 1974, foi também determinante para que se desse cada vez mais importância à segurança dos processos químicos e, em particular, para fazer emergir a ideia inovadora de se começar a procurar obter segurança inerente logo no desenvolvimento do processo. Os impactos deste desastre

no progresso da Segurança dos Processos Químicos são discutidos, de forma breve mas incisiva, em [47].

- 5 E até nos laboratórios académicos: ainda recentemente (Dezembro de 2008) ocorreu um acidente com um pós-graduado na Universidade da Califórnia que lhe provocou queimaduras tão graves que acabou por falecer. Este acidente provocou uma imensa discussão, ainda em curso, sobre o nível de segurança praticado nos laboratórios universitários e a deficiente atenção dada à formação dos estudantes de química no campo da segurança – ver, por exemplo [48, 49]. Quanto a acidentes industriais, todos os anos ocorrem vários com vítimas mortais entre os operários, por exemplo, uma notícia recente [50] refere duas explosões, ocorridas em dias seguidos, em fábricas na China (numa fábrica de corantes em Luoyang, Henan, 14 de Julho de 2009, 7 mortes e outros 10 trabalhadores feridos, mais 100 residentes na vizinhança atingidos por detritos e fumos) e em França (numa petroquímica da empresa Total, 15 de Julho, 2 mortes e outros 6 trabalhadores feridos).
- 6 Esta abreviatura resulta do nome inglês: methyl isocyanate.
- 7 Uma pesquisa na rede (Google, termo Bhopal, 2010.03.30) conduziu a 9 milhões de páginas.
- 8 Numerosos artigos “comemorativos” têm também sido publicados pela imprensa, por exemplo, em 2009, no vigésimo quinto aniversário, o *NY Times* referiu a efeméride do desastre, num artigo [51] que aliás foi também publicado pelo *Expresso*, embora com outro título [52].
- 9 A reactividade deve-se à presença de duas ligações duplas adjacentes na molécula; a reactividade é semelhante à dos aldeídos e cetonas ($>C=O$), resultando em reacções de adição com compostos que tenham átomos de hidrogénio activos, mas intensificada pelo efeito cumulativo das duas ligações duplas adjacentes – envolve um “sistema insaturado cumulativo”, sendo as reacções mais vigorosas do que para os aldeídos e cetonas.
- 10 O facto de ser muito volátil (p. e. $39.5^{\circ}C$) facilita a sua utilização industrial (pode ser facilmente usado em fase gasosa).
- 11 Note-se que, em geral, há uma associação forte entre a toxicidade e a reactividade dos compostos químicos: quando um composto tem grupos funcionais (ou partes da sua molécula) muito reactivos, por exemplo, nucleofílicos, electrofílicos ou lipofílicos, estas “filicidades”, que são conceitos unificadores da reactividade, conferem-lhe aptidão

para reagir com os compostos bioquímicos que constituem e mantêm os organismos vivos – e afectar em maior ou menor grau o funcionamento destes em estado estacionário (a chamada vida!). Por outro lado, mesmo compostos pouco reactivos, isto é, relativamente inertes, podem afectar o funcionamento dos seres vivos. Esta situação constitui mais um exemplo da complexidade das relações entre a química e a toxicologia [53].

- 12 O composto continua a ser usado – e a estar envolvido em acidentes. Em 28 de Agosto de 2008, ocorreu uma explosão numa fábrica da Bayer CropScience, no lugar de Institut, em Charleston, nos EUA (esta instalação pertenceu primitivamente à UC, tendo já sido mencionada no texto), onde se fabricavam quatro pesticidas a partir do MIC; o desastre provocou a morte de dois operários e severa destruição das instalações [54]. Embora a investigação sobre o acidente não tenha sido ainda concluída e a empresa tenha travado a divulgação da informação [55], sabe-se já que a explosão ocorreu no equipamento de tratamento de resíduos de uma linha de fabrico de um intermediário (metomilo) do fabrico de pesticidas, que usava MIC como reagente – o depósito deste composto para alimentação da linha, que continha 7 ton (a capacidade do depósito é 20 ton), situado a cerca de vinte metros, não foi atingido (o depósito de armazenagem permanente de MIC na instalação, que não esteve em risco porque se situava longe, contém tipicamente 100 ton do composto). Recentemente, na esteira do acidente, a empresa decidiu descontinuar a produção de dois pesticidas fabricados em Charleston em que utilizava o MIC, reduzir de 80% o inventário deste e passar a armazenar o composto em depósitos subterrâneos de capacidade mais reduzida [56, 57]. Esta instalação é hoje o único local onde ainda se fabrica MIC nos EUA.
- 13 E com outro depósito cheio do composto, que teve de ser destruído nos dias seguintes, por conversão em carbarilo, o único processo de eliminação executável nas condições vigentes na fábrica, realizado em condições tão precárias que foi designado por “Operation Faith” [24] – a operação exigiu fé para se avançar com ela nas condições psicológicas vigentes após o desastre!
- 14 Sendo o MIC muito reactivo e as respectivas reacções exotérmicas, como a velocidade destas aumenta com a temperatura, o aquecimento dá origem a um ciclo de retroacção positiva – o avanço das reacções auto-reforça-se.

- ¹⁵ É também possível preparar o carbarilo a partir de outros reagentes, por outras vias de síntese.
- ¹⁶ É claro que quando um produto é obtido a partir de três reagentes, nem sempre é possível fabricá-lo por duas vias alternativas diferentes; o mesmo sucede, aliás, quando a via de síntese é elaborada e envolve mais reagentes. No entanto, a Química Industrial é fundamentalmente tecnologia (e não apenas ciência): quase sempre tem de procurar o detalhe particular que lhe permite resolver adequadamente o problema entre mãos com “arte” (ao passo que a ciência procura sobretudo generalizações racionais).
- ¹⁷ A “distorção” reducionista dos químicos académicos para a linearidade é evidenciada quando usam as setas nas equações químicas (Reagentes → Produtos), esquecendo reacções laterais, envolvimento de compostos não estequiométricos, etc, enfim os variados aspectos que introduzem complexidade nas reacções químicas.

REFERÊNCIAS

- [1] D. A. Crowl e J. F. Louvar, *Chemical Process Safety Fundamentals with Applications*, 2ª ed, Prentice-Hall, 2002.
- [2] F. P. Lees, *Loss Prevention in the Process Industries*, 2ª ed., Elsevier, 1996.
- [3] T. A. Kletz, *Process Plants: A Handbook for Inherently Safer Design*, Taylor & Francis, 1998.
- [4] CCPS, AIChE, *Inherently Safer Chemical Processes – A Life Cycle Approach*, 2ª ed (revista), Wiley, 2009.
- [5] P. T. Anastas e J. C. Warner, *Green Chemistry – Theory and Practice*, Oxford UP, 1998, p. 30.
- [6] A. A. S. C. Machado, “Química e Desenvolvimento Sustentável – QV, QUIVES, QUISUS”, *Química – Boletim da SPQ* **95** (2004) 59-67.
- [7] F. P. Lees, *Loss Prevention in the Process Industries*, 2ª ed, Elsevier, 1996, Apêndice 5, p. 5.1-5.11.
- [8] D. A. Crowl e J. F. Louvar, *Chemical Process Safety Fundamentals with Applications*, 2ª ed, Prentice-Hall, 2002, p. 25-26.
- [9] C. Perrow, *Normal Accidents – Living with High-Risk Technologies*, Princeton UP, 1999, p. 355-360.
- [10] T. Kletz, *What Went Wrong? Case Histories of Process Plant Disasters*, 4ª ed., Gulf, 1999, p. 368-373.
- [11] T. Kletz, *Learning from Accidents*, 3ª ed., Gulf, 2001, Cap. 10, p. 110-121.
- [12] M. Heylin (ed), “Bhopal Report”, *C&EN* **63** (6, Fev. 11) (1985) 3,14-65.
- [13] W. Leokowski, “Ten Years Later – Bhopal”, *C&EN* **72** (51, Dez. 19) (1994) 8-18.
- [14] M. Reisch, “Tewnty Years Past Bhopal”, *C&EN* **82** (23, Jun. 7) (2004) 19-23.
- [15] J. F. Tremblay e M. Reisch, “Tewnty Years Past Bhopal”, *C&EN* **82** (49, Dez.6) (2004) 8.
- [16] J. F. Tremblay e M. Reisch, “Bhopal Today”, *C&EN* **83** (4, Jan. 24) (2004) 28-31.
- [17] J. Johnson, “Process Safety Since Bhopal”, *C&EN* **83** (4, Jan. 24) (2004) 32-34.
- [18] E. Hood, “Lessons Learned? Chemical Plant Safety Since Bhopal”, *Env. Health Perspect.* **112** (2004) A352-A359.
- [19] Acessível em: http://www.sciencedirect.com/science?_ob=PublicationURL&_cdi=5255&_pubType=J&_acct=C000050221&_version=1&_urlVersion=0&_userid=10&md5=578c600293776f36abf20a70efe932a6&jch_unk=18#18
- [20] J. P. Gupta, “Editorial – Bhopal Gas Tragedy and its Effects on Process Safety”, *J. Loss Prev. Proc. Ind.* **18** (2005) 195-196.
- [21] J. P. Gupta, “Brief Report on the Conference”, *J. Loss Prev. Proc. Ind.* **18** (2005) 197-199.
- [22] J. P. Gupta, “Commentary on Keynote Lectures and Papers”, *J. Loss Prev. Proc. Ind.* **18** (2005) 200-204.
- [23] T. R. Chouhan, “The Unfolding of Bhopal Disaster”, *J. Loss Prev. Proc. Ind.* **18** (2005) 205-208.
- [24] R. K. Bisarya e S. Puri, “The Bhopal Gas Tragedy – A Perspective”, *J. Loss Prev. Proc. Ind.* **18** (2005) 209-212.
- [25] I. Eckerman, “The Bhopal Gas Leak: Analyses of causes and Consequences by Three Different Models”, *J. Loss Prev. Proc. Ind.* **18** (2005) 213-217.
- [26] V. R. Dhara e R. Dhara, “The Union Carbide Disaster in Bhopal: A Review of Health Effects”, *Arch. Env. Health*, **57** (2002) 91-404.
- [27] J. F. Tremblay, “Bhopal’s Wound”, *C&EN* **84** (4, Jan. 23) (2006) 26-28.
- [28] J. F. Tremblay, “Getting Past Bhopal”, *C&EN* **85** (32, Ag. 6) (2007) 26.
- [29] I. Labunska, A. Stephenson, K. Brigden, R. Stringer, D. Santillo e P. A. Johnston, *The Bhopal Legacy – Toxic Contaminants*, Greenpeace, 1999.
- [30] R. Stringer, I. Labunsk, K. Brigden e D. Santillo, *Chemical Stockpiles at UC India Limited in Bhopal: An Investigation*, Greenpeace, 2002.
- [31] I. Eckerman, *The Bhopal Saga – Causes and Consequences of the World’s Largest Industrial Disaster*, Universities Press, 2005.
- [32] T. D’Silva, *The Black Box of Bhopal – A Closer Look at the World’s Deadliest Industrial Disaster*, Trafford, 2006.
- [33] D. Lapiere e J. Moro, *Five Past Midnight in Bhopal*, Scribner, 2001.
- [34] B. Hanna, W. Morehouse e S. Sarangi (eds), *The Bhopal Reader – Remembering Twenty Years of the World’s Worst Industrial Disaster*, Apex Press, 2005.
- [35] K. Jayaraman, “Bhopal Returns to Haunt Union Carbide’s Ex-chief”, *Chem. World* **6** (2009) 15.
- [36] W. Worthy, “Methyl Isocyanate: The Chemistry of a Hazard”, *C&EN* **63** (6, Fev. 11) (1985) 27-36.
- [37] T. D. J. D’Silva, A. Lopes, R. L. Jones, S. Singhawancha e J. K. Chan, “Studies of Methyl Isocyanate Chemistry in the Bhopal Incident”, *J. Org. Chem.* **51** (1986) 3781-3788.
- [38] S. Sriramachari, “The Bhopal Gas Tragedy: An Environmental Disaster”, *Curr. Sci.* **86** (2004) 905-920.
- [39] T. H. Gassert e V. R. Dhara, “The Bhopal Gas Tragedy: Evidence for Cyanide Poisoning not Convincing”, *Curr. Sci.* **89** (2005) 923-925.
- [40] F. I. Khan e S. A. Abbasi, “Inherently Safer Design Based on Rapid Risk Analysis”, *J. Loss Prev. Proc. Ind.* **11** (1998) 361-372.
- [41] A. A. S. C. Machado, “Alfred Nobel – O “Primeiro Químico Verde?””, *Química – Boletim da SPQ* **103** (2006) 45-55.
- [42] A. A. S. C. Machado, “Fabrico Industrial do Carbonato de Sódio no Século XIX: Exemplos Precoces de Química Verde e Ecologia Industrial”, *Química – Boletim da SPQ* **113** (2009) 25-30.
- [43] M. de Landa, *A Thousand Years of Nonlinear History*, Swerve, N. Iorque, 2000.
- [44] T. E. Graedel, “Green chemistry as systems science”, *Pure Appl. Chem.* **73** (2001) 1243-1246.
- [45] A. A. S. C. Machado, “Das Dificuldades da Química Verde aos Segundos Doze Princípios”, *Química – Boletim da SPQ* **110** (2008) 33-40.
- [46] W. Winterlin, G. Walker e A. Luce, “Carbaryl Residues in Bees, Honey, and Bee Bread Following Exposure to Carbaryl via the Food Supply”, *Arch. Env. Cont. Toxic.* **1** (1973) 362-374.

- [47] D. Hendershot, "Remembering Flixborough", *J. Chem. Health Saf.* **16**(3) (2009) 46-47.
- [48] J. Kemsley, "Negligence Caused UCLA Death", *C&EN*, **87** (19, Maio 11) (2009) 7.
- [49] J. Kemsley, "Learning from UCLA", *C&EN*, **87** (31, Ag. 3) (2009) 29-34.
- [50] "Fatal Explosions", *Chem. World*, **6** (9) (2009) 20.
- [51] S. Mehta, "A Cloud Still Hangs Over Bhopal", *NY Times* (2009) Dez. 3.
- [52] S. Mehta, "Bhopal – 19 Mil Mortos: 25 Anos Depois, a Contaminação Continua", *Expresso* (2009) Dez. 12.
- [53] R. Bowonder, "The Bhopal Incident: Implications for Developing Countries". *Environmentalist* **5** (1985) 89-103.
- [54] J. Johson, "Runway reactions - Bayer Accident", *C&EN*, **87** (9, Maio 11) (2009) 25-27.
- [55] J. Johson, "What Should the Public Know?", *C&EN*, **87** (16, Abril 20) (2009) 36.
- [56] J. Johson, "Toxic Reduction – Bayer Plans to Cut Methyl Isocyanate", *C&EN*, **87** (36, Set. 7) (2009) 50.
- [57] H. Carmichael, "Bayer Bows to Safety Concerns", *Chem. World*. **6**(10) (2009) 18.



ACTUALIDADES CIENTÍFICAS

POROS EM ABUNDÂNCIA!

Ao prolongar os segmentos orgânicos que posicionam os clusters metálicos nas redes de compostos extremamente porosos, investigadores dos EUA e da Coreia do Sul sintetizaram novos materiais com maior porosidade e área superficial do que alguma vez conseguido (Science, DOI: 10.1126/science.1192160). Os novos compostos (Metal Organic Framework – MOF) apresentam também uma grande propensão para adsorver quantidades excepcionais de gás. Estas propriedades podem levar os novos materiais a aplicações comerciais, nomeadamente para armazenamento e separação de gases.

Os MOFs são materiais cristalinos compostos de iões metálicos ou clusters que estão ligados por ligantes orgânicos. Vários grupos de investigação demonstraram que os seus poros largos, aberturas internas e elevada área superficial – que supera largamente os valores nos carvões activados e nos zeólitos – tornam os MOFs muito adequados para utilização em armazenamento e purificação de gases, assim como em catálise, sensores químicos e biotecnologia. Em apenas poucos anos, o interesse

na investigação de MOFs cresceu rapidamente.

Aumentando a sua porosidade e capacidade de adsorção de gases para valores superiores aos que já foram conseguidos poderá projectar os MOFs para o próximo nível de comercialização. No entanto, os esforços para o conseguir conduzem frequentemente a materiais frágeis que não conseguem suportar a adsorção e desorção repetida de gases ou que contêm duas redes cristalinas que crescem com uma geometria inacessível, reduzindo por isso a sua porosidade.

Recentemente, o professor de química Omar M. Yaghi e o post-doc Hiroyasu Furukawa da Universidade da Califórnia de Los Angeles e Jaheon Kim da Universidade de Soongsil, em Seoul, e outros colaboradores, sintetizaram MOFs com propriedades recorde por alongamento dos ligantes orgânicos e pela combinação de ligantes usados na síntese de outros MOFs com propriedades excepcionais. Por exemplo, ao substituir as unidades de tribenzoato de benzeno no MOF-177 por ligantes estruturalmente relacionados, mas alongados, ou com uma

combinação desses ligantes, a equipa preparou MOF-200 e MOF-210, respectivamente.

A capacidade de adsorção de CO₂ e de N₂ (cerca de 2400 cm³/g), supera significativamente os valores registados anteriormente. A área superficial do MOF-210 (6240 m²/g) e o seu volume de poros estabelecem também novos recordes. "Os MOFs tem sido populares desde há algum tempo devido às suas áreas superficiais muitos elevadas", diz o professor de química Seth M. Cohen da Universidade da Califórnia de San Diego. Mas o estudo actual "leva isto ao extremo, produzindo MOFs com áreas superficiais extremamente elevadas". Para exemplificar a ordem de grandeza, Cohen salienta que apenas uma grama de MOF-210 corresponde a aproximadamente 90% da área de superfície de um campo de futebol oficial.

(Adaptado do artigo de 02/07/2010 de Mitch Jacoby: *Poros Galore*, *Chemical & Engineering News*, <http://pubs.acs.org/cen/news/88/i27/8827notw1.html>)

HG



ASSOREAMENTO DA FÓZ DOS RIOS

M. FILOMENA CAMÕES*

"... quando olhei atentamente para a zona da foz, deparei-me com uma situação um tanto ou quanto estranha: mesmo no sítio onde as águas do rio Âncora se juntam ao imenso mar, havia-se formado um pequeno monte de areia..."

<http://vpamanha.blogs.sapo.pt/8947.html>, 2007-11-19

Situações análogas à que é reportada na citação acima, podem ser encontradas em abundância. Nomeadamente, no estuário do rio Tejo, temos visto navios que encalham ao entrar no rio, quando em viagem anterior o canal de entrada estava desobstruído e, entretanto, terá ficado inesperadamente assoreado. Há mais de trinta anos, o caso do navio Tollan fez história; ao fim de três anos após ter encalhado em frente ao Terreiro do Paço, quando fazia já parte da paisagem de Lisboa, o Tollan acabou por se afundar, Figura 1.



Figura 1 – O navio Tollan encalhou já lá vão 30 anos (<http://www.ionline.pt>, 16 de Fevereiro de 2010)

Exemplo mais recente é o da Marina do Parque das Nações, em Lisboa, construída aquando da Expo 1998 e cujo constante assoreamento obrigou a dragagens frequentes, e à sua inviabilização seguida de demorado processo de recuperação:

■ *"...As conclusões do estudo efectuado pela Marina do Parque das Nações apontam para um assoreamento caracterizado fundamentalmente por elevados índices (98%) de materiais silto-argilosos de dimensões muito pequenas (0.03 mm) facilmente eletrizáveis devido à salinidade, o que contribui para a sua aglomeração e precipitação. Não nos podemos esquecer que estamos a trabalhar na zona mais larga do estuário onde a velocidade das correntes diminui significativamente fora dos canais de navegação, e onde, necessariamente, a probabilidade das partículas atingirem a velocidade de corte que conduz à sua precipitação é mais elevada ... <http://www.anmpn.pt> 2008-12-09".*

■ *"Após sete longos anos de encerramento, a Marina do Parque vai, finalmente, reabrir, restabelecendo assim a Saída para o Mar da Expo dos Oceanos. ...Os mecanismos de controlo de assoreamento (dique, comportas e anteporto) introduzidos nesta solução, serão com certeza uma referência para outros locais do Grande Estuário do Tejo, afectados também por índices elevados de assoreamento. ... <http://www.amcpn.com> 2009-07-26"*

■ *"Depois de restabelecida a operacionalidade da Marina a 15 de Agosto, ... <http://www.anmpn.pt/informacoes> 2009-10-03"*

A explicação, ou melhor uma delas, aliás patente na primeira das três transcrições acima, é simples e os alunos de Química aprendem-na, quando em disciplinas introdutórias de Química Analítica estudam formas de lidar com algumas situações laboratoriais, envolvendo reacções de precipitação e optimização dos respectivos procedimentos.

Sob o ponto de vista termodinâmico, a formação de precipitados ocorre quando se atingem concentrações iónicas concordantes com o produto de solubilidade da correspondente substância pouco solúvel. No entanto, os mecanismos de precipitação diferem de composto para composto e aspectos cinéticos condicionam a precipitação, sendo, de uma forma geral, necessário passar por situações metaestáveis de sobressaturação antes que o precipitado se comece a formar, atingindo-se então o equilíbrio de solubilidade. Exemplos de casos bastante estudados, representando situações extremas, são o da precipitação de cloreto de prata, AgCl, em que o precipitado se começa a formar quando se atingem concentrações de iões $\text{Cl}^-_{(aq)}$ e $\text{Ag}^+_{(aq)}$ duplas do valor da solubilidade do composto em água, e o da precipitação de sulfato de bário, BaSO_4 , em que a concentração de sulfato terá que ser superior a 160 vezes o valor da solubilidade do sal, antes que a precipitação se inicie. A precipitação espontânea inicia-se pela

* fcamoes@fc.ul.pt

formação de agrupamentos de íons seguida da de núcleos, antes que se formem partículas macroscópicas. No caso do cloreto de prata a nucleação em solução sobressaturada é rápida, mas no caso do sulfato de bário há um considerável tempo de indução, demorando algum tempo desde que se adicionam os reagentes até que se torna evidente a formação do precipitado; aqui, sendo a solução extremamente sobressaturada, a precipitação uma vez iniciada acontece muito rapidamente, logo com formação de precipitado de partículas muito pequenas (5×10^{-5} a 10^{-7} cm), de difícil filtração ou centrifugação, constituindo-se em suspensão coloidal. A nucleação pode ser induzida por agitação forte, pela presença de impurezas que sirvam de núcleos de precipitação ou por adição de cristais de outras substâncias. Quando dois eléctrodos são colocados numa suspensão coloidal e entre eles se aplica uma corrente, as partículas coloidais movem-se para os eléctrodos, o que prova que têm carga. Esta provém da adsorção preferencial, selectiva, de íons da solução à sua superfície formando uma camada eléctrica de um dado sinal, função dos íons adsorvidos, que por sua vez, promovem a atracção electrostática de íons de carga oposta, formando-se assim uma contra-camada difusa que define a carga positiva ou negativa das partículas do colóide, ou micelas; geralmente os sólidos suspensos têm uma carga negativa, Figura 2.

Todas as partículas têm a mesma carga, logo repelem-se e o colóide adquire estabilidade, permanecendo em suspensão. A repulsão pode ser contrariada por aquecimento, que

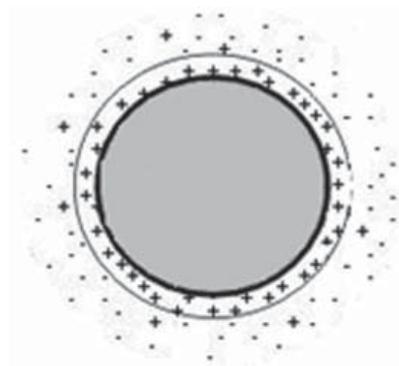


Figura 2 – Representação esquemática de uma micela, com núcleo neutro e dupla camada iônica

confere maior energia cinética às partículas, acelerando-as, podendo desta forma ser ultrapassada a repulsão, que também pode ser diminuída contraindo a espessura da dupla camada eléctrica que envolve o núcleo neutro. Isto consegue-se por adição de electrólitos, sendo mais eficaz pela adição de polielectrólitos com íons de elevada densidade de carga oposta à da camada externa das partículas. As partículas agregam-se, mas não de uma forma estável, isto é, não precipitam, floculam; pelo facto de continuarem a ser carregadas, caso se alterem as condições que favoreceram a floculação, por exemplo por execução de operação de lavagem do depósito, ocorre a peptização, reconstituindo-se a suspensão coloidal.

É esta a base do processo de coagulação e floculação de colóides que conferem turvação a águas naturais e residuais e que é usado no tratamento da água para abastecimento, pelo procedimento generalizado de adição de sulfato de alumínio, $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18 H_2O$. Tal tem, como consequência, a ocorrência, nas águas tratadas, de concentrações vestigiais de ião alumínio, $Al^{3+}_{(aq)}$ que, em princípio, não constitui perigo para a saúde dos indivíduos saudáveis que as ingerem através da função digestiva. No entanto, em termos de saúde pública, a alimentação não é o fim mais exigente e a utilização da água para fins terapêuticos, como é o caso da hemodiálise, requer mais elevado grau de pureza, nomeadamente no que se refere a $Al^{3+}_{(aq)}$, o que pode ser conseguido com grande eficácia fazendo passar a água por resinas de permuta-iônica.

A fundamentação que, em termos gerais, acima se apresenta para o fenómeno da coagulação/floculação, é a mesma que contribui para explicar o assoreamento da foz dos rios, quando águas doces fluviais, que são suspensões coloidais, são transportadas para o mar e encontram a água salgada, meio electrolítico de concentração relativamente elevada (Força iónica ≈ 0.7 M).

A garantia das condições de navegabilidade exige a remoção dos depósitos, ou seja a dragagem. Os processos de dragagem podem ter diferente

finalidade e vão desde a “dragagem inicial”, com a retirada de material virgem, para formação de um canal artificial, passando pelas “dragagens de manutenção” para a retirada de material sedimentar depositado recentemente, com a finalidade de manter a profundidade do canal propiciando principalmente a movimentação de embarcações de vários tamanhos em portos e marinas, até à “dragagem ambiental”.

A dragagem ambiental é um processo que, para além de visar a reposição de acessos de meios de transporte, visa também a circulação de águas e biota para garantia da qualidade ambiental, tendo como objectivo máximo a remoção de sedimentos contaminados por compostos orgânicos e inorgânicos, que tendem a incorporar em elevada variedade e quantidade. Existem procedimentos rigorosos aplicados tanto à operação de dragagem, como ao transporte e manuseamento destes materiais. Uma draga hidráulica, especialmente adaptada com tubos de ligação entre os fundos e a superfície, pode retirar sedimentos finos onde a adsorção de contaminantes é extrema, evitando ressuspensão, minimizando a sua dispersão para áreas adjacentes ao sítio de dragagem, evitando repetição de catástrofes ecológicas do passado. Uma dessas catástrofes e que se constituiu em caso de estudo, não só pela dimensão do seu impacto na saúde de milhares de indivíduos, mas sobretudo pelo que ele revela sobre a importância da compreensão dos ciclos biogeoquímicos, na correcta abordagem de questões de desenvolvimento sustentável, é o da Baía de Minamata, nas margens do Mar Yatsushiro, no Japão, onde, em 1956 foi reportado um doente com sintomas nervosos de causa desconhecida. Posteriormente, em 1965, mais a norte, na cidade costeira de Niigata junto ao rio Agano, foram registados outros pacientes com doença semelhante, tendo-lhes sido diagnosticada encefalite por intoxicação química. Tendo sido patente a incidência em homens e mulheres, com exclusão de crianças, e em gatos de familiares das vítimas, as deconfianças da origem da doença centraram-se em peixes e marisco. Dada a etiologia peculiar da doença

e o escasso conhecimento científico, à época, tanto a nível da transmissão do mercúrio ao longo da cadeia alimentar, como relativamente à especificação química do mercúrio e aos métodos de análise para quantidades vestigiais, o mercúrio usado na fábrica Chisso como catalisador do fabrico de acetaldeído, formando também como sub-produto, metilmercúrio, $[\text{CH}_3\text{Hg}]^+$, de elevada estabilidade ($K = 1.8-2.1$) e a mais tóxica espécie química com mercúrio, tal como é reconhecida pela Organização Mundial de Saúde, só se tornou suspeito passado mais três anos. As primeiras análises, de natureza puramente química, começaram por pesquisar, no meio aquático, a formação do sal de mercúrio altamente insolúvel, sulfureto de mercúrio, HgS ($K_s = 1.0 \times 10^{-52}$), tendo, com surpresa, os testes efectuados sido negativos. Além de origem antropogénica, o mercúrio pode ter proveniência natu-

ral, da crosta terrestre, e ser metilado por bactérias sulfatorredutoras, sendo a taxa de metilação maior na camada superficial dos sedimentos.

Actualmente o mercúrio total é correntemente avaliado por espectroscopia de absorção atómica, AAS, com chama e o metilmercúrio (uma das formas de mercúrio orgânico passíveis de se formarem por complexação de mercúrio por matéria orgânica biológica) por cromatografia gasosa com detecção por captura electrónica, ECD. Decorridos 12 anos, em que a descarga de mercúrio foi estimada em mais de 70 toneladas, em 1968, o Governo Americano compilou toda a informação sobre a “doença de Minamata” e emitiu o seguinte comunicado “*Minamata disease is a poisoning disease of the central nervous system caused by methylmercury compound which was produced as a by-product in the*

process of manufacturing acetaldehyde at the Chisso Co. Ltd. In Minamata City and Showas Senko Co. Ltd., located upstream at Agano River”.

Entretanto, os efeitos tinham-se tornado também evidentes em crianças, provenientes da exposição fetal a metilmercúrio através da placenta, ou devido a ingestão oral de metilmercúrio após o nascimento. Neste período foi reconhecido que mais de 900 pessoas morreram da doença, 2955 terão sofrido da mesma, das quais 2265 viveram na costa do Mar Yatsushiro. A bioacumulação de mercúrio ao longo da cadeia alimentar atinge um factor multiplicativo da ordem de 1 milhão e, mesmo cessando as fontes poluidoras de mercúrio, este mantém-se activo para metilação durante 100 anos. Um estudo de 2001 estima que cerca de 2 milhões de pessoas podem ter sido afectadas.



ACTUALIDADES CIENTÍFICAS

FULERENOS NO ESPAÇO!

Foram detectadas grandes quantidades de fulerenos C_{60} e C_{70} numa explosão de gás ocorrida numa estrela moribunda, a primeira descoberta inequívoca desta forma de carbono no espaço.

Esta revelação sugere que os fulerenos podem formar-se rapidamente no espaço, se houver condições propícias para tal.

Desde há muito que se acredita que os fulerenos, estáveis e inertes, podem existir no espaço, particularmente próximos do ambiente de estrelas ricas em carbono, mas a sua evidência estava limitada a espectros inconclusivos e a vestígios das moléculas em meteoritos que caíram na Terra.

Agora, o astrónomo Jan Cami da Universidade de Western Ontario e os seus colegas, apontaram o telescópio da NASA Spitzer Space a uma

nebulosa planetária rica em carbono, uma estrela nos estágios finais de vida, e encontraram todas as linhas espectrais características da emissão de infra-vermelho dos fulerenos C_{60} e C_{70} (Science, DOI: 10.1126/science.1192035).

Pascale Ehrenfreund, professor de astrobiologia da Universidade de Amsterdão, realça que a detecção é muito clara e que estes novos dados são o melhor que viu até à data.

As gigantescas massas de gás projectadas pelas nebulosas planetárias são fontes ricas em grandes moléculas, formadas por reacções químicas entre elementos. Muitos são elementos pesados, como o carbono, que as estrelas sintetizaram durante a sua vida.

Estas espécies vão depois povoar o espaço interestelar. “A detecção de fulerenos e a identificação do seu local

de formação são consideradas prioridades no campo da química orgânica interestelar”, escreveram os autores no artigo publicado na Science.

Tentativas prévias para encontrar fulerenos em nebulosas planetárias encontraram dificuldades, uma vez que as emissões destas estrelas são por vezes dominadas pelas emissões fortes e complexas de uma outra classe de moléculas ricas em carbono, os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos. Mas, na nebulosa planetária estudada por estes autores não havia sinais de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos, indicando que o ambiente desta estrela moribunda é particularmente pobre em hidrogénio, uma condição ideal para a formação de fulerenos.

(Adaptado de *Chemical & Engineering News* 2010, 88, 8)

HG

Top Chemistry Global Visibility



A HISTÓRIA DA NOMENCLATURA QUÍMICA EM PORTUGUÊS

ADÉLIO A. S. C. M. MACHADO¹, BERNARDO J. HEROLD¹, JOÃO CARDOSO², JOAQUIM MARÇALO¹, JOSÉ ALBERTO L. COSTA¹, MARIA CLARA MAGALHÃES^{1,*}, MARIA HELENA GARCIA¹, OLIVIER PELLEGRINO¹, OSVALDO SERRA³, ROBERTO B. FARIA³ E RUI TEIVES HENRIQUES¹

A série de artigos que iremos publicar sobre regras de nomenclatura inicia-se neste com um pouco da história da nomenclatura em português, seguindo-lhe outros sobre os nomes dos elementos químicos e as regras básicas de nomenclatura orgânica e inorgânica. Este será um contributo para auxiliar na disseminação da Química e promover o interesse por esta ciência que esperamos se reforce no Ano Internacional da Química e continue depois deste.

A IMPORTÂNCIA DA NOMENCLATURA

A nomenclatura química permite, além da comunicação entre os membros da comunidade científica, a possibilidade de comunicação entre os vários sectores da indústria, estando ainda presente nas trocas comerciais, e na saúde e segurança do consumidor. Sendo o português uma das línguas da União Europeia (EU) e das mais faladas no mundo, é crucial que se estabeleçam regras, em português, que sejam comuns a toda a sua comunidade de falantes. A atribuição de um único nome a cada substância é importante ao nível das trocas comerciais entre os vários países, tanto por razões de ordem económica, ligadas à sua taxação com impostos, como por questões de segurança dos consumidores, ligadas à forma como é classificada e, por conseguinte, como deve ser embalada, transportada e manuseada pelo consumidor. Neste contexto, a adopção de uma linguagem comum facilita a comunicação entre as partes e a aplicação das normas internacionais relativas à gestão dos produtos químicos. Mesmo na legislação europeia, que tem de ser traduzida para cada língua oficial dos

países membros da UE e transposta para cada país através de legislação específica, recorre-se à utilização dos nomes científicos das substâncias em detrimento dos nomes triviais.

O Regulamento (CE) N° 1272/2008 do Parlamento Europeu e do Conselho de 16 de Dezembro de 2008 relativo à classificação, rotulagem e embalagem de substâncias e misturas [1] refere, no seu considerando (44), que a *União Internacional de Química Pura e Aplicada (IUPAC) é desde há muito tempo uma autoridade mundial em nomenclatura e terminologia químicas. A identificação das substâncias pelo seu nome IUPAC é prática comum em todo o mundo e constitui a base normal da sua identificação no contexto internacional e multilingue. Para efeitos do presente regulamento, convém pois utilizar esses nomes.* Deste modo, também os legisladores, quer em Portugal quer no Brasil ou em qualquer outro país de língua portuguesa, precisam de ter acesso às regras de nomenclatura em português que devem ser estabelecidas pelos organismos científicos acreditados para o efeito.

A tarefa de atribuir um nome a uma substância é um processo dinâmico, alterando-se com o evoluir do conhecimento científico, de modo a que consiga, em cada momento, descrever de forma sistemática e pouco complicada os compostos novos ou as novas classes de compostos. As regras que constam da nomenclatura devem ser gerais, simples e compreensíveis, mesmo por uma população de não especialistas como, por exemplo, aqueles que estão ainda na fase de aprendizagem da química ou que não são químicos mas necessitam de lidar com produtos químicos no trabalho ou em casa. Uma análise dos rótulos de muitos dos produtos utilizados no dia-dia, desde os produtos de limpeza

e desinfecção até aos alimentares, mostra que a população em geral deve ter um conhecimento básico mínimo da designação das substâncias e misturas.

O organismo internacional responsável pela apresentação de propostas de recomendações sobre nomenclatura é a IUPAC. Desde a sua criação, que uma das tarefas primordiais da IUPAC é a apresentação de recomendações de regras de nomenclatura. O primeiro sistema de nomenclatura química foi apresentado por Guyton de Morveau, em 1782, pois como ele próprio referiu, já nessa altura se sentiu a necessidade de criar um “*método constante de denominação, que ajude a inteligência e alivie a memória*” [2].

BREVE HISTÓRIA DA NOMENCLATURA EM PORTUGUÊS

A nomenclatura química foi, pelo menos desde o início do século XIX, e por todo o século XX, uma preocupação de vários cientistas de renome. Em Portugal, logo em 1801, Vicente Coelho Seabra traduziu a publicação acima citada de Guyton de Morveau da nova nomenclatura química [3]. Neste trabalho, as adaptações dos nomes franceses à língua portuguesa foram feitas com um cuidado e um critério merecedores da maior admiração. Durante o restante século XIX, as publicações feitas em Portugal respeitaram essa nomenclatura, introduzindo apenas as alterações óbvias resultantes do desenvolvimento da ciência química. Com o acumular de novo conhecimento, tornou-se, no entanto, urgente colocar alguma ordem na maneira como iam sendo adaptados os nomes estrangeiros. Ferreira da Silva fê-lo de uma forma exemplar numa série de artigos publicados em 1905 e 1906 na *Revista Portuguesa de Chimica Pura e Aplicada* [4]. Outros autores [5-8] se empenharam em

Comissão de Tradução das Recomendações da IUPAC de 2005 da Nomenclatura de Química Inorgânica:

¹ Portugal
² Cabo Verde
³ Brasil
* mclara@ua.pt

desenvolver nomenclatura em português, mas um novo marco decisivo foi colocado em 1950 por Rômulo de Carvalho numa publicação do Instituto de Alta Cultura [9] que infelizmente foi pouco divulgada. Teve o mérito de historiar tudo o que havia sido feito no domínio da nomenclatura portuguesa até à altura, o que não surpreende num tão insigne historiador da ciência portuguesa.

Publicações posteriores sobre nomenclatura portuguesa [10-12], bem como traduções de livros de texto [13, 14], revelaram diferenças de pormenor no modo de adaptação dos nomes à língua portuguesa, aliás glosadas com algum humor por Carlos Corrêa [15]. Embora em Portugal se verificasse uma lenta e gradual convergência [16-18], já em relação ao Brasil havia diferenças muito grandes [19]. A urgência de resolver esta situação agravou-se com a publicação dos nomes sistemáticos, em 9 línguas da então Comunidade Europeia, de 60 000 substâncias químicas [20], sem que existisse à data nenhuma tradução portuguesa autorizada pela IUPAC das regras de nomenclatura.

Nesta situação, a Sociedade Portuguesa de Química promoveu a primeira tradução autorizada de regras de nomenclatura orgânica [21]. Nesta houve o cuidado de promover uma consulta alargada a muitos químicos em Portugal e no Brasil para obter o máximo consenso possível. No prefácio dos tradutores procurou-se seguir o exemplo de Ferreira da Silva e Rômulo de Carvalho em historiar a evolução da nomenclatura portuguesa [22] e em justificar as razões das opções tomadas. Entre os autores incluiu-se um químico brasileiro. A tradução foi autorizada pela IUPAC perante os pareceres favoráveis da Sociedade Portuguesa de Química e o correspondente membro brasileiro da IUPAC. Em breve, a Sociedade Portuguesa de Química publicará a tradução autorizada da nomenclatura IUPAC dos hidratos de carbono.

Quanto a regras de nomenclatura da Química Inorgânica publicadas pela IUPAC (que ficaram conhecidas pelo nome de “Red Book”), as de 1957 [23] foram primeiro traduzidas para por-

tuguês na Faculdade de Ciências da Universidade do Porto por J.O. Cabral [11] e, seguidamente, tendo em consideração a primeira tradução, mas com algumas divergências baseadas num parecer de M. Alzira Almoester Ferreira, foi feita uma segunda tradução por C.M. Pulido, F.C. Barreira, R.S. Leal, J.J.R. Fraústo da Silva e M. Inês Valente Soares [12].

Mais tarde, também na Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, a segunda edição do “Red Book”, de 1970 [24], com adições até 1979, foi traduzida por A. Machado e F. Basto [25]. Estas adições foram duas: uma referente aos elementos com números atômicos superiores a 100 [26] e a outra relativa aos compostos de boro, que em 1972 substituiu as incluídas no “Red Book” de 1970 [27].

Uma terceira revisão do “Red Book” foi publicada pela IUPAC em 1990 [28], bem como, em 2000, um aditamento referente a espécies mais complexas [29], que aparentemente não chegaram a ser traduzidas para português.

Do lado brasileiro, o número de iniciativas voltadas para a sistematização da nomenclatura química, tanto na química orgânica quanto na inorgânica, foram poucas. Ao invés de obras específicas sobre nomenclatura, quem acabava por estabelecer os termos e as regras a serem usadas eram os tradutores de obras estrangeiras, cabendo destacar as traduções de Horácio Macedo do *Basic Inorganic Chemistry* de Cotton e Wilkinson [30], de 1978, e a tradução do livro *General Chemistry* de J.B. Russell [31], publicado em 1982, que acabou por se tornar uma referência por apresentar um capítulo específico de nomenclatura em química inorgânica. Pela sua iniciativa original, vale destacar a obra de Werner Krauledat [32] que publicou *Notação e Nomenclatura de Química Inorgânica* em 1960. Neste pequeno livro, o autor, catedrático de Química Analítica da Universidade do Brasil, depois Universidade Federal do Rio de Janeiro, buscou adaptar para a língua portuguesa falada no Brasil as recomendações da IUPAC de 1957. Do lado da química orgânica, é de registar também o esforço isolado de Alencastro e Mano [19] que se apoia-

ram nas recomendações da IUPAC de 1979 e buscaram sedimentar a nomenclatura desta área segundo a prática da língua portuguesa falada e escrita no Brasil e, assim diferenciar de alguns dos termos usados na tradução por portugueses do livro de Morrison e Boyd [13].

TRADUÇÃO EM CURSO

A IUPAC publicou em 2005 as novas recomendações sobre *Nomenclatura de Química Inorgânica* [33], elaborada pela Divisão de Nomenclatura Química e Representação de Estruturas, em colaboração com a sua Divisão de Química Inorgânica. Sendo estas recomendações escritas originalmente em inglês, é um dos objectivos principais da IUPAC que sejam traduzidas para as várias línguas oficiais dos vários países. A IUPAC só aceita uma versão por língua estabelecida por uma comissão aprovada pelas organizações nacionais aderentes da IUPAC. Da comunidade dos países de língua portuguesa só Portugal e Brasil têm organizações nacionais aderentes. Em Portugal, a Sociedade Portuguesa de Química é a organização nacional aderente, enquanto no Brasil esta representação está a cargo do Comité Brasileiro de Química para a IUPAC. Contudo, tendo em atenção a importância de uma designação única das substâncias em português, foram contactadas algumas universidades de outros países de língua e expressão portuguesa, no sentido de participarem numa comissão de tradução e adaptação ao português das recomendações de nomenclatura propostas pela IUPAC. A esta solicitação respondeu unicamente a Universidade de Cabo Verde.

Neste momento, há uma comissão composta por portugueses, brasileiros e cabo-verdianos a traduzir e adaptar para português, nas vertentes Europeia e Brasileira, as *Recomendações da IUPAC de 2005 da Nomenclatura de Química Inorgânica* [33]. Sendo as questões de nomenclatura um assunto transversal a todas as áreas da Química e havendo uma necessidade de coesão neste trabalho de fixação de regras de nomenclatura em português, nesta comissão estão a ser integrados novos elementos de outras

áreas da Química tendo em vista a tradução de edições de outros livros de nomenclatura da IUPAC que acabaram de ser publicados ou estão em discussão nas divisões da IUPAC. O Instituto Português da Qualidade, IP (IPQ), tem, entre outras missões, o desenvolvimento das actividades inerentes à sua função de Laboratório Nacional de Metrologia e, em particular, compete-lhe *garantir o rigor e a exactidão das medições, assegurando a comparabilidade e rastreabilidade e a realização, manutenção e desenvolvimento dos padrões das unidades de medida* [34]. Assim, por um lado cabe ao IPQ o acompanhamento das transposições das Directivas do Conselho da União Europeia respeitantes às unidades de medida, no seguimento da mais recente Conferência Geral de Pesos e Medidas (CGPM), para legislação nacional [35]. Por outro lado, o IPQ tem efectuado ou organizado a tradução das diferentes edições do *Vocabulário Internacional de Metrologia* (VIM) [36] em português. A versão actual deste vocabulário inclui os conceitos básicos e gerais e os termos associados da Metrologia [36c] e corresponde à 3ª edição internacional produzida, ao longo de 10 anos de trabalho, por representantes do Bureau Internacional de Pesos e Medidas (BIPM), Comité Electrotécnico Internacional (IEC), Federação Internacional de Química Clínica e Laboratórios Médicos (IFCC), Organização Internacional de Normalização (ISO), Cooperação Internacional da Acreditação de Laboratórios (ILAC), Organização Internacional de Metrologia Legal (OIML), União Internacional de Física Pura e Aplicada (IUPAP) e a IUPAC. É, portanto, de primordial importância a participação do IPQ nas questões de vocabulário e de conceitos científicos, nomeadamente na transposição da nomenclatura internacional da Química para português.

REFERÊNCIAS

- [1] Regulamento (CE) N° 1272/2008 do Parlamento Europeu e do Conselho de 16 de Dezembro de 2008 relativo à classificação, rotulagem e embalagem de substâncias e misturas que altera e revoga as Directivas 67/548/CEE e 1999/45/CE, e altera o Regulamento (CE) n° 1907/2006, *Jornal Oficial da União Europeia* **L353** (2008) 1-1355.
- [2] G. de Morveau, A.L. Lavoisier, C.-L. Berthollet, A.F. de Fourcroy, *Nomenclature Chimique*, Chez Cuchet, Sous le Privilège de l'Académie des Sciences, 1787, 251 p.
- [3] V. Coelho de Seabra S. Telles, *Nomenclatura Chimica Portuguesa, Franceza e Latina, a que se junta o Systema de Caracteres Chemicos adaptados a esta Nomenclatura por Haffenfratz e Adet*, Typographia Chalcographica, Typoplastica e Litteraria do Arco do Cego, Lisboa, 1801, 125 p.
- [4] A.J. Ferreira da Silva, Notas sobre a nomenclatura chimica portuguesa dos elementos, compostos e funções químicas, *Revista Portuguesa de Chimica Pura e Aplicada*, 1ª série **1** (1905) 401-404, 452-453, 501-502, 533-535; 1ª série **2** (1906) 26-29, 64-66, 222-225.
- [5] F. Adolpho Coelho, Nomenclatura chimica, *Revista Portuguesa de Chimica Pura e Aplicada*, 1ª série **3** (1907) 201-203.
- [6] Á.R. Machado, Unificação da nomenclatura físico-química, *Revista Portuguesa de Chimica Pura e Aplicada*, 3ª série **3** (1928) 43-48, 110-118.
- [7] J. Pereira Salgado, E.F. Pinto Basto, A. Pereira Forjaz, A. Herculano de Carvalho, F. Betti, Nomenclatura e notação química a empregar no ensino secundário, *Revista Portuguesa de Chimica Pura e Aplicada*, 3ª série **12** (1937) 90-91. Publ. com data de 1937-01-12 no *Diário do Governo*, 2ª série, 1937-01-15.
- [8] W.P. Jorissen, H. Bassett, A. Damiens, F. Fichter, H. Remy, União Internacional de Química. — Regras relativas à nomenclatura dos compostos minerais. — Relatório da Comissão de Reforma da Nomenclatura de Química Inorgânica — 1940. Tradução de J.P. Salgado, *Revista Portuguesa de Chimica Pura e Aplicada*, 3ª série, **16** (1941) 42-63.
- [9] R. Carvalho, *Regras de Notação e Nomenclatura Químicas* — Tradução, Prefácio e Notas de Rómulo de Carvalho, Revisão Filológica de J.I. Louro, Instituto de Alta Cultura, Lisboa, 1950.
- [10] V. Teixeira, J. Cabral, F. Serrão, *Algumas Regras da Nomenclatura de Química Orgânica, Notas e Exemplos, Secção A — Hidrocarbonetos*, Edição da Delegação da Faculdade de Ciências do Porto, Tipografia Bloco Gráfico, Porto 1962, Reimpressões do Centro de Investigação em Química (U. P.) Faculdade de Ciências do Porto, 1977 e 1987.
- [11] U.I.Q.P.A. Secção de Química Inorgânica, Nomenclatura da Química Inorgânica, Relatório da Comissão de Nomenclatura de Química Inorgânica, 1957, tradução de J.O. Cabral, *Anais da Faculdade de Ciências do Porto*, **44** (1962) 1-72.
- [12] U.I.Q.P.A. Secção de Química Inorgânica, Nomenclatura da Química Inorgânica, Relatório da Comissão de Nomenclatura de Química Inorgânica, 1957, tradução de C.M. Pulido, F.C. Barreira, R.S. Leal, J.J.R. Fraústo da Silva, M. Inês Valente Soares, *Revista Portuguesa de Química* **7** (1965) 32-63.
- [13] R. Morrison, R. Boyd, *Química Orgânica*, trad. M. Alves da Silva, Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, 1967.
- [14] H.G.O. Becker, W. Berger, G. Domschke, E. Fanghanel, J. Faust, M. Fischer, F. Gentz, K. Gewald, R. Gluch, R. Mayer, K. Müller, D. Pavel, H. Schmidt, K. Schollberg, K. Schwetlick, E. Seiler, G. Zeppenfeld, *Organikum, Química Orgânica Experimental*, trad. B.J. Herold, Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, 1975.
- [15] C.M.M.S. Corrêa, Nomenclatura de Química Orgânica, uma polémica? *Boletim da Sociedade Portuguesa de Química*, 2ª série **4** (1983) 33-35.
- [16] L.S. Campos, *Guia dos Compostos Orgânicos e Bioquímicos*, Europress, Odivelas, 1987.
- [17] J. Féria Seita, *Nomenclatura da Química Orgânica, Uma Introdução*, Livraria Almedina, Coimbra, 1991.
- [18] L.S. Campos, M. Mourato, *Nomenclatura dos Compostos Orgânicos*, Escolar Editora, Lisboa, 1999.
- [19] R.B. de Alencastro, E. Mano, *Nomenclatura de Compostos Orgânicos*, Editora Guanabara S.A., Rio de Janeiro, 1987.
- [20] EINECS European Inventory of Commercially Existing Chemical Substances. European Union, Brussels, 1990 and subsequent corrected versions.
- [21] R. Panico, W. Powell, J.-C. Richer, *Guia IUPAC para a Nomenclatura de Compostos Orgânicos*, Tradução Portuguesa nas Variantes Europeia e Brasileira de A.C. Fernandes, B. Herold, H. Maia, A.P. Rauter e J.A.R. Rodrigues, Lidel, Lisboa, 2002.
- [22] Ver também B.J. Herold, Two Centuries of Portuguese Chemical Nomen-

clature, in I. Malaquias, E. Homburg, M. Elvira Callapez (eds.), *Proceedings of the 5th International Conference on History of Chemistry, Chemistry, Technology and Society*, Estoril – Lisboa, 6-10 September, 2005, Sociedade Portuguesa de Química, Aveiro (2006) 589-597.

- [23] IUPAC, Inorganic Chemistry Division, Commission on the Nomenclature of Inorganic Chemistry, *Nomenclature of Inorganic Chemistry, Definitive Rules 1957*, Butterworths, Londres, 1959.
- [24] IUPAC, Commission on the Nomenclature of Inorganic Chemistry, *Nomenclature of Inorganic Chemistry, 2nd ed, Definitive Rules 1970*, Butterworths, Londres, 1971, também publicadas na revista *Pure and Applied Chemistry* **28** (1971) 1-110.
- [25] F.A.P. Basto, A.A.S.C. Machado, *Nomenclatura de Química Inorgânica, Regras Definitivas de 1970 (com Regras Adicionais até 1979), Parte I: Secções 1 a 6 e 8 a 10*, Departamento de Química da Faculdade de Ciências do Porto, 1979, reimpresso em 1984, 60 p.; *idem, Regras Definitivas de 1970 (com Regras Adicionais até 1979), Parte II: Secção 7 (Compostos de Coordenação)*, *ibidem*, 1979, 100 p.; *idem, Regras Definitivas de 1970 (com Regras Adicionais até 1979), Parte III: (Compostos de Boro, Versão de 1972)*, *ibidem*, 1981, 50 p.
- [26] IUPAC, Inorganic Chemistry Division, Commission on Nomenclature of Inorganic Chemistry, Recommendations for the Naming of Elements of Atomic Numbers greater than 100, *Pure and Applied Chemistry* **51** (1979) 381-384.
- [27] IUPAC, Inorganic Chemistry Division, Commission on Nomenclature of Inorganic Chemistry, Nomenclature of Inorganic Boron Compounds, *Pure and Applied Chemistry* **30** (1972) 681-710.
- [28] IUPAC, G.J. Leigh (ed.), *Nomenclature of Inorganic Chemistry – Recommendations 1990*, Blackwell, Oxford, 1990, 290 p.
- [29] IUPAC, J.A. McCleverty, N.G. Connely (eds.), *Nomenclature of Inorganic Chemistry II – Recommendations 2000*, Royal Society of Chemistry Publishing, Cambridge, 2001, 130 p.
- [30] F.A. Cotton, G. Wilkinson, *Química Inorgânica*, título original *Basic Inorganic Chemistry*, John Wiley & Sons, Inc., Nova Iorque, 1976, tradução de H. Macedo para a LTC-Livros Técnicos e Científicos Editora, Rio de Janeiro, 1978.
- [31] J.B. Russell, *Química Geral*, título original *General Chemistry*, McGraw-Hill, Inc., 1980, traduzido sob a coordenação de G. Vicentini e L.B. Zinner para a Editora McGraw-Hill do Brasil Ltda, São Paulo, 1982.
- [32] W.G. Krauledat, *Notação e Nomenclatura de Química Inorgânica*, Editora Edgard Blücher Ltda, São Paulo, 1970.
- [33] N.G. Connely, T. Damhus, R.H. Hartshorn, A.T. Hutton, *Nomenclature of Inorganic Chemistry, IUPAC Recommendations 2005*, Royal Society of Chemistry Publishing, Cambridge, 2005, 378 p.
- [34] Decreto-Lei n.º 142/2007 de 27 de Abril, *Diário da República*, 1.ª série **82** (2007) 2698-2701.
- [35] Decreto-Lei n.º 254/2002 de 22 de Novembro, *Diário da República*, 1.ª série-A **270** (2007) 7337-7338.
- [36] a) *Vocabulário de Metrologia: termos fundamentais e gerais*, Direcção-Geral da Qualidade, Lisboa, 1985; b) *Vocabulário Internacional de Metrologia. Termos Fundamentais e Gerais*, Instituto Português da Qualidade, Caparica, 1996; c) *Vocabulário Internacional de Metrologia. Conceitos Básicos, Conceitos Gerais. Termos Associados*, Instituto Português da Qualidade, Caparica, 2008 (descarregar gratuito a partir de <http://www.ipq.pt>)



ACTUALIDADES CIENTÍFICAS

AS SUINICULTURAS PODEM CONTRIBUIR PARA A RESISTÊNCIA AOS ANTIBIÓTICOS!

À medida que as bactérias desenvolvem resistência aos antibióticos, os cientistas temem o aparecimento de super bactérias imunes ao nosso arsenal farmacêutico. Estes genes resistentes disseminam entre as bactérias em parte devido ao uso abusivo de antibióticos em pessoas e em animais. Recentemente, Yong-Guan Zhu, da Academia Chinesa de Ciências, e seus colaboradores, demonstraram como o uso rotineiro de antibióticos em suiniculturas pode aumentar os níveis de resistência à tetraciclina em bactérias do solo de terras agrícolas (*Environ. Sci. Technol.*, DOI: 10.1021/es1007802). Quando os porcos ingerem antibióticos como a tetraciclina na sua alimentação, excretam o fármaco através dos seus resíduos. O escoamento destes resíduos para os solos mata microorganismos susceptíveis, permitindo o crescimento de

bactérias raras com genes resistentes a antibióticos. O mesmo processo de selecção ocorre no tracto digestivo dos porcos. Por isso, quando os agricultores vizinhos fertilizam os seus campos agrícolas com resíduos de suiniculturas, as bactérias resistentes eliminadas nos resíduos podem transferir os genes resistentes para as bactérias nativas do solo. Estudos anteriores relacionaram os níveis de tetraciclina com os genes resistentes no ambiente. Mas estes estudos podem ter subestimado a relação ao ignorarem os produtos de degradação da tetraciclina, que podem também matar bactérias. Por isso, Zhu e seus colegas, usaram HPLC e espectrometria de massa para identificar cinco tetraciclinas típicas e dez produtos de degradação em amostras de solos de terrenos agrícolas próximos de nove suiniculturas em Pequim, Tianjin

e Jiaying, na China. Os investigadores detectaram também no solo quinze genes diferentes resistentes à tetraciclina. De seguida quantificaram os níveis de cinco genes e concluíram que o número total dos cinco genes resistentes à tetraciclina correlaciona com a concentração total de tetraciclina nas amostras dos solos, incluindo os seus produtos de degradação. O estudo, que é o primeiro deste tipo na China, demonstra claramente que os solos contaminados por resíduos de animais “são grandes reservatórios de genes resistentes a antibióticos”, afirma Xiangdong Li da Universidade Politécnica de Hong Kong.

(Adaptado do artigo de 20/08/2010 de Laura Cassidy: *Pig Farms May Contribute to Antibiotic Resistance*, Chemical & Engineering News, <http://pubs.acs.org/cen/news/88/i34/8834news3.html>)

HG

ACTIVIDADES COM OS PAIS NO COMPUTADOR (APC)

João C. M. PAIVA*

Descreve-se neste artigo uma proposta de um novo estilo de actividades educativas envolvendo os pais (ou outros familiares) dos alunos e os computadores. O triângulo pais-alunos-computador é complexo e não raras vezes tumultuoso, principalmente porque o computador (com as iniciativas de jogos e msn, em particular) é visto pelos pais como um 'inimigo do estudo'. Actividades com os Pais no Computador (APC) são iniciativas do professor que visam uma conciliação e potenciação pedagógica do computador, no contexto das relações familiares, com uma grande abertura ao mundo (pela janela da Internet). É uma sistematização de algumas práticas já experimentadas, onde se preconiza uma adaptação da escola às necessidades da sociedade de informação, que não sacrifica mas antes tonifica os afectos da "instituição família".

INTRODUÇÃO

Os pais "lutam" com os filhos por causa do computador. Talvez porque a maioria dos encarregados de educação, muitas vezes com razão, entendem que as actividades dos filhos no computador subtraem tempo e qualidade ao estudo. Por outro lado, é verdade que o computador é uma ferramenta chave da Sociedade de Informação em que vivemos e é parte integrante da actual "geração zap" [1].

A chave deste dilema está na conciliação entre os pais, o computador e os filhos. E quem pode incentivar e protagonizar, muito em particular, esta conciliação? A escola! Mais concretamente os professores, propondo actividades que tirem proveito da máquina e potenciem uma aprendizagem substancial, moderna e agradável, fomentando ao mesmo tempo que pais e filhos se liguem e tenham à volta destas actividades claros pretextos para se aproximarem, cognitiva e afectivamente.

O cerne deste artigo é a contextualização e proposta daquilo a que chamamos APC (Actividades com os Pais no Computador).

Este texto corresponde a um plano de intenções daquilo que julgamos

ser uma "boa ideia". Não é algo que nasça do nada, uma vez que experiências convergentes com o que se propõe têm vindo a ser feitas em vários grupos de investigação. Pretendemos sistematizar algumas ideias e dar passos para estimular e "instituir" estas actividades, no sentido de as tornar mais frequentes e regulares. Não seremos exaustivos nesta intervenção escrita, preferindo apontar as principais ideias, relegando para outro momento uma maior exaustão nas fundamentações, bem como o relato e avaliação pormenorizados de experiências em curso. Trata-se, neste momento, de identificar uma estratégia e lançar um desafio, a nós próprios e a toda a comunidade que se interessa pelas tecnologias e pela educação. Começamos por evidenciar as principais fontes de inspiração que nos motivaram (secção 2), caracterizando de seguida algumas linhas de força gerais das APC (secção 3). Na secção 4 lançamos propostas para um futuro próximo, incluindo algumas que estão já em desenvolvimento. Finalmente, na última secção apresentamos algumas conclusões. De notar que este número do Boletim da SPQ apresenta um exemplo concreto de uma APC, elaborado por Carla Morais, em estreita ligação com este artigo.

FONTES DE INSPIRAÇÃO

Referenciamos as ideias mais marcantes de algumas fontes de inspiração das APC.

a) A complexidade da sociedade actual e as necessidades educativas e produtivas que a sustentam têm nas ideias de Peter Senge [2] um enquadramento feliz, na nossa perspectiva. Ao referir as suas cinco disciplinas, Senge chama a atenção que cada vez mais a sociedade, e o mundo empresarial, em particular, carecem de indivíduos com novas aptidões (transferíveis) e grande capacidade de adaptação ao paradigma da mudança, que caracteriza a Sociedade do Conhecimento. O seu "pensamento sistémico" introduz-nos na complexidade dos sistemas (as coisas estão mais ligadas do que parecem e "mexer aqui tem implicações ali"). É um bom quadro para pensarmos que actividades como as APC só terão sucesso se os próprios professores se empenharem e, mais importante ainda, mudarem eles próprios a concepção do computador e da Internet, em particular. Muitos professores, diante do generalizado fenómeno de trabalhos dos alunos com bom no "copy-paste" da Internet, resolvem desincentivar a pesquisa na Web, desperdiçando a biblioteca mundial digital, em vez de a recomendarem num pressuposto ético e crítico. Há poucas dúvidas, porém, que as "escolas que aprendem" [3] deverão ter uma atitude nova e desafiadora na sociedade e as tecnologias, também usadas "em família", são um excelente instrumento de mudança.

b) Vigostsky [4] está na base daquilo a que poderíamos chamar "construti-

* Departamento de Química e Bioquímica, Faculdade de Ciências da Universidade do Porto
E-mail: jcpaiva@netcabo.pt

vismo social”. A ideia de construtivismo (além de alguns exageros mais do passado do que do presente) marca a qualidade do ensino. O aluno, bem sabemos, não é um receptáculo vazio a instruir mas alguém com um quadro, não só cognitivo mas psico-bio-socio-afectivo, que condiciona a aprendizagem. Vigostsky, cronologicamente antes do surgimento da actual sociedade da informação, introduziu com acutilância a importância do meio e de toda a estrutura social no processamento do conhecimento. A sua noção de ZDP (Zona de Desenvolvimento Próximo) ajudar-nos-á a enquadrar as APC correctamente, pelos três níveis de aproximação: apropriação, participação guiada, e contextualização sócio-institucional (ver Figura 1). Este último nível, pode ser hoje, altamente potenciado pela Internet!

c) Thomas Gordon e a sua escola humanista influencia a abordagem das emoções e da comunicação afectiva, quer na família [5], quer na escola [6]. Os seus ideais e, mais ainda, o seu espírito de recomendações práticas, pode conferir qualidade a muitas práticas pedagógicas. Este autor propõe a operacionalização de comportamentos por parte dos educadores que podem ser da maior utilidade, principalmente hoje, uma vez que o objectivo da escola democrática e do diálogo tendem a ser confundidos com a ausência de regras.

d) As TIPS (*Teachers Involving Parents in Schoolwork*) foram desenvolvidas pela escola de Johns Hopkins University e têm em Epstein o seu principal precursor [7, 8]. São actividades elaboradas por professores e dirigidas aos alunos e aos seus familiares, para realizar em casa. As APC que propomos têm muitas afinidades com estas iniciativas (ver muitos exemplos em [9]), distinguindo-se, porém, pela centralidade do computador e da Internet, além de outras linhas metodológicas distintas.

e) Podem também ser feitas pontes entre as APC e as “webquests”. Dodge propõe actividades de aprendizagem dirigidas aos alunos usando a Internet como fonte de informação [10]. Estas tarefas incluem etapas concretas, como contextos, processos, sugestões, avaliação, etc., que, de alguma forma, temos também nas

APC. A “nuance”, porém, está no envolvimento central dos pais nos desafios que propomos.

Muito mais nomes subjacentes a ideias importantes que, de forma mais ou menos directa, sustentam as APC podem ser referidos (Piaget, Papert e De Bono, são só alguns exemplos). Concentremo-nos, porém, nas fontes de inspiração atrás indicadas.

É importante sublinhar, também, que o acompanhamento pedagógico na exploração dos recursos digitais é crucial.

Em casa, como na escola, bons programas de computador ou a excelente fonte de informação que é a Internet podem tornar-se estereis ou mesmo negativos se não foram acompanhados por pessoas e materiais que ajudem os alunos a reflectir sobre a informação e os processos desenvolvidos. Os alunos tendem a «correr de-

pressa» as aplicações e os *browsers*, não tirando, muitas vezes, o devido proveito educativo dos recursos.

Temos feito alguma reflexão e alguns estudos que reforçam a necessidade de acompanhamento pedagógico de recursos digitais, e que se projectam também na ideia das APC [11].

Na Figura 1 apresentamos um diagrama esquemático, que, de alguma forma, sintetiza e enquadra o ambiente teórico das APC (os exemplos referidos fazem referência à APC de Química, apresentada em artigo à parte neste Boletim).

Terminamos esta secção apresentando aquilo que poderia ser uma definição de APC (Actividades com Pais no Computador): são actividades de aprendizagem, propostas pelos professores, que envolvem os pais (ou outros familiares), os filhos e o computador.

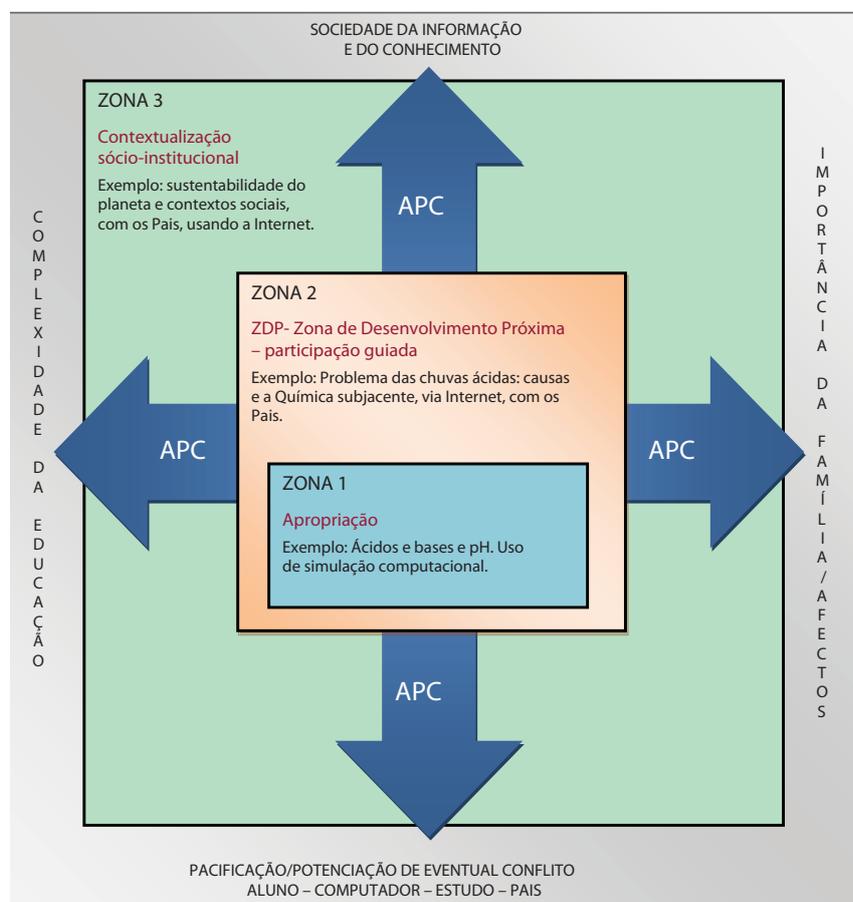


Figura 1 – Diagrama esquemático de enquadramento teórico de uma APC

PRINCIPAIS LINHAS DE FORÇA

Na senda de ideias já expressas na secção anterior, apresentamos aqui as principais linhas de força de APC, agora de uma forma mais pragmática.

Para nos tornarmos mais claros e sintéticos usaremos itens em vez de prosa e dividiremos estes aspectos em dois grupos que intitularemos a) “Cenários de ideias” e b) “Passos das APC”:

a) Cenários de ideias

- 1- Mudança de atitude e mentalidade do professor (educação com sensibilidade construtivista, atenta à complexidade e à sociedade de informação).
- 2- Crescer em espírito crítico, ajudando os filhos, mesmo diante de quadros e ferramentas medíocres, a observar, criticar e escolher valores. Deve, pois, substituir-se a atitude (muito frequente nos educadores) de “não deixar ver” pela atitude de “ver com”... e tirar proveito.
- 3- Os pais colaboram na aprendizagem dos filhos.
- 4- ...Mas isso não quer dizer, muito pelo contrário, que “fazem os trabalhos de casa dos filhos”, até porque ...
- 5- Há actividades e tempos de trabalhos de casa (os mais importantes) que devem ser feitos individualmente pelos alunos.
- 6- O computador pode ser “amigo da aprendizagem”, janela para o mundo (Internet).
- 7- O computador pode ser rede de comunicação, colaboratividade e afectividade.
- 8- Alunos e pais devem fazer os seus registos, em papel ou via computador. Estes registos evitam que as coisas se façam depressa e dispersivamente demais, tirando-se mais proveito pedagógico.
- 9- Uma APC deve equilibrar algumas tarefas/perguntas simples e de resposta simples com outras de carácter mais aberto, complexo e “rasgado”.
- 10- Sempre que possível, propor a versão web da APC, com o envio automático para o professor, dos registos das actividades.

b) Passos das APC

(Para compreender melhor, ver artigo neste Boletim com exemplo concreto)

- A- Pedido de colaboração dos pais (ou outros familiares) e explicação genérica de funcionamento.
- B- Contextualização do conteúdo/contexto de aprendizagem e proposta de actividade.
- C- Área de trabalho individual (pode ou não envolver o computador).
- D- Área de trabalho colaborativo (pais - alunos).
- E- Rubrica “Para continuar”, pesquisa que garante a abertura e a continuidade das APC.
- F- Avaliação de todos os intervenientes.

Nota: A zona A, com a rotina das APC, poderá depois simplificar-se ou mesmo desaparecer.

Além do exemplo concreto de Carla Morais apresentado neste Boletim, outras ideias podem já ficar no ar, usando, nomeadamente, jogos de natureza comercial, dos quais se pode tirar proveito pedagógico. A palavra-chave é, em grande medida, a criatividade! Assim, podem realizar-se APC interessantes, por exemplo, além da Química, à volta dos seguintes ambientes digitais:

- **Área de Desporto:** Estratégia táctica futebolística
- **Área de Matemática:** Questões de lógica
- **Geografia:** Previsão do tempo ou “preparando uma viagem”
- **Física:** Explorando o céu
- **Economia:** A problemática da bolsa
- **Urbanismo:** Planeamento urbano
- **Comunicação:** Explorando criticamente o msn
- etc.

PROJECTOS DE CONTINUIDADE

O exemplo apresentado neste Boletim SPQ é só um entre muitos possíveis. Quer associar-se a esta proposta alguma flexibilidade, importando algumas das generalidades definidas na secção 3 e o cenário fundamental de propor aprendizagem no triplo pilar pais-alunos-computador. Outros exemplos, alguns já experimentados, podem indicar-se com graus de “ou-

sadia” variados, usando recursos mais ou menos populares no universo dos alunos, mas extensíveis, com toda a certeza a qualquer contexto disciplinar e a vários patamares etários.

Neste momento, o projecto associado às APC está em crescendo prevenendo-se, a breve trecho, as seguintes evoluções:

A- Optimização de página web associada ao projecto com funcionalidades como:

- a1) Conjunto organizado por áreas disciplinares e níveis etários de APC.
- a2) Existência de mais áreas de submissão de APC. Estas serão acumuladas e disponibilizadas num “limbo” e, depois, eventualmente, certificadas por um grupo de peritos.
- a3) Facultar um “esqueleto geral” para APC on line, para que, de forma fácil, qualquer professor crie a sua APC e a disponibilize on line para os seus alunos e respectivos pais, sem dominar qualquer técnica de programação.
- a4) Disponibilizar um conjunto de textos relativos aos contextos teóricos que sustentam as APC.
- a5) Organizar uma área de relatos de “Boas práticas de APC”, incluindo as respectivas avaliações.
- a6) Área de FAQs em APC.
- a7) Fórum de discussões sobre APC ... e professores, pais e alunos. Algumas APC, de facto, podem ter continuidades em ambientes colaborativos complementares, usando interfaces de comunicação como fóruns, chats, etc.

B- Monitorização sistemática de experiências no terreno.

C- Burilamento dos itens A – F do esquema geral de APC. Particularmente, o item F, de avaliação poderá ser ajustado e/ou ter diferentes perfis.

D- Criar um conjunto de APC particularmente desafiantes, usando estruturas digitais absolutamente não (aparentemente) pedagógicas (passam a

sê-lo por estímulo orientado do espírito crítico).

E- Formar com intensidade e profundidade particular um conjunto de professores (“agentes TIC nas escolas”, Directores de turma, etc.) para servir de elementos multiplicadores da utilização de APC.

F- Fazer algum estudo no sentido de experimentar “forçar” a inserção de APC nos currícula e nas práticas pedagógicas regulares.

G- Estimular o contacto com parceiros de instituições educativas de todo o mundo para estudar, conceber, implementar e avaliar APC.

NOTAS FINAIS

Esperamos ter conseguido partilhar o nosso entusiasmo em relação a estas actividades que, assim “instituídas” e popularizadas, podem ajudar a promover uma educação mais global, mais integrada e, sobretudo, mais adaptada à sociedade de informação e do conhecimento e, desta forma, mais adaptada às necessidades dos nossos tempos.

Não se trata de ter uma posição fundamentalista, como se estas actividades fossem “a resposta” aos problemas de educação. São, isso sim, “um dos caminhos”. Convém, aliás, não esconder os constrangimentos associados a estas iniciativas. Além do principal, já mencionado, que se prende com as inércias intrínsecas dos sistemas (professores, pais, escolas, sistema educativo em geral), há dificuldades de natureza social que convém ter em conta. Há alunos cujos pais têm patamares culturais muito baixos e onde as APC, principalmente nos níveis mais avançados, se tornarão complicadas (poderão ser, nestes casos, porém, estímulos de uma formação complementar na família, através da escola, pelos alunos). O próprio sistema de exames e a existência de *numerus clausus* para as entradas nas universidades, em moldes muito clássicos, pode, indirectamente, “desestimular” estas actividades. Pior ainda, o excessivo ‘endeusamento’ social e familiar dos *rankings* escolares pode substituir as pedagógicas APC pelas

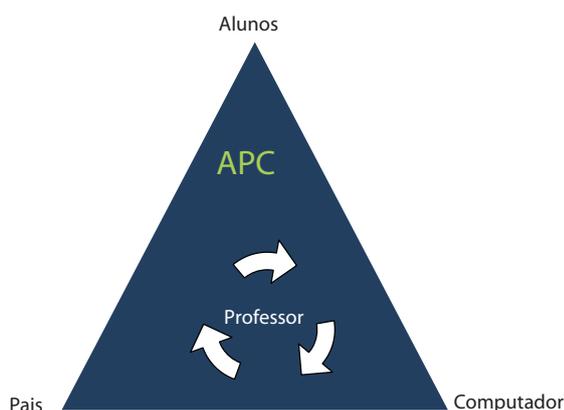


Figura 2 – O professor é o elemento dinamizador de uma APC

aberrações estratégicas dos “pais a fazerem os trabalhos de caso pelos filhos”...

Assistimos a um quadro que, embora compreensível, apresenta, quanto a nós, perigos sociais e falta de noção de “médio-longo prazo educativo”: os pais proíbem os filhos de aceder ao computador e à Internet, como castigo de não estudarem. Ora, tal atitude parecerá tão despropositada amanhã (ou hoje?) como a de proibir os filhos de ler livros, como castigo de más notas... O caminho é outro... não tanto a “luta” com o computador mas a conciliação feliz, acompanhada e integrada, do triângulo pais-alunos-computador! (Figura 2).

O professor, como sempre em educação, assume um papel estimulador fundamental!

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha colega Filomena Gaspar com quem trilhei os primeiros caminhos da problemática do envolvimento dos pais na aprendizagem dos filhos, com quem esbocei a problemática dos roteiros de exploração de software educativo. Agradeço ainda a Jacinta Paiva pelos complementos e sugestões. Estou grato à Carla Morais pelo esboço do exemplo de uma APC no domínio da Química.

REFERÊNCIAS

[1] Alch, M. L. (2000). *Get ready for the net generation*. Training & Development. Disponível em <http://www.allbusiness.com/population-demographics/>

demographic-groups-generation-x/11437547-1.html consultado em 15 de Julho de 2010.

- [2] Senge, P. et al (1994). *The Fifth Discipline Fieldbook (Strategies and Tools for Building a Learning Organization)*, New York, Doubleday Currency.
- [3] Senge, P. et al (2000). *Schools That Learn*, Nicolas Brealey Pub. London.
- [4] Vygotsky, L.S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- [5] Gordon, T. (2000). *Parent Effectiveness Training, P.E.T.*. New York, NY: Random House.
- [6] Gordon, T. & Burch, N. (2003). *Teacher Effectiveness Training, T.E.T.*. New York, NY: Three Rivers Press.
- [7] Epstein, J. L. et al. (2002). *School, Family, and Community Partnerships: Your Handbook for Action, Second Edition*. Thousand Oaks: Corwin Press.
- [8] Epstein, J. L., Van Voorhis, F. L., Batza, C. (2001). *Teachers Involve Parents in Schoolwork (TIPS) Science Prototype Activities for Grade 3*. Baltimore, MD: Center on School, Family, and Community Partnerships, Johns Hopkins University.
- [9] TIPS (2005). *Teachers Involve Parents in Schoolwork*. Disponível em <http://spearfish.k12.sd.us/west/Specials/Penny/Teacher%20Involve/Science-Act.htm>, consultado em 15 de Julho de 2010.
- [10] WebQuest.Org. Disponível em <http://webquest.sdsu.edu/webquest.html>, consultado em 15 de Julho de 2010.
- [11] Paiva, J. C. & Costa, L. (2010). Exploration Guides: improving the use of educational software. *Journal of Chemical Education*. 87 (6), 589-591.



Actividades com os Pais no Computador (APC)

A Química e a sustentabilidade na Terra

Carla Morais

Departamento de Química e Bioquímica,
Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, Portugal

A - Caros alunos e pais/familiares



Neste trabalho propomos que realizem algumas pesquisas relacionadas com conteúdos curriculares de Química e que debatam em conjunto a necessidade de pensar e pôr em prática soluções de sustentabilidade que, no mínimo, assegurem a manutenção das condições actuais de vida na Terra.

É muito importante fazer todos os registos numa folha de papel e anexá-la a este documento. A secção C é para ser realizada pelo aluno, individualmente, e as secções D, E e F dizem respeito às tarefas propostas para o aluno e os pais (ou familiares) realizarem em conjunto.

NOTA: Façam os vossos registos numa folha de papel ou, digitalmente, num ficheiro de texto no computador.

B - Contexto



A Ciência, em geral, e a Química, em particular, têm um papel importantíssimo em assegurar a sustentabilidade da vida na Terra. Assim, ao longo do 8.º ano temos vindo a aprofundar os nossos conhecimentos científicos de modo a podermos contribuir para esta sustentabilidade. Por exemplo, quando não estamos a esgotar os recursos nem a degradar o meio ambiente, estamos a contribuir para que a vida no futuro não fique em risco. As tarefas que propomos nesta APC vão contribuir para que, conjuntamente com os teus pais/família, reflectas e compreendas ainda melhor a necessidade e o dever de todos nós assegurarmos a qualidade de vida no nosso planeta.

Obrigado pela colaboração!



C - Área de trabalho individual



Recordando algumas das abordagens feitas nas aulas, começa por ler o seguinte texto:

«É possível fixar e transformar o dióxido de enxofre presente nos fumos das chaminés industriais em gesso. Do mesmo modo, cada vez mais veículos automóveis são equipados com catalisadores (ou conversores catalíticos) que reduzem a quantidade de óxidos de azoto expelidos para a atmosfera, responsáveis, juntamente com os óxidos de enxofre, pelas chuvas ácidas. Os benefícios ambientais e para a vida de todos, a longo prazo, compensam largamente os investimentos adicionais a curto prazo a que estas medidas obrigam. Entretanto, o crescente uso de gás natural como combustível em fábricas e centrais termoeléctricas contribuirá para a diminuição da poluição atmosférica, pois os produtos da combustão são praticamente só dióxido de carbono e água. Note-se, contudo, que estas substâncias, embora não poluentes, são gases responsáveis pelo efeito de estufa». (Fiolhais *et al.*, 2007)^(a)

- C1.** Qual é a fórmula química do dióxido de enxofre?
- C2.** Procura em sítios na Internet que outros óxidos de enxofre e óxidos de azoto existem. Escreve as suas respectivas fórmulas químicas.
- C3.** Pesquisa na Internet a relação destes óxidos com as chuvas ácidas e investiga também que outras substâncias químicas integram a composição destas chuvas.
- C4.** Além do gás natural, que outros combustíveis são usados nas centrais termoeléctricas?

C - Área de trabalho individual (continuação)



C5. Pesquisa na Internet os principais gases com efeito de estufa (GEE), ordenando-os do menos abundante para o mais abundante.

C6. Utiliza a simulação computacional sobre o efeito de estufa disponível em <http://phet.colorado.edu/en/simulation/greenhouse>, que permite seleccionar a concentração de gases com efeito de estufa durante a idade de gelo, no ano 1750, hoje, ou no futuro e observar a evolução da temperatura.



- Compara a concentração de GEE no ano 1750 e na actualidade.
- Procura explicar porque é que a temperatura aumenta à medida que aumenta a concentração de GEE.

D - Área de trabalho colaborativo pais/alunos



D1. Usando sítios da Internet ou outros recursos, recomenda-se que o aluno faça uma breve síntese, ao seu pai/mãe ou outro familiar, dando conta que o recente desenvolvimento científico e tecnológico trouxe importantes benefícios para a sociedade, mas também trouxe consequências preocupantes para a sustentabilidade da vida na Terra: aquecimento global, efeito de estufa, chuvas ácidas, poluição atmosférica, esgotamento dos combustíveis fósseis, entre outras.

D2. “Economizar os combustíveis fósseis, responsáveis pelo aumento da acidez das chuvas, constitui não só uma poupança de recursos não renováveis mas também uma contribuição para a qualidade do ambiente”. Investiguem, partindo de um motor de busca genérico ou de um portal de ciência:

- Soluções alternativas para minimizar a dependência do nosso país dos combustíveis fósseis.
- Alguns dos efeitos devastadores das chuvas ácidas.

D3. Partilha com os teus pais o que já aprendeste sobre soluções ácidas, básicas e neutras explorando a simulação computacional “Determinação do pH” (Folhais *et al.*, 2007) ^(b) disponível em <http://www.emultimedia.com.pt/simulacaoph/>



D4. O efeito de estufa é benéfico para a manutenção da vida na Terra, pois permite que a Terra mantenha uma temperatura média de cerca de 15 °C. Contudo, este efeito está a aumentar por causa da actividade humana, o que tem consequências para a sustentabilidade da vida na Terra. Pesquise, na Internet, e reflectam sobre o que poderá fazer Portugal para reduzir as emissões de GEE. (DICA: palavras-chave em motores de busca de sites: Protocolo de Quioto/Cimeira de Copenhaga).

E - Para Continuar



E1. Apesar desta investigação, podem ficar algumas dúvidas ainda no ar. Registem todas as dúvidas para depois o aluno tentar esclarecer na escola com o professor.

E2. Discutam a importância que a Internet, em particular, teve, tem e pode vir a ter para ajudar a resolver os flagelos que afectam actualmente a qualidade de vida na Terra.

E3. Na sequência desta reflexão, indiquem que práticas diárias passarão a integrar a vida de cada membro da família, de modo a contribuir para assegurar a sustentabilidade da vida na Terra.

E4. Conscientes de que muito mais poderá ser feito, recorram à Internet e em conjunto:

- Planeiem uma campanha de sensibilização que incentive a população a não desperdiçar água.
- Elaborem panfletos de divulgação sobre a separação do lixo doméstico, local de depósito e modo de tratamento do mesmo, como forma de intervenção junto da comunidade.

F - Avaliação de todos os intervenientes



Muito obrigado! Antes de mais, queremos agradecer pela colaboração e por todo o empenho colocado na realização desta actividade. Pedimos, por favor, que façam o preenchimento da tabela seguinte e que registem quaisquer outras observações que entendam pertinentes.

Preenchimento da tabela:

Assinalem com uma X a coluna que melhor corresponde à vossa opinião sobre o item em observação. Utilizem, para apreciar cada item, a escala que a seguir se apresenta:

1- Muito Mau; 2- Mau; 3- Razoável; 4- Bom; 5- Muito Bom.

	1	2	3	4	5	
1- O que achei do desafio inerente à actividade?						Pais
						Aluno
2- Como foi o meu desempenho nas questões técnicas, com o computador?						Pais
						Aluno
3- Como foi o nosso nível de diálogo?						Pais
						Aluno
4- Contributo para a melhoria dos conhecimentos científicos?						Pais
						Aluno
5- Contributos para melhorar a vida, pessoal e em sociedade?						Pais
						Aluno
6- Contributos desta actividade para relacionar harmoniosamente o computador, o estudo e o diálogo familiar?						Pais
						Aluno
7- Como estava a proposta inerente à actividade em termos de clareza, motivação e recursos fornecidos?						Pais
						Aluno
8- Na globalidade como avalio esta actividade?						Pais
						Aluno

Outras observações:

Grato,
O Professor

(a) C. Fiolhais; M. Fiolhais; V. Gil; J. Paiva; C. Morais; S. Costa. *8CFQ - Ciências Físico-Químicas 8.º ano*. Texto Editores, Lisboa (2007).

(b) C. Fiolhais; M. Fiolhais; V. Gil; J. Paiva; C. Morais; S. Costa. *Manual Multimédia 8CFQ*. Texto Editores, Lisboa (2007).



XXII ENCONTRO NACIONAL DA SOCIEDADE PORTUGUESA DE QUÍMICA (ENSPQ)

3-6 JULHO 2011 EM BRAGA

O XXII Encontro Nacional da Sociedade Portuguesa de Química (ENSPQ) realizar-se-á em Braga de 3 a 6 de Julho de 2011 e integra-se nas comemorações do centenário da SPQ, a mais antiga sociedade científica do país, as quais coincidem com o Ano Internacional da Química. Este Encontro, subordinado ao tema "Cem Anos de Química em Portugal", será organizado pelo Departamento de Química da Universidade do Minho e terá lugar no Parque de Exposições de Braga.

Associaram-se ao XXII ENSPQ as Divisões de Química Alimentar, Química Analítica, Química Física, Química Inorgânica, Química Orgânica e o Grupo de Radicais da SPQ, que terão os seus Encontros na forma de Simpósios. À semelhança dos Encontros Nacionais anteriores, o XXII ENSPQ incluirá a plenária da entrega do Prémio Ferreira da Silva e, dado o carácter comemorativo do Encontro, terá também lugar uma lição plenária de índole histórica. Para além destas, estão previstas lições plenárias, keynotes e comunicações orais de carácter transversal aos vários domínios da Química. Haverá ainda keynotes e comunicações orais nas áreas científicas dos vários Simpósios, bem como sessões de posters.

Brevemente serão colocadas informações detalhadas sobre o Encontro na página web da SPQ.

E: xxienspqa@quimica.uminho.pt



10º ENCONTRO NACIONAL DE FOTOQUÍMICA

9-10 DEZEMBRO 2010 NO PORTO

O 10º Encontro Nacional de Fotoquímica da Sociedade Portuguesa de Química irá ter lugar no Porto, durante os dias 9 e 10 de Dezembro de 2010. A realização deste evento, que ocorre com um atraso de um ano devido à reorganização do calendário de reuniões da SPQ, permite retomar a sequência de encontros, que decorreu pela última vez no Algarve em 2007.

Esta reunião, que pretende promover o encontro dos fotoquímicos nacionais, é conhecida pela sua enorme versatilidade, incidindo na área da fotoquímica tradicional e abrangendo igualmente outros temas, tais como fluorescência, espectroscopia, corantes naturais e sintéticos, fo-

toquímica orgânica, fotocatalise e fotofísica, entre outros. O programa científico incluirá a realização de sessões plenárias, comunicações orais e comunicações em formato de poster e pretende promover a interacção de jovens investigadores com cientistas sénior de uma forma simbiótica, contribuindo desta forma para a contínua progressão e desenvolvimento da Fotoquímica e áreas afins.

A língua oficial do encontro será o inglês. Todos os interessados poderão submeter os seus trabalhos até ao dia 9 de Outubro. Informações detalhadas sobre as normas de submissão de resumos podem ser encontrada na página web do encontro.

E: photo2010@fe.up.pt

URL: <http://www.spq.pt/eventos/enf2010>



4º ENCONTRO NACIONAL DE ESPECTROMETRIA DE MASSA

13-15 DEZEMBRO EM LISBOA

O 4º Encontro Nacional de Espectrometria de Massa irá realizar-se na Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Campo Grande, entre 13 e 15 de Dezembro de 2010.

Este evento pretende promover a reunião de todos os investigadores a trabalhar em Espectrometria de Massa em Portugal, para apresentarem e discutirem os seus trabalhos e participarem na construção do futuro deste formidável campo da Ciência. Brevemente serão disponibilizadas mais informações na página web do encontro, em preparação para o efeito.

E: ms2010.fc.ul.pt

António V. Xavier Seminars

3º CICLO DE SEMINÁRIOS ANTÓNIO V. XAVIER - ITQB

SETEMBRO 2010-JUNHO 2011 EM OEIRAS

À semelhança de anos anteriores, o Instituto de Tecnologia Química e Biológica (ITQB) da Universidade Nova de Lisboa, organiza, desde Setembro, o 3º Ciclo de Seminários António V. Xavier, em memória do cientista e fundador do ITQB. Para esta série de seminários foram convidados 10 cientistas de renome para abordar tópicos sobre a sua área de especialidade científica. Os seminários realizam-se numa quinta-feira de cada mês, entre Setembro de 2010 e Junho de 2011, pelas 11:00 h no Auditório do ITQB, sendo abertos ao público em geral.

URL: <http://www.unl.pt/eventos/geral/3.o-ciclo-de-seminarios-antonio-v-xavier-itqb>



XVII CONGRESSO NACIONAL DE BIOQUÍMICA
15-17 DEZEMBRO 2010 NO PORTO

O Congresso Nacional de Bioquímica (CNB) de 2010 decorrerá no Porto, no Hotel Porto Palácio, de 15 a 17 de Dezembro. Como tem sido tradição, este evento pretende divulgar a investigação mais relevante nas áreas científicas relacionadas com a Bioquímica num ambiente informal e propício ao debate e estabelecimento de colaborações e sinergias.

A XVII edição desta reunião científica da Sociedade Portuguesa de Bioquímica (SPB) contará com cinco sessões plenárias e dez sessões paralelas, das quais cinco propostas por membros da SPB.

A SPB tem ainda o prazer de anunciar que no CNB de 2010 será atribuído o “Prémio SPB – ALFAGENE”, que tem por objectivo estimular a investigação de qualidade e o espírito competitivo entre jovens investigadores na área da Bioquímica e o “Prémio Connecting Science to People 2010”, que tem por objectivo incentivar a elaboração de trabalhos originais “new media” para web, mobile ou qualquer outra plataforma (off-line), que reflectam como aprender (visual learning) e divulgar (from 2D text to 3D life) bioquímica nas ciências da vida e da saúde, utilizando as ferramentas disponibilizadas pela novas tecnologias multimédia e computadorizadas.

E: acorreia@ibmc.up.pt

URL: <http://www.ff.up.pt/cnb2010>



FIRST EUChEMS INORGANIC CHEMISTRY CONFERENCE (EICC-1)
11-14 ABRIL 2011 EM MANCHESTER, REINO UNIDO

Entre 11 e 14 de Abril de 2011, a Universidade de Manchester acolherá a primeira edição da conferência EICC (EuCheMS Inorganic Chemistry Conference), uma nova série de conferências Europeias em Química Inorgânica que irão decorrer sob os auspícios da EuCheMS (Associação Europeia para as Ciências Químicas e Moleculares).

Esta primeira edição será organizada pela Divisão de Inorgânica da EuCheMS juntamente com a Divisão Dalton da Royal Society of Chemistry (RSC).

Este evento, que pretende divulgar o trabalho de químicos inorgânicos, tem como objectivo primordial a promoção do desenvolvimento da nova geração de químicos inorgânicos, proporcionando uma excelente oportunidade para novas aprendizagens, bem como o estabelecimento de contactos e redes de trabalho na União Europeia,

através da apresentação dos seus trabalhos no formato de comunicação oral e de poster.

A conferência decorrerá no formato de sessões paralelas permitindo a discussão dos seguintes temas principais: Química Supramolecular, Catálise, Mecanismos de Reacção, Materiais Inorgânicos, Energia e Fotoquímica, Bioinorgânica e Química do Estado Sólido.

A conferência conta já com a presença confirmada de vários oradores convidados de renome internacional, tais como Paul Beer (Universidade de Oxford, Reino Unido), Martin Jansen (Max Planck Institute, Alemanha), Sylviane Sabo-Etienne (CNRS, França) e Reshef Tene (Weizmann Institute of Science, Israel).

Mais informações sobre prazos para submissão de trabalhos serão disponibilizados brevemente na página web do evento.

URL: <http://www.rsc.org/ConferencesAndEvents/RSCConferences/EICC1>



INTERNATIONAL CONFERENCE ON NANOMATERIALS AND NANOTECHNOLOGY
13-16 DEZEMBRO 2010 EM COIMBATORE, ÍNDIA

A Conferência Internacional em Nanomateriais e Nanotecnologia irá decorrer entre os dias 13 e 16 de Dezembro no K.S. Rangasamy College of Technology (KSRCT) em Tamil Nadu, Índia.

Este evento é co-organizado pelo KSRCT, a Universidade Técnica de Kaiserslautern (Alemanha) e a World Class University (Coreia do Sul), sendo patrocinado pela IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry).

Esta conferência reúne investigadores, académicos e empresários numa plataforma comum com o objectivo de promover a discussão de uma ampla gama de temáticas relacionadas com os nanomateriais e a nanotecnologia, desde aspectos fundamentais até aplicações tecnológicas e industriais.

De entre os vários oradores que já confirmaram a sua participação nesta conferência destacam-se os cientistas Richard R. Ernst, laureado com o Prémio Nobel da Química em 1991 pela sua contribuição no desenvolvimento da espectroscopia de ressonância magnética nuclear (RMN) de elevada resolução, e Ada Yonath, laureada com o Prémio Nobel da Química em 2009 pela sua contribuição nos estudos sobre a estrutura e função do ribossoma.

E: nano2010@ksrct.ac.in

URL: <http://www.nano.ksrct.ac.in>

Secção compilada por Joana Amaral

XVI Encontro Luso-Galego de Química

*Universidade de Aveiro
Aveiro, Portugal*

10 a 12 de Novembro de 2010



LIÇÕES PLENÁRIAS

ARMANDO POMBEIRO (Departamento de Engenharia Química, Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa) – “Funcionalização de alcanos em condições suaves”

JOSÉ TEIXEIRA (Departamento de Engenharia Biológica, Escola de Engenharia da Universidade do Minho) – “A química e a biotecnologia: uma parceria de sucesso”

RENÉ SANTUS (Département RDDM, Muséum National d’Histoire Naturelle, Paris) – “Unravelling the mechanisms of reactions of natural and synthetic antioxidants in biologically relevant multiphasic aqueous systems by pulse radiolysis”

MARÍA TARSY CARBALLAS FERNÁNDEZ (Instituto de Investigaciones Agrobiológicas de Galiza, CSIC, Santiago de Compostela) – “Repercussão dos incêndios florestais na qualidade do solo”

MANUEL LÓPEZ-RIVADULLA LAMAS (Instituto de medicina Legal, Facultat de Medicina, Universidad de Santiago de Compostela) – “Drogas e condução”

DATAS IMPORTANTES

DATA LIMITE PARA SUBMISSÃO DE RESUMOS:
18/Outubro/2010

CONFIRMAÇÃO DA ACEITAÇÃO DAS COMUNICAÇÕES:
25/Outubro/2010

DATA LIMITE PARA INSCRIÇÃO NO ENCONTRO:
28/Outubro/2010



Universidade de Aveiro



Colegío Oficial de
Químicos de Galicia



SOCIEDADE PORTUGUESA DE QUÍMICA



Asociación de
Químicos de Galicia

Setembro 2010-Junho 2011 em Oeiras

3º Ciclo de Seminários António V. Xavier - ITQB
URL: <http://www.unl.pt/eventos/geral/3.o-ciclo-de-seminarios-antonio-v.-xavier-itqb>

30 Setembro-1 Outubro 2010 em Boston, EUA

3rd International Symposium on Green Processing in the Pharmaceutical and Fine Chemical Industries
E: info@GuidingGreen.com
URL: https://guidinggreen.com/Pharm_FineChem.html

6-10 Outubro 2010 em Amã, Jordânia

11th Eurasia Conference on Chemical Sciences (EuAsC₂S)
E: euasc2s-11@ju.edu.jo
URL: http://www.euasc2s-11.ju.edu.jo/Public/Main_English.aspx?Lang=2&page_id=134&Site_ID=1

10-13 Outubro 2010 em Beechtesgaden, Alemanha

Green Solvents for Synthesis
E: info@dechema.de
URL: <http://events.dechema.de/en/gsf2010.html>

10-15 Outubro 2010 em Leysin, Suíça

9th Swiss Course on Medicinal Chemistry
E: Gabi.Lichtenhahn@unibas.ch
URL: <http://www.swiss-chem-soc.ch/smc/leysin/leysin.html>

12-15 Outubro 2010 em Lisboa

XXI Encontro Nacional Tecnicelpa
VI Congresso Iberoamericano de Investigação em Celulose e Papel - CIADICYP 2010
E: tecnicelpa.ciadicyp@tecnicelpa.com
URL: tecnicelpa.com/ciadicyp/2010

19-22 Outubro 2010 em Oegstgeest, Holanda

19th School on Medicinal Chemistry
E: m.ham@lacdr.leidenuniv.nl
URL: <http://www.lacdr.nl/events/19th-school-on-medicinal-chemistry>

21-23 Outubro 2010 no Porto

6th International Conference on Technology and Medical Sciences (TMSi 2010)
E: tmsi@fe.up.pt
URL: <http://paginas.fe.up.pt/~tmsi/>

21-24 Outubro 2010 em Coimbra

3rd Mathematical Methods in Engineering International Symposium – MME'10
E: mme10@ipc.pt
URL: mme10.ipc.pt

2-4 Novembro 2010 no Cairo, Egipto

2nd International Conference on Chemical, Biological and Environmental Engineering (ICBEE 2010)
E: icbee@vip.163.com
URL: <http://www.icbee.org/>

10-12 Novembro 2010 em Aveiro

XVI Encontro Luso-Galego de Química
E: luso.galego@dq.ua.pt
URL: <http://lusogalego.web.ua.pt/>

14-17 Novembro 2010 em Concón, Chile

4º Congresso Iberoamericano de Química Analítica (4-CIAQA)
E: nfaundez@uc.cl
URL: <http://www.ciaqa2010.org/>

28-30 Novembro 2010 em Coimbra

2º Encontro Nacional de Química Terapêutica
E: enqt2010@fc.uc.pt
URL: <http://www.spq.pt/eventos/enqt2010>

9-10 Dezembro 2010 no Porto

10º Encontro Nacional de Fotoquímica
E: photo2010@fe.up.pt
URL: <http://www.spq.pt/eventos/enf2010>

13-15 Dezembro em Lisboa

4º Encontro Nacional de Espectrometria de Massa
E: ms2010.fc.ul.pt

13-15 Dezembro 2010 em Penang, Malásia

International Conference on Environment 2010 (ICENV 2010)
E: icenv2010@eng.usm.my
URL: <http://chemical.eng.usm.my/ICENV2010>

13-16 Dezembro 2010 em Coimbatore, Índia

International Conference on Nanomaterials and Nanotechnology
E: nano2010@ksrct.ac.in
URL: <http://www.nano.ksrct.ac.in/>

15-17 Dezembro 2010 no Porto

Congresso Nacional de Bioquímica
E: acorreia@ibmc.up.pt
URL: <http://www.ff.up.pt/cnb2010>

30 Janeiro - 4 Fevereiro 2011 em Saragoça, Espanha

2011 European Winter Conference on Plasma Spectrochemistry
E: winterzar2011@unizar.es
URL: <http://www.winterplasmazaragoza2011.es>

7-11 Fevereiro 2011 em Wellington, Nova Zelândia

5th International Conference on Advanced Materials and Nanotechnology
E: amn-5@confer.co.nz
URL: <http://www.confer.co.nz/amn-5/index.html>

27-31 Março 2011 em Anaheim, California, USA

American Chemical Society (ACS) Spring 2011 National Meeting & Exposition
E: k.thompson@acs.org
URL: www.acs.org/meetings

11-14 Abril 2011 em Manchester, Reino Unido

EuCheMS Inorganic Chemistry Conference (EICC-1)
URL: <http://www.rsc.org/ConferencesAndEvents/RSCConferences/EICC1>

26-29 Abril 2011 em Stellenbosch, África do Sul

11th UNESCO/IUPAC Workshop and Conference on Functional Polymeric Materials and Composites
E: hpasch@sun.ac.za
URL: <http://academic.sun.ac.za/UNESCO/Conferences/Conference2011/index.htm>

22-26 Maio 2011 em Quioto, Japão

IUPAC International Congress on Analytical Sciences 2011
E: ICAS2011_secretary@anchem.mc.kyoto-u.ac.jp
URL: <http://icas2011.com/>

23-27 Maio 2011 em Pretória, África do Sul

11th International Conference on Frontiers of Polymers and Advanced Materials
E: walter.focke@up.ac.za
URL: <http://web.up.ac.za/default.asp?ipkCategoryID=13080>

3-6 Julho 2011 em Braga

XXII Encontro Nacional da Sociedade Portuguesa de Química (ENSPQ)
E: xxiienspq@quimica.uminho.pt

10-15 Julho 2011 em Creta, Grécia

17th European Symposium on Organic Chemistry
E: info@esoc2011.com
URL: <http://www.esoc2011.com>

27 Novembro-1 Dezembro 2011 em Cancun, México

Fray International Symposium
E: secretary@flogen.com
URL: <http://www.flogen.com/FraySymposium>

Secção compilada por Joana Amaral