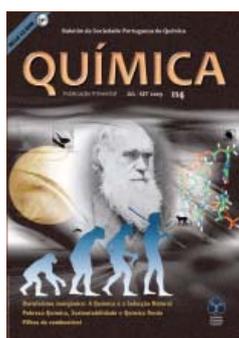


BOLETIM DA SOCIEDADE PORTUGUESA DE QUÍMICA



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 114, Julho – Setembro 2009

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

Editor
Jorge Morgado

Editores-Adjuntos
Palmira Silva
Helder Gomes
Carlos Folhadela

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

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

Grafismo
Paula Martins

Execução Gráfica
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
1850 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 nas páginas interiores
deste fascículo.

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

EDITORIAL	2
NOTICIÁRIO SPQ	
3 rd EuCheMS: Participe Com o Seu Conhecimento	3
Apresentação da Página Web do Grupo de Químicos Jovens	3
Prémio Químicos Jovens 2010 / Portuguese Young Chemists Award 2010	4
2 nd Portuguese Young Chemists Meeting (PYChem)	6
DVD "Lugar ao SAL"	6
Prémios Nobel 2009	8
8 ^a Conferência de Química Inorgânica da SPQ	9

NOTICIÁRIO ESCOLAS

Química em Área de Projecto - Compostos Fenólicos e Potencial Antioxidante de <i>Catharanthus Roseus</i>	11
--	----

QUÍMICA E ENSINO

Equilíbrio de solubilidade. Uma demonstração simples, adequada ao ensino secundário	15
<i>Mário Valente, Helena Moreira</i>	

ARTIGOS

A Química e a Selecção Natural das Espécies	19
<i>A. M. Amorim da Costa</i>	
Da Pobreza Química à Sustentabilidade e Química Verde	27
<i>Adélio A. S. C. Machado</i>	
Pilhas de Combustível	35
<i>Luís Alcácer</i>	

DESTAQUES

AGENDA	52
--------	----



JORGE MORGADO
 bqumica@ist.utl.pt
 www.spq.pt

No início de mais um ano lectivo, e aquando do planeamento deste novo ano escolar, regressam preocupações e revisitam-se planos adiados.

Este parece ser, para já, um início de aulas “pacífico”, apenas ensombrado pela pandemia da gripe A. No início de um novo ciclo governativo, os temas quentes que no ano lectivo passado agitaram o meio escolar (em particular o secundário) não foram ainda solucionados, parecendo estarem apenas em estado letárgico. Aguarda-se uma clarificação da tutela sob possíveis alterações ou, então, a sua reafirmação.

Este ano houve um elevado grau de preenchimento das vagas do Ensino Superior Universitário e Politécnico. Embora não seja aqui feito o estudo comparativo com a situação de anos anteriores, esta evolução é positiva, estendendo-se à área da Química e da Engenharia Química. Contudo, existe a preocupação de saber se temos de facto um maior número de alunos preparados para enfrentar com sucesso o ciclo de estudos universitários – esta parece ser uma preocupação recorrente (que tem paralelo já com a Grécia Antiga). Poderemos encontrar argumentos para suportar posições antagónicas, muitas vezes balizadas por opções políticas, mas não há dúvida que o tipo de ensino está em constante mudança e teremos de ser certamente nós, os docentes, a adaptar a nossa forma de ensinar, procurando potenciar as capacidades dos nossos novos alunos e tirar partido das novas ferramentas e tecnologias.

Este final de Verão trouxe também um novo estatuto das carreiras de investigação, docente do Ensino Universitário e docente do Ensino Superior Politécnico (publicados a 31 de Agosto), que fecha um conjunto de legislação que veio modificar o Ensino Superior (como sejam, especificamente, o Regime Jurídico das Instituições de Ensino Superior, RJIES, e, de modo genérico, o Regime de Contrato de Trabalho em Funções Públicas e a Lei dos Vínculos, Carreiras e Remunerações).

Foi também publicado no passado dia 2 de Outubro o Decreto-Lei 278/2009 que procura adequar o Código dos

Contratos Públicos (CCP, Decreto-Lei n.º 18/2008) às actividades de ensino e investigação. No número anterior do Química, veiculámos algumas das preocupações sobre os constrangimentos que a aplicação do CCP, na versão inicial, às instituições de ensino e investigação estava a impor, prometendo uma certa asfixia. Esta parece ser, assim, uma alteração legislativa muito positiva.

A capa deste número é alusiva às comemorações dos 150 anos da publicação de “A Origem das Espécies” de Charles Darwin e dos 200 anos do seu nascimento, comemorações que têm sido muito adequadamente divulgadas ao longo do ano. Esta efeméride pode ser usada para rebater a “teoria” criacionista que, nalgumas áreas, parece pretender emergir. A propósito, podem encontrar neste número uma contribuição sobre uma perspectiva química do evolucionismo, numa abordagem designada por “Darwinismo inorgânico”. Sem dúvida, uma perspectiva diferente.

Há ainda duas contribuições sobre dois temas que estão em voga: a Pobreza Química e Sustentabilidade, e as Pilhas de Combustível. No primeiro destes artigos, estuda-se a correlação entre a produção da Indústria Química e a qualidade de vida, demonstrando a necessidade de implementar a primeira, enquadrada nos princípios da Química Verde e da Sustentabilidade, para potenciar a segunda. No segundo artigo, é feito um resumo do estado actual da investigação e desenvolvimento desta alternativa energética que, potencialmente, pode conduzir à produção de energia sem produção de carbono. Uma contribuição que parece trazer algum realismo às aspirações actuais nesta área e que pode servir para atrair maior esforço e investimento se se pretender que esta alternativa tenha efectivas probabilidades de sucesso.

Gostava ainda de chamar a vossa atenção para uma actividade de laboratório sobre o tema do equilíbrio de solubilidade, que permite discutir e clarificar alguns aspectos deste assunto com os alunos. Há ainda uns apontamentos breves de actualidades que prometem aligeirar este número.

Boa leitura!

3RD EUChEMs: PARTICIPE COM O SEU CONHECIMENTO

Os congressos organizados pela EuCheMs têm-se revelado um sucesso em termos de número de participantes e qualidade científica das comunicações apresentadas. Nesta senda, a *German Chemical Society* (GDCh) que organiza o 3rd EuCheMS em Nuremberga de 29/8 a 02/09/2010, criou um blogue e uma série de filmes com o objectivo de promover o evento e envolver a comunidade química europeia neste fórum de discussão. O blogue poderá ser acedido pela seguinte morada: <http://euchems2010.wordpress.com/>

Para além da natural promoção do congresso, a organização pretende com este blogue dinamizar e envolver a comunidade na preparação da discussão científica que irá decorrer em Nuremberga. Assim, todos poderão contribuir com breves notícias sobre artigos ou descobertas que considerem interessantes, assim como comentar as existentes. Para esse fim, basta enviar o texto com indicação de autoria "Guest Article by ..." para: <http://euchems2010.wordpress.com/2009/09/01/little-update-from-wissenschaftsforum/>

Mais informação estará disponível na forma de filmes na página do congresso: www.euchems-congress2010.org ou no *youtube* (<http://www.youtube.com/watch?v=l2zb-odl-pY>).

"Participe com o seu conhecimento nesta comunidade de químicos europeus"

GQJ

(Grupo de Químicos Jovens)

APRESENTAÇÃO DA PÁGINA WEB DO GRUPO DE QUÍMICOS JOVENS



A página Web do Grupo de Químicos Jovens (GQJ) está finalmente disponível em www.spq.pt/gqj/

Esta nova ferramenta irá permitir ao GQJ uma presença e contacto mais próximos da comunidade de químicos portugueses, com especial ênfase nos jovens. A página está dividida em várias secções:

PYCheM – nesta secção podem encontrar informação sobre o *Portuguese Young Chemists Meeting*. Está disponível informação de carácter geral, bem como o livro de abstracts e as fotos do 1PYCheM que se realizou em Outubro de 2008. O poster do 2PYCheM com *link* para a página do encontro irá estar disponível brevemente.

ChemRus – esta é uma das áreas em que depositamos mais expecta-

tivas para uma interacção estreita com a comunidade científica e escolar. Nesta secção estarão acessíveis experiências de Química com ficha pedagógica/científica e respectivo vídeo. E espera-se a contribuição futura de toda a comunidade química portuguesa para o aumento do portfólio de experiências.

JobChem – esta secção oferece uma breve descrição de vários motores de busca e *sites* de oferta de emprego onde os jovens químicos podem procurar emprego em Portugal e no estrangeiro. Existe também um espaço onde entidades públicas e privadas poderão colocar directamente as suas ofertas de bolsas e empregos. Por exemplo, agradecemos aos diferentes responsáveis de projectos com bolsas que façam o *download* da ficha que se encontra na página e a enviem preenchida para jobchem.gqj@spq.pt

CheMba – esta secção surge com a intenção de oferecer um espaço de discussão para jovens químicos que queiram desenvolver projectos de empreendedorismo. CheMba oferece a possibilidade de colocar estes futuros empresários em contacto com profissionais com formação em gestão de forma a discutir as suas ideias, ponderar os desafios e procurar possíveis soluções (email chemba.gqj@spq.pt). Esta secção apresenta ainda uma sé-

rie de *links* para *sites* com diferentes programas nesta área (CoHITEC, AdI, Parques Tecnologia, Concursos de ideias, apoios a criação de empresa, fontes de investimento).

PYCA – toda a informação relativa ao Prémio Químicos Jovens / *Portuguese Young Chemists Award* irá estar disponibilizada nesta área. No futuro, com a realização de diversas edições do prémio, será criada uma lista de vencedores com os respectivos artigos e fotos alusivas à cerimónia de entrega dos prémios.

EYCN – este espaço será reservado para apresentar e divulgar as actividades da *European Young Chemists Network* (EYCN). A EYCN faz parte da *European Association for Chemical and Molecular Sciences* (EuCheMS). Os diversos países são representados por delegados das várias sociedades nacionais. O GQJ tem como parte da sua missão assegurar a representação portuguesa.

Join GQJ – O GQJ tem um ano e meio de existência. Durante este tempo viveu da disponibilidade e perseverança de alguns jovens químicos que tentaram criar um espaço dentro da SPQ que dinamizasse e desse mais visibilidade aos jovens químicos. No entanto, para continuar a crescer e a desenvolver actividades, este Grupo

precisa que mais jovens pertençam formalmente ao Grupo. O aumento do número de sócios (< 35 anos) pertencentes ao GQJ levará a um enriquecimento da discussão sobre as actividades do Grupo e sobre a sua continui-

dade no futuro. Para oficializares a tua adesão ao GQJ envia um fax (+351 217952349) ou email (sede@spq.pt) indicando o teu nome, nº de sócio da SPQ e a intenção de pertenceres ao GQJ.

Contamos com a tua visita e participação!

Grupo de Químicos Jovens
Carlos Baleizão, Frederico Ferreira,
Pedro Gois

PRÉMIO QUÍMICOS JOVENS 2010 / PORTUGUESE YOUNG CHEMISTS AWARD 2010



O Grupo de Químicos Jovens tem o prazer de anunciar a primeira edição do *Prémio Químicos Jovens / Portuguese Young Chemists Award*.

Este prémio visa promover a excelência da Química desenvolvida por Jovens Investigadores, com especial enfoque na divulgação e impacto desta disciplina na Sociedade. Com esta iniciativa, o Grupo de Químicos Jovens (GQJ) pretende dinamizar e consciencializar os jovens químicos para a importância de divulgar ciência, com enfoque na Química.

O prémio destina-se a recém-doutorados em Química e áreas afins que cumpram cumulativamente as seguintes condições:

- ✗ Tenham nacionalidade Portuguesa ou, caso tenham outra nacionalidade, tenham obtido o grau de doutoramento numa Universidade Portuguesa.
- ✗ Tenham menos de 35 anos a 31 de Dezembro de 2009.
- ✗ Tenham obtido o grau de doutor entre 1 de Janeiro de 2008 e 31 de Dezembro de 2009.
- ✗ Sejam sócio da SPQ com quotas regularizadas.

O júri será constituído pelo Professor Jorge Morgado do Instituto Superior Técnico e Editor do Boletim da Sociedade Portuguesa de Química (SPQ), pelo Professor Eurico Cabrita da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa e pela Doutora Mónica Bettencourt Dias do Instituto Gulbenkian de Ciência.

A avaliação terá como base a qualidade de um artigo de divulgação científica elaborado pelo candidato a partir do trabalho desenvolvido no seu doutoramento, tendo em conta o impacto do trabalho exposto e a capacidade de comunicação com a sociedade.

O prémio será entregue no “2nd Portuguese Young Chemists Meeting” (2PYCheM), que se realizará em Abril de 2010 em Aveiro.

O candidato vencedor, para além de ver o seu artigo publicado no Boletim da SPQ, receberá a oferta de um ano de quotas da SPQ. O candidato distinguido terá ainda a possibilidade de apresentar uma comunicação oral (Comunicação Oral convidada) no

decorrer do 2PYCheM, sob a mesma temática do seu artigo vencedor. O júri poderá atribuir Menções Honrosas, premiando outras candidaturas que se tenham destacado, e que se traduzirão na publicação dos respectivos artigos no Boletim da SPQ.

Os jovens químicos que tenham a intenção de se candidatar podem obter mais detalhes através do “Regulamento Geral” e do “Regulamento PYCA 2010” disponíveis na página do GQJ em www.spq.pt/gqj

Contamos com a tua participação

Grupo de Químicos Jovens

Carlos Baleizão,
Frederico Ferreira,
Pedro Gois

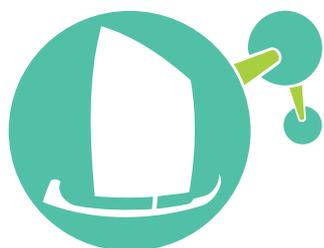
Datas Importantes

Prazo para envio de candidaturas: 1 a 31 de Janeiro de 2010

Divulgação dos resultados aos candidatos: 15 de Março de 2010

Entrega do prémio: 21-23 de Abril de 2010, 2nd Portuguese Young Chemists Meeting

Esteja sempre actualizado e saiba o que se passa no mundo da Química com o nosso Boletim trimestral. Vá a www.spq.pt e torne-se sócio.



2PYChem

2nd Portuguese Young Chemists Meeting

Universidade de Aveiro
21 - 23 April 2010

2pychem@spq.pt



2ND PORTUGUESE YOUNG CHEMISTS MEETING (PYCHEM)



O Grupo de Químicos Jovens (GQJ) da Sociedade Portuguesa de Química (SPQ), com o apoio do Departamento de Química da Universidade de Aveiro, está a promover a realização do *2nd Portuguese Young Chemists Meeting* (2PYChem) a decorrer nos dias 21, 22 e 23 de Abril de 2010, na Universidade de Aveiro.

O 2PYChem tem como principais objectivos:

- ✦ fomentar a interacção científica na comunidade de jovens químicos nacionais – promovendo redes de contactos para o desenvolvimento científico de qualidade em Portugal;
- ✦ apresentar uma interface entre jovens químicos portugueses e parceiros internacionais.

À semelhança do 1PYChem (Outubro de 2008, Lisboa) este Encontro pretende contribuir para a formação de jovens químicos, com particular ênfase nas suas capacidades de comunicação (sob a forma de comunicações orais ou posters) e trabalho em rede. Integrado no evento, quatro lições plenárias de cariz tutorial, sobre temas transversais às diversas áreas da Química, serão proferidas por quatro investigadores seniores de reconhecida qualidade científica: **Kurt Wüthrich**, Professor Catedrático do *ETH Zürich* e *Scripps Research Institute USA* (Nobel da Química em 2002); **Carlos Pascoal Neto**, Professor Catedrático da Universidade de Aveiro; **José Moura**, Professor Catedrático da Universidade Nova de Lisboa e **Manuela Carrott**, Professora Associada da Universidade de Évora.

Para além da participação activa de diversas empresas da área da Química, a organização conta ainda com

o envolvimento de investigadores nacionais que contribuem com a sua experiência para a qualidade da discussão científica deste Encontro. Esperamos assim que, no seguimento do sucesso alcançado pelo 1PYChem, o 2PYChem seja também um êxito e se estabeleça como um fórum de discussão incontornável no panorama científico nacional.

Assim, contamos com a presença e envolvimento de toda a comunidade química portuguesa neste evento e solicitamos a sua divulgação e promoção activa nas vossas instituições e junto de colaboradores e colegas. Toda a informação relativa a este Encontro estará brevemente disponível a partir da página *web* da SPQ. Contacto: 2pychem@spq.pt

Contamos com a vossa presença.

Pela comissão organizadora,
Sérgio Santos, Mariana Sardo

DVD “LUGAR AO SAL”



A Sociedade Portuguesa de Química é aquilo que os seus sócios fazem por ela. E quando se diz que a SPQ “fez” qualquer coisa, na verdade estamos a dizer que um sócio ou um grupo de sócios dedicaram o seu tempo a construir algo em nome da Sociedade (um exemplo óbvio é mesmo este boletim, que a SPQ “publica”!).

Vem isto a propósito do DVD “Lugar ao Sal” que é distribuído nesta edição do boletim. Uma obra que prestigia a

SPQ, mas que deve a sua existência ao trabalho e dedicação de uma grande equipa, liderada pelo entusiasmo da nossa colega Maria Clara Magalhães (actualmente presidente da Delegação Regional de Aveiro e colaboradora activa da IUPAC), que partilhou a coordenação da obra com Paulo Trincão, então director da Fábrica Ciência Viva de Aveiro, e Cristina Sampaio, ilustradora. A ficha técnica mostra bem a dimensão da equipa, desde os coordenadores ao programador, passando pelos colegas que conceberam, adaptaram e testaram as experiências, os que escreveram os textos, partilharam fotografias, elaboraram o glossário, etc...

A contribuição da SPQ resulta simplesmente de eu ter decidido de imediato apoiar o projecto quando este – já numa fase adiantada – me foi apresentado. Como contributo adicional, foi-me dado ainda o privilégio de escrever algumas palavras para a apre-

sentação, abaixo reproduzidas. Os sócios têm agora a oportunidade de avaliar a justeza do meu entusiasmo.

“A ciência é a luz da razão.

O conhecimento científico é a chave para a compreensão do mundo que nos rodeia e do nosso papel no universo. É a única arma contra o obscurantismo, as superstições, e o medo. É também indispensável para o exercício da cidadania, para a construção de uma sociedade justa e democrática.

Por todos estas razões, a Sociedade Portuguesa de Química (SPQ) não poderia deixar de se associar a este trabalho, que parte de um composto químico tão comum como o sal – “cloreto de sódio” ou “sal das cozinhas” – para ajudar os mais novos a dar os primeiros passos no fascinante mundo da Ciência e do conhecimento científico.

Paulo Ribeiro Claro
Secretário-Geral da SPQ

LUGAR AO SAL

Ficha Técnica

O livro interactivo apresentado neste CD contou com a colaboração directa de muitas pessoas e o apoio de outras que nos deram informações e sugestões.

A coordenação

Esteve a cargo de Maria Clara Magalhães no que concerne aos textos escritos, de Cristina Sampaio no que respeita à imagem e multimédia e de Paulo Trincão que tornou possível esta obra ao pôr as duas equipas em conjunto.

O título

Das sugestões de título apresentadas por alguns dos intervenientes foram as propostas feitas por Dulce Gil e Margarida Ribeiro que deram nome a esta obra.

A apresentação

O texto de apresentação foi redigido a três mãos por Maria Clara Magalhães, Paulo Trincão e Paulo Ribeiro Claro.

As actividades experimentais

Na concepção, elaboração e experimentação das várias actividades participaram:

- Maria Clara Magalhães
- Dina Raposeiro
- Maria Vitor Lavoura dos Santos
- Cristina Bernardes
- Guida Bastos
- Maria do Rosário Correia
- Betina da Silva Lopes
- João Miguel Dias
- José Alberto Costa.

As regras de segurança

Foram redigidas por Maria Clara Magalhães.

À volta do sal

Os diversos textos tiveram como autores:

A safra do sal

Margarida Ribeiro

Museu da Cidade, Câmara Municipal de Aveiro

Ria de Aveiro – A Laguna

Cristina Bernardes* e João Miguel

Dias**

* Departamento de Geociências e

** Departamento de Física, Universidade de Aveiro

Ó mar salgado ...

Ana Cavaleiro

Departamento de Química, Universidade de Aveiro

Biodiversidade nas marinhas da Ria de Aveiro

Manuel A. Coimbra e Maria Clara Magalhães

Departamento de Química, Universidade de Aveiro

Marés

João Miguel Dias

Departamento de Física, Universidade de Aveiro

Radiação solar

Maria do Rosário Correia

Departamento de Física, Universidade de Aveiro

O Sol, o vento e a Terra. Ar em movimento – o vento

Maria do Rosário Correia

Departamento de Física, Universidade de Aveiro

O aroma do sal

Sílvia M. Rocha e Manuel A. Coimbra

Departamento de Química, Universidade de Aveiro

O sal que consumimos

Ana Margarida Silva*, Filomena Martins* e Manuel A. Coimbra**

* Departamento de Ambiente e Ordenamento e

** Departamento de Química, Universidade de Aveiro

Sal artesanal - novos produtos, novos usos

Ana Margarida Silva*, Filomena Martins* e Manuel A. Coimbra**

* Departamento de Ambiente e Ordenamento e

** Departamento de Química, Universidade de Aveiro

O glossário

Foi criado com a contribuição de todos os que participaram na elabora-

ção das actividades experimentais e dos textos.

As fotografias

Os fotografias que ilustram este livro interactivo foram feitas por:

- Fundação João Jacinto de Magalhães
- Maria Manuela Abreu
- Maria Clara Magalhães
- José Alberto Costa
- Maria Vitor Lavoura dos Santos
- Cristina Bernardes
- João Miguel Dias
- Ana Margarida Silva
- Renato Neves.

Merecem menção especial, no texto 9 – “O sal que consumimos” – as fotografias das Figuras 2 e 3 – Cristalizador com flor de sal e Flor de sal que pertencem a © **Ideias Frescas**; Figura 4 – Produção Industrial em Castro Marim que foi cedida por **RNSCMRSA** e é da autoria de Carlos Alonso; Figura 6 – Mina de Campina de Cima, Loulé que foi cedida por **CUF Químicos Industriais S.A.** (Departamento Mineiro, R. Quinta de Betunes, 27 r/c, 8100-616 Loulé); e Figura 7 – Mina Carriço, Matos do Carriço, Pombal que foi cedida por **RENOESTE S.A.**

As infografias

As infografias foram elaboradas por Célia Rodrigues com base nas imagens fornecidas pelos autores dos textos apresentados em “À volta do sal”. Contudo no Texto 4 – “Biodiversidade nas marinhas da Ria de Aveiro” – as imagens das aves foram retiradas do livro “Atlas das aves nidificantes do *Campus* da Universidade de Aveiro”, de Milena Matos e António Luís, Edições Afrontamento e Departamento de Biologia da Universidade de Aveiro, 2007.

Direcção de arte, ilustração e animação

Cristina Sampaio

Design e programação

Nuno Loureiro

Som e música

Nuno Barreiro

Filipe Malta

PRÉMIOS NOBEL 2009

São já conhecidos os laureados com os prêmios Nobel 2009.

O prêmio Nobel da Literatura foi atribuído a Herta Müller, uma escritora alemã de origem romena; o da Economia foi atribuído aos Profs. norte-americanos Elinor Ostrom e Oliver Williamson; e o da Paz, aquele que mais reacções provocou, ao recém-eleito presidente norte-americano Barack Obama.

O prêmio Nobel da Física foi atribuído a Charles Kao, Willard Boyle e George Smith, por trabalhos relacionados com a propagação de luz e a aquisição de imagem. Mais concretamente, foi reconhecido o trabalho de Kao no desenvolvimento das fibras ópticas para comunicações e o de Boyle e Smith na descoberta do sensor digital de imagem conhecido como CCD, dispositivo de carga acoplada (*charge-coupled device*).

As fibras ópticas, embora possam também ser usadas para propagar luz visível (por exemplo na iluminação em navios), têm o seu maior potencial nas comunicações ópticas. Dada a maior velocidade de propagação da luz (em relação à propagação de carga eléctrica num metal), as fibras ópticas de sílica são usadas para transmissão a longa distância, permitindo, simultaneamente, o transporte de elevada quantidade de informação. Mais recentemente estão a ser desenvolvidas fibras ópticas de plástico. A manipulação do polímero usado como meio de propagação permite obter fibras que, em alguns comprimentos de onda, têm ainda menor perda do que as de sílica. As mais comuns são feitas de polimetacrilato de metilo, mas as que exibem menores perdas são baseadas em polímeros fluorados (sem hidrogénio).

O comprimento de onda mais usado para propagação nas fibras de sílica situa-se no infravermelho (cerca de 1550 nm), dado que a este comprimento de onda as perdas são muito baixas. A descoberta do laser no início dos anos 1960 foi o primeiro passo para a conversão das fibras num meio

de propagação viável, dado que constituem uma fonte estável e intensa de luz, podendo ser modulada com a informação a transportar.

A descoberta da amplificação óptica, com a utilização de érbio, permitiu tornar ilimitada a distância de propagação, desde que haja uma adequada distribuição destes amplificadores ao longo do percurso.

Para se atingir o estado actual, com uma elevada difusão na utilização de fibras ópticas, Kao teve um papel determinante ao identificar as enormes perdas das fibras de vidro iniciais como sendo devidas a impurezas, propondo que se usasse sílica ou quartzo fundido (o vidro é obtido a partir de sílica com aditivos que facilitam o seu processamento).

Actualmente as fibras de sílica permitem que permaneça 95% da luz no seu interior após propagação ao longo de um quilómetro.

Willard Boyle e George Smith, então nos *Bell Labs* (EUA), inventaram o sensor de imagem ou CCD que permite captar imagens, através da conversão de fotões em electrões, em fotocélulas (utilizando o efeito fotoeléctrico que valeu o prêmio Nobel a Einstein).

A quantidade de carga gerada em cada fotocélula (que se associa a um pixel da imagem) é depois lida por aplicação de uma tensão. Uma câmara de CCD com 1280x1024 pixéis tem uma capacidade de 1,3 milhões de pixéis (o produto dos dois valores). Como a imagem do CCD é a preto e branco, para se obter uma imagem a cores usam-se filtros: vermelho, verde e azul, sendo o número de pixéis verdes o dobro dos azuis ou vermelhos para atender à sensibilidade da vista humana. A primeira demonstração foi feita em 1970, e em 1975 Boyle e Smith construíram uma câmara de vídeo digital com resolução suficiente para utilização em televisão.

Actualmente esta tecnologia encontra-se difundida em equipamentos pes-

soais e de laboratório, em astronomia, medicina e muitas outras áreas de actividade.

O prêmio Nobel da Medicina ou Fisiologia foi atribuído a Elizabeth Blackburn (de origem australiana) e a Carol Greider e Jack Szostak, ambos norte-americanos, pela resolução de um dos maiores desafios na biologia: como se processa a cópia completa dos cromossomas durante a divisão celular e como são protegidos em relação à sua degradação.

Estes cientistas mostraram que a solução reside no final dos cromossomas – os telómeros – e numa enzima que os forma, a telomerase. As moléculas de ADN que transportam os nossos genes encontram-se arrumadas em cromossomas, sendo os seus extremos protegidos pelos telómeros. Elizabeth Blackburn e Jack Szostak descobriram que há uma sequência de ADN nos telómeros que os protege da degradação.

Carol Greider e Elizabeth Blackburn identificaram a telomerase como a enzima que faz o ADN dos telómeros. Além do esclarecimento destes processos, as descobertas agora reconhecidas permitiram o desenvolvimento de novas estratégias terapêuticas.

PRÊMIO NOBEL DA QUÍMICA 2009

O prêmio Nobel da Química foi este ano atribuído a três cientistas que trabalham numa área de interface entre a química e a biologia.

Os laureados são Ada Yonath, do *Weizmann Institute of Science* em Israel, Thomas Steitz, um norte-americano da *Yale University*, e Venkatesh Ramakrishnan, um cientista de origem indiana que trabalha no *MRC Laboratory of Molecular Biology* em Cambridge (no Reino Unido).

A atribuição do prêmio foi justificada pelo trabalho sobre os estudos na determinação da estrutura dos ribossomas, usando difracção de raios-X. Este trabalho completa uma trilogia

em que se estabelece a base atômica para a vida!

A publicação de *A Origem das Espécies* por Charles Darwin em 1859 assume que as propriedades de um organismo são hereditárias e que, de vez, em quando, podem ocorrer alterações. Tal veio despertar a atenção para a natureza e o modo como se efectua essa transmissão de propriedades nos organismos vivos.

O primeiro trabalho que estabelece essa base atômica foi a determinação da estrutura do ADN por James Watson, Francis Crick e Maurice Wilkins, galardoados com o prémio Nobel em 1962. O segundo prémio da trilogia foi atribuído a Roger Kornberg em 2006 pelas estruturas de raios-X que explicam como a informação contida no ADN é copiada para a molécula de ARN mensageiro.

O prémio de 2009 é atribuído pelo esclarecimento do modo como a informação genética se converte em acção.

Sabia-se já desde os anos de 1960 que a informação genética codificada no ADN é copiada para o ARN mensageiro que, formado no núcleo da célula, se move para o seu exterior, o citoplasma, onde é captado pelo ribossoma que usa essa informação para produzir proteínas.

Após um trabalho iniciado nos finais de 1970 por Ada Yonath sobre a utilização de difracção de raios-X para determinar a estrutura do ribossoma (que existe em todos os organismos vivos), só no final do anos de 1990 e princípios deste século, foi possível determinar estruturas cristalinas que mostram as posições atômicas de subunidades no ribossoma.

Este trabalho, que contou com a contribuição determinante dos três laureados, permitiu assim perceber como a informação codificada com as quatro bases do ADN se transforma em vida!

Estes três cientistas mostraram também como diferentes antibióticos se ligam ao ribossoma e de que forma bloqueiam o processo de conversão da informação em proteínas.

Os resultados deste trabalho podem assim ser usados na pesquisa de novos antibióticos. E esta consequência é talvez mais importante do que o esclarecimento, em si, da estrutura do ribossoma.

(Adaptado dos *Press Release*, em www.nobelprize.org)

JM

8ª CONFERÊNCIA DE QUÍMICA INORGÂNICA DA SPQ



Realizou-se, nos passados dias 16 e 17 de Outubro na Curia, a 8ª Conferência de Química Inorgânica. Dando continuidade aos encontros bianuais desta Divisão da SPQ, e recuperando os designados “no meio” como “Bairrada Meetings”, a conferência deste ano reuniu cerca de 170 participantes, num local agradável e com um óptimo tempo de verão ainda persistente.

A Comissão Organizadora, coordenada pelo Presidente da Divisão de Química Inorgânica, o Prof. Tito Trindade da Universidade de Aveiro, reuniu um

conjunto de 6 conferencistas convidados que abordaram vários temas desta área e que ilustram a sua transversalidade:

- Bruno Chaudret (Prémio Sir Geoffrey Wilkinson 2009), do CNRS de Toulouse (França), que abriu a Conferência com a palestra “Synthesis, shape control and organization of magnetic nanoparticles” em que abordou a aplicação de compostos organometálicos na síntese de nanomateriais magnéticos;

- João Rocha, da Universidade de Aveiro, que centrou a sua apresentação nos materiais híbridos funcionais (“Multi-functional inorganic-organic hybrid materials”);

- Joaquim Faria da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto que desenvolveu o tema da fotocatalise com base no dióxido de titânio e seus compósitos com nanotubos de carbono, com especial enfoque nas aplicações para purificação de água e do ar (“New materials for photocatalytic applications”);

- Joaquim Marçalo, do Instituto Tecnológico e Nuclear (Sacavém) que abordou a química de elementos do bloco *f* (“Inorganic Chemistry without solvent

or lattice: gas-phase studies of the *f*-block elements”);

- Olga Iranzo, do ITQB, que apresentou uma palestra sobre o *design* de peptídeos funcionais capazes de coordenar catiões metálicos e de promover a formação de estruturas ordenadas em solução (“Designed peptides: highly versatile ligands for metal coordination”), podendo ser usados como sensores, e,

- Tamás Kiss, da Universidade de Szeged, Hungria, cuja apresentação, “Metal ion chelators in the therapy for Alzheimer’s disease”, abordou a síntese de moléculas capazes de actuarem como agentes quelantes em relação a catiões metálicos (Cu(II) e Zn(II)), que parecem desempenhar um papel importante na doença de Alzheimer, dado que promovem a formação de precipitados de amilóide.

Foram ainda apresentadas 18 comunicações orais seleccionadas que abordaram a síntese de compostos inorgânicos de natureza diversa, sua caracterização estrutural, óptica e magnética, e aplicações. As 133 comunicações em poster foram distribuídas por duas sessões, uma em

cada dia, promovendo animadas discussões, muitas delas apresentadas por estudantes o que permite antever uma sustentada passagem de testemunho nesta área. É de referir a significativa assistência que em média esteve presente durante a apresentação das comunicações, contribuindo para

interessantes e por vezes animadas discussões.

No final da conferência teve lugar a reunião da Divisão de Química Inorgânica que elegeu o novo presidente, a Prof^a Ana Margarida Martins, do Instituto Superior Técnico, que assumiu,

assim, a responsabilidade de organizar o próximo encontro.

Nesta reunião foi ainda aprovado o regulamento do prémio Alberto Romão Dias.

ACTUALIDADES CIENTÍFICAS

VISUALIZAÇÃO DE ÁTOMOS E LIGAÇÕES DE MOLÉCULAS

Através da funcionalização da ponta de um microscópio de força atómica, o investigador Leo Gross e seus colaboradores da *IBM Research*, em Rüschlikon, Suíça, conseguiram aumentar significativamente a resolução da microscopia de força atómica (AFM), tornando possível visualizar a estrutura completa da molécula pentaceno (*Science* **325** (2009) 1110).

Embora tenha sido possível anteriormente por AFM visualizar átomos individuais em nanotubos e em células unitárias de cristais em superfícies, esta é a primeira vez que as posições de todos os átomos e ligações de uma molécula, incluindo os hidrogénios, foram visualizadas com precisão

de escala atómica. A equipa da IBM ultrapassou a barreira da resolução atómica testando uma variedade de átomos e moléculas como terminação da ponta AFM, tendo conseguido os melhores resultados ao incorporar monóxido de carbono.

As distâncias entre os átomos de pentaceno são de apenas 1,4 Å, e as novas imagens conseguidas são, segundo Gross, “o estado-da-arte em termos de resolução lateral”. Nas imagens, é possível deduzir as posições dos átomos de hidrogénio, que são demasiado pequenos para ter sido possível a sua visualização anterior.

O estudo “é um avanço significativo no campo da microscopia e na caracterização de moléculas em superfícies”, diz Óscar Custance do *National Insti-*

tute for Materials Science, em Tsukuba, Japão. O físico Alexander Shluger da *University College London* salienta que o estudo “é um passo muito importante e terá fortes implicações no nosso conhecimento sobre adsorção de moléculas em superfícies”.

“Esperamos conseguir visualizar muitas moléculas com resolução atómica”, diz Gross. Entre questões pendentes estão as seguintes:

“Será possível diferenciar entre carbono, enxofre, azoto e outros átomos? Será possível determinar o número de electrões que existem em cada ligação?”.

(adaptado de *Chemical & Engineering News* **87** (35) (2009) 6)

Helder Gomes

NANOCRISTAIS AO QUILO!

De acordo com investigadores da Coreia do Sul, é possível sintetizar nanocristais com um tamanho uniforme por um procedimento simples e em grande quantidade (na escala do quilograma).

A existência de um método de baixo custo para produzir grandes quantidades de nanocristais monodispersos (de tamanho único) pode acelerar o desenvolvimento de aplicações de nanotecnologia.

Existem vários métodos para a preparação de nanocristais monodispersos, mas, tipicamente, esses métodos apenas permitem produzir algumas

gramas de produto e necessitam de passos de selecção de tamanhos.

Taeghwan Hyeon, um professor de Engenharia Química da Universidade Nacional de Seul, comunicou que o seu grupo de investigação, em colaboração com Wan-Jae Myeong e colaboradores da empresa *Hanwha Chemical*, também de Seul, desenvolveu um processo que permite sintetizar cristais de magnetite (Fe_3O_4) com um diâmetro uniforme de 11 nm em quantidade por lote na escala do quilograma.

O método, que tem uma duração inferior a sete horas para obter o produto final e que não exige passos de selecção de tamanhos, envolve a reac-

ção de um surfactante com cloreto de ferro hidratado, um reagente barato, seguida de um aquecimento lento do complexo formado num solvente com ponto de ebulição elevado.

O aumento de escala na síntese deste tipo de nanocristais poderá ser particularmente útil em aplicações de armazenamento de dados, imagiologia médica e sistemas de libertação de fármacos por processos magnéticos.

(adaptado de *Chemical & Engineering News* **87** (34) (2009) 33)

Helder Gomes

QUÍMICA EM ÁREA DE PROJECTO

A Área de Projecto do 12º ano proporciona experiências pedagógicas inovadoras em que se combinam a aplicação de conhecimentos adquiridos em várias áreas do saber, o desenvolvimento de competências de relação no interior dos grupos de trabalho, a criatividade dos alunos, etc.

O trabalho produzido em relação directa com a realidade social proporciona uma vivência e o desenvolvimento de competências essenciais para a vida académica e profissional dos alunos.

A experiência de projectos que desenvolvi com a minha turma de Ciências e Tecnologias na Escola Salesiana Colégio dos Órfãos do Porto confirma os objectivos definidos para esta área disciplinar não curricular.

O PROJECTO

Um grupo de alunos, constituído por Ana Catarina Moniz, Inês Neves e José Samões, propôs-se desenvolver um projecto enquadrado na área da saúde, de acordo com as suas aspirações profissionais futuras.

Contactaram entre outras instituições do ensino superior, a Faculdade de Farmácia da Universidade do Porto (FFUP), nas pessoas da Professora Doutora Paula Andrade e Patrícia Valentão que os orientaram no sentido de realizarem um trabalho baseado num estudo recente realizado pela FFUP em parceria com o Departamento de Ciências da UP, o Instituto de Biologia Molecular e Celular (IBMC) e ainda algumas instituições espanholas – Compostos Fenólicos e Potencial Antioxidante da CATHARANTHUS ROSEUS, vulgarmente denominada VINCA.

Logo à partida estavam conscientes que teriam de se empenhar no projecto devido não só, à ausência de conhecimentos científicos nunca leccionados durante o seu percurso escolar, nomeadamente na área da Química Orgânica, assim como um factor determinante que é o tempo, pois o projecto teve de ser concluído até ao final do ano lectivo.

Este tipo de trabalho não pode ser concretizado apenas no espaço de sala de aula. Assim, efectuaram pes-

quisa bibliográfica em bibliotecas, visitaram lojas de produtos naturais... e deslocaram-se com alguma frequência aos laboratórios da FFUP onde realizaram os trabalhos de investigação prática.

Atendendo à necessidade de um produto final, o grupo propôs um nome para o seu fármaco – Antioxiplus – e, com a colaboração dos colegas do 12º ano do curso Tecnológico de Produção Gráfica sob a orientação da professora Diana Gonçalves, criou uma embalagem original.

Foi ainda possível com este projecto concorrer ao Concurso Jovens Cientistas e Investigadores, obtendo um terceiro lugar, o que lhes permitiu passar uma semana nos Alpes Suíços onde desenvolveram e apresentaram em público um trabalho de investigação sobre o comportamento das marmotas.

Maria de Lourdes Leitão

Professora na Escola Salesiana
Colégio dos Órfãos do Porto

COMPOSTOS FENÓLICOS E POTENCIAL ANTIOXIDANTE DE *CATHARANTHUS ROSEUS*

ANA MONIZ, INÊS NEVES, JOSÉ SAMÕES

PROFESSORA COORDENADORA: MARIA DE LOURDES LEITÃO

Escola Salesiana Colégio dos Órfãos do Porto

INTRODUÇÃO

A espécie *Catharanthus roseus*, conhecida como Vinca rosea e de nome comum *Pervinca de Madagáscar*, é uma planta tropical perene que pertence à família Apocynaceae. É, actualmente, uma das plantas mais estudadas do mundo.

É muito usada em terapias medicinais pelo facto de possuir metabolitos secundários potentes como terpenos, esteróides, compostos fenólicos, antocianinas e mais de 130 alcalóides indólicos monoterpénoides (TIA's). A infusão de folhas de *C. roseus* é actual-

mente usada no tratamento da febre e de várias doenças como diabetes, reumatismo e hemorragias. Nesta planta, foram também descobertos os primeiros compostos anticancerígenos de origem natural com utilização clínica. Para além de todos estes usos, *C. roseus* é uma boa fonte de antioxidantes.

Um grupo importante de antioxidantes naturais é o dos compostos fenólicos. Estes compostos encontram-se amplamente distribuídos nas plantas, principalmente na forma de compostos solúveis ou como componentes da parede celular. Os fenóis são com-

postos químicos caracterizados pela presença, no mínimo, de um anel aromático de benzeno, com pelo menos um grupo hidroxilo.

Os objectivos deste trabalho são o estudo da constituição química e da actividade antioxidante de extractos aquosos liofilizados de folhas e pétalas de *Catharanthus roseus*, determinando o perfil fenólico por cromatografia líquida de alta definição com detector por série de díodos (High Performance Liquid Chromatography with Diode Array Detection, HPLC-DAD) e a actividade sequestrante para o radical 2,2-difenil-1-picril-hidrazilo (DPPH[•]). Pos-

teriormente estabelecer-se-ão possíveis correlações entre a actividade antioxidante e a composição química estudada.

MATERIAIS/MÉTODOS

PADRÕES E REAGENTES

O ácido acético, acetonitrilo, metanol e ácido sulfúrico foram obtidos da Merck (Darmstadt, Alemanha). O ácido 5-O-cafeoilquínico, a quercetina 3-O-glucósido, o campferol 3-O-glucósido e a isoramnetina 3-O-glucósido foram adquiridos à Extrasynthèse (França) e o DPPH (radical 2,2-difenil-1-picril-hidrazilo) à Sigma (St. Louis, Estados Unidos da América). A água foi tratada com o sistema de purificação Milli-Q (Millipore, Bedford, MA, Estados Unidos da América). As placas de 96 poços, usadas para a avaliação da actividade antioxidante, foram fornecidas pela APTACA (Itália).

AMOSTRAGEM

As sementes de *Catharanthus roseus* (Little Bright Eye) foram adquiridas à AustraHort (Austrália). A planta foi desenvolvida em estufa a 25°C, com um fotoperíodo de 16 horas de luz branca fluorescente (densidade de fluxo de fótons 70 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$), no Departamento de Botânica da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto. Após a colheita das pétalas e das folhas, estas foram congeladas e posteriormente liofilizadas no liofilizador Labconco FreeZone 4.5.

PREPARAÇÃO DO EXTRACTO

As pétalas e as folhas de *C. roseus* foram liofilizadas e pulverizadas em almofariz. Sujeitou-se cerca de 1,3 g de amostra liofilizada pulverizada de amostra a aquecimento à ebulição, em 300 mL de água, durante 20 minutos. O extracto resultante foi filtrado a pressão negativa, sendo de seguida liofilizado, recorrendo ao liofilizador Labconco FreeZone 4.5. De seguida dissolveram-se cerca de 100mg do extracto liofilizado em 1mL de água.

ANÁLISE QUALITATIVA DOS COMPOSTOS FENÓLICOS POR HPLC-DAD

Analísaram-se 20 μL de extracto redissolvido em água ultra pura utilizando

um HPLC (Gilson) equipado com duas bombas 321, injector Rheodyne (modelo 7125), ligado a um detector de díodos (Gilson), utilizando uma coluna Spherisorb ODS2 (250 mm x 4,6 mm, tamanho de partícula de 5 μm). Os solventes usados foram o acetonitrilo (A) e ácido acético (B). A eluição foi realizada com um fluxo de 1mL/min e o gradiente foi o seguinte: 88% B aos 0 min, 80% B aos 30 min, 50% B aos 40 min, 20% B aos 45 min, 0% B aos 50 min, 0% B aos 52 min. A detecção foi realizada a 350 nm (flavonóides) e a 320 nm (ácidos fenólicos).

AValiação da Actividade Antioxidante

O DPPH (2,2 – difenil – 1 – picril – hidrazilo) é um radical livre estável (estabilizado por ressonância), capaz de aceitar um electrão ou um átomo de hidrogénio tornando-se num não radical dificilmente oxidável (Figura 1). O DPPH radical (forma oxidada) tem cor roxa forte e o DPPH não radical (forma reduzida) é amarelo. A actividade antioxidante é avaliada pela capacidade de imobilização do radical (espécie oxidante).

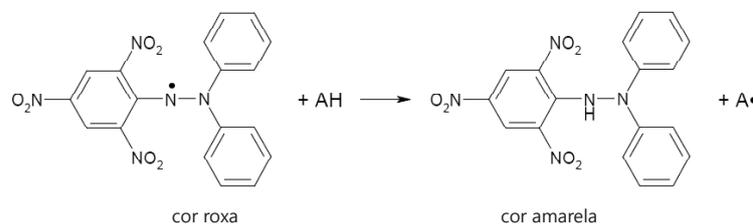


Figura 1 Esquema representativo da reacção que ocorre entre o DPPH \cdot e uma espécie dadora de hidrogénio (AH), formado-se a molécula DPPH-H

As amostras e o controlo são colocados, em triplicado, em placas de 96 poços para leitura no leitor de placas. Em cada poço adiciona-se um volume de 225 μL , que corresponde a:

1° - 25 μL de solução de amostra, dissolvida em água

2° - 200 μL de solução de DPPH, dissolvido em metanol

A actividade sequestrante do extracto aquoso liofilizado foi determinada espectrofotometricamente, num leitor de placas Multiskan Ascent (Thermo-Electron Corporation). A leitura da absorvância foi realizada a 515 nm, dado que a imobilização (captura) do

radical por uma espécie antioxidante, formando a molécula estável DPPH-H, se traduz numa redução da absorvância a este comprimento de onda.

Foi traçada uma curva representativa da “% de Intercepção” do DPPH \cdot em função da concentração do extracto. Esta percentagem de intercepção é calculada como a redução da absorvância das soluções a 515 nm, correspondendo IC_{50} a uma percentagem de intercepção (ou de captura) de 50%.

RESULTADOS

A análise por HPLC-DAD das folhas de *C. roseus* revelou um perfil constituído por 2 ácidos fenólicos, (1) ácido 3-O-cafeoilquínico e (2) ácido 4-O-cafeoilquínico, e por 2 flavonóides, (3) quercetina 3-O-(2,6-di-O-ramnosil-galactósido) e (4) campferol 3-O-(2,6-di-O-ramnosil-galactósido).

Comparando as folhas com as pétalas da mesma planta, esta última matriz apresentou, além dos compostos descritos para as folhas, (5) campferol-3-O-(2,6-di-O-ramnosil-galactósido),

(6) campferol-3-O-(6-O-ramnosil-galactósido), (7) campferol-3-O-(6-O-ramnosil-galactósido), (8) isoramnetina-3-O-(6-O-ramnosil-galactósido) e (9) isoramnetina-3-O-(6-O-ramnosil-galactósido).

A identificação dos compostos foi feita pela análise dos cromatogramas (Figuras 2 e 3) e dos espectros de UV (Figura 4) obtidos para cada composto, e mediante comparação dos tempos de retenção na coluna do HPLC-DAD e dados de UV com os de Ferreres et al., 2008.

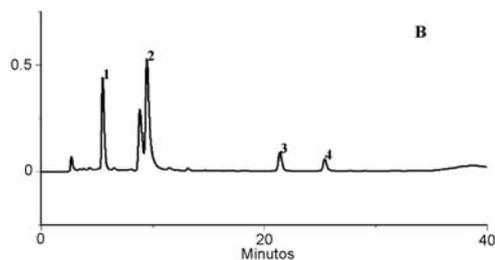
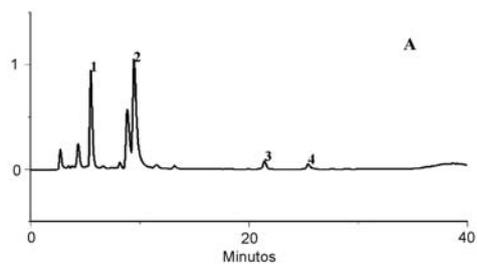


Figura 2 Perfil fenólico do extracto aquoso liofilizado das folhas de *C. roseus*. Comprimento de onda: 320 nm (A); 350 nm (B). Picos: (1) ácido 3-O-cafeoilquinico; (2) ácido 4-O-cafeoilquinico; (3) quercetina 3-O-(2,6-di-O-ramnosil-galactósido); (4) campferol 3-O-(2,6-di-O-ramnosil-galactósido)

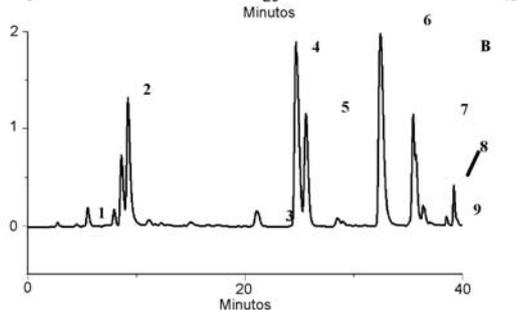
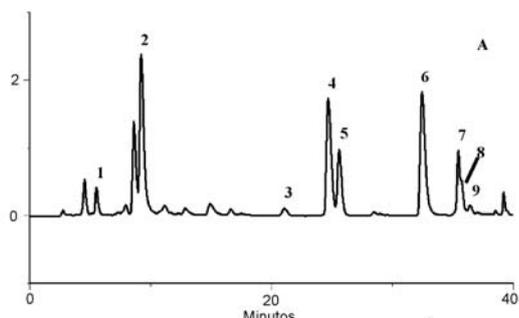


Figura 3 Perfil fenólico do extracto aquoso liofilizado das pétalas de *C. roseus*. Comprimento de onda: 320 nm (A); 350 nm (B). Picos: (1) ácido 3-O-cafeoilquinico; (2) ácido 4-O-cafeoilquinico; (3) quercetina 3-O-(2,6-di-O-ramnosil-galactósido); (4) campferol 3-O-(2,6-di-O-ramnosil-galactósido); (5) campferol-3-O-(2,6-di-O-ramnosil-glucósido); (6) campferol 3-O-(6-O-ramnosil-galactósido); (7) campferol-3-O-(6-O-ramnosil-glucósido); (8) isoramnetina-3-O-(6-O-ramnosil-galactósido); (9) isomanetina-3-O-(6-O-ramnosil-glucósido)

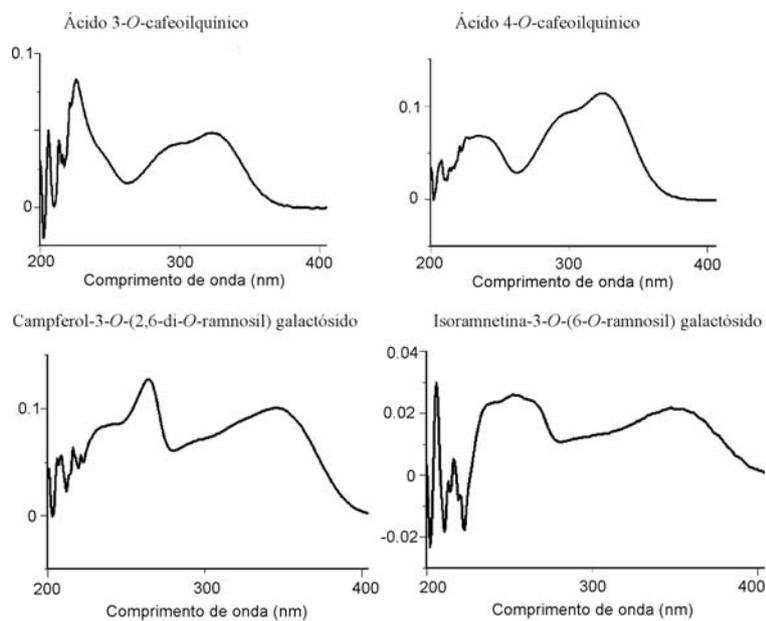


Figura 4 Espectros de absorção UV de alguns compostos fenólicos identificados no extracto aquoso liofilizado de pétalas e folhas de *C. roseus*

ACTIVIDADE ANTIOXIDANTE

Para o ensaio do DPPH, a matriz analisada demonstrou uma actividade dependente da concentração e da matriz em análise.

A maior percentagem de amarelo (associado à captura do radical DPPH oxidante para formar DPPH-H) no ensaio de folhas, sugere maior potencial antioxidante desta matriz, indicando maior força de reacção de inibição de radicais livres.



Figura 5 Ensaio do radical DPPH: em cima, resultado do ensaio para folhas; em baixo, resultado para pétalas

Sendo o radical DPPH utilizado para rastreio (screening) da actividade antioxidante de compostos ou extractos, o facto de ter sido determinado um valor tão baixo é indicativo do elevado potencial antioxidante desta matriz. O valor mais baixo para folhas, em comparação com pétalas, indica maior actividade antioxidante nas folhas da planta. A cor amarela presente nos poços com a amostra mais concentrada indica a elevada actividade antioxidante (Figura 5).

A Figura 6 mostra a variação da percentagem de DPPH capturado com a

concentração de cada um dos extractos (das folhas e pétalas).

Os extractos aquosos liofilizados das folhas, quando comparados com os das pétalas, revelaram-se ligeiramente mais potentes, tendo sido encontrado um IC_{50} igual a 461,4 $\mu\text{g/mL}$ para as pétalas e um IC_{50} igual a 119,8 $\mu\text{g/mL}$ para as folhas (ver Tabela 1).

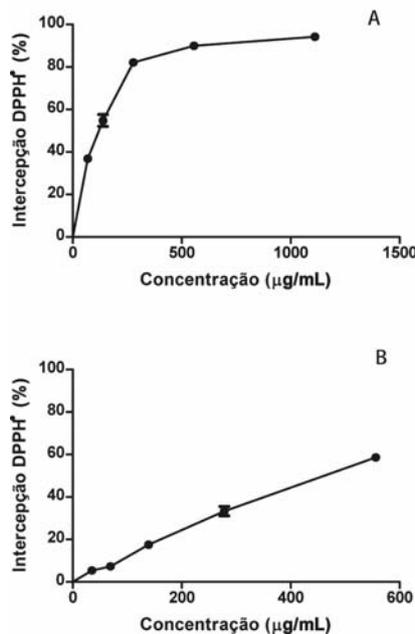


Figura 6 Actividade antioxidante do extracto aquoso liofilizado folhas (A) e pétalas (B) de *C. roseus* contra o radical DPPH

Tabela 1 Comparação dos valores de IC_{50} ($\mu\text{g/mL}$) de actividade antioxidante obtidos para as folhas e as pétalas

	Folhas	Pétalas
DPPH - IC_{50}	119,8	461,4

DISCUSSÃO

A actividade antioxidante observada resulta da acção dos diversos constituintes. A actividade antioxidante dos fenóis depende da presença de grupos hidroxilo ou metoxilo e insaturações que estabilizam os radicais formados por ressonância. O potencial sequestrante e a actividade antioxidante do composto são favorecidos pela presença e por determinadas posições do grupo hidroxilo em relação ao anel aromático (por exemplo, pela presença de dois grupos hidroxilos em posição orto: ácido 4-O-cafeoilquínico).

Apesar de as pétalas apresentarem maior diversidade de compostos fenólicos, o facto de apresentarem menor actividade antioxidante em relação às folhas pode ser explicado pela eventual composição destas. Ou seja, apesar de ter maior número de compostos fenólicos, como estes não são os únicos a conferir actividade antioxidante à planta, as folhas podem conter em maior concentração outros compostos como os ácidos orgânicos e alcalóides. Deste modo as folhas poderão ter maior actividade antioxidante.

Dada a complexidade química da matriz em estudo, não é possível atribuir a actividade antioxidante registada para os vários ensaios a um composto particular. Podemos, no entanto, considerar, pela presença de compostos fenólicos, em particular flavonóides, que estes compostos são, pelo menos em parte, responsáveis pela actividade registada.

REFERÊNCIAS

David Pereira, José Fernandes, Marcos Taveira, "Perfil fotoquímico e actividade antioxidante de folhas de *Catharanthus roseus*", FFUP (Departamento de Farmacognosia), 2008.

Brígida Pinho, Célia Ramalho, Maria Teresa Baltazar, "Pétalas de *Catharanthus roseus*: análise de compostos voláteis, ácidos orgânicos, compostos fenólicos e actividade antioxidante", FFUP (Departamento de Farmacognosia), Dezembro 2008.

Antioxidantes" – "Todo lo que usted necesita saber sobre el envejecimiento y cómo prevenirlo", Soria Natural, *Boletín informativo* N°46.

www.cori.unicamp.br/jornadas/completos/UFRGS/Bruna%20Maria%20Ascoli.doc

www.mdpi.org/sensors/papers/s7102080.pdf

www2.psu.ac.th/PresidentOffice/EduService/Journal/26-2.pdf/07-DPPH.pdf

www.cnpat.embrapa.br/home/down/index.php?pub/Cot_127.pdf

EQUILÍBRIO DE SOLUBILIDADE. UMA DEMONSTRAÇÃO SIMPLES, ADEQUADA AO ENSINO SECUNDÁRIO

MÁRIO VALENTE*, HELENA MOREIRA*

Neste artigo propõe-se a realização de uma actividade experimental que consiste na obtenção de um precipitado de iodeto de chumbo, um sal pouco solúvel, que é convertido em sulfato de chumbo, um sal ainda menos solúvel, por adição de ácido sulfúrico. O precipitado de sulfato de chumbo pode ainda ser reconvertido no iodeto de chumbo por adição de uma solução concentrada de iodeto de potássio. A exploração da experiência sob o ponto de vista teórico é particularmente interessante já que $K_s(\text{PbSO}_4) > K_s(\text{PbI}_2)$ mas $S(\text{PbSO}_4) < S(\text{PbI}_2)$. Este trabalho prático pode ser efectuado com meios rudimentares, em qualquer laboratório escolar.

INTRODUÇÃO

O ensino da química ao nível dos três anos lectivos que constituem o Ensino Secundário tem estado praticamente reduzido a cerca de sete ou oito meses lectivos, contidos na disciplina bianual de Física e Química A.

Esta situação foi agravada pelo facto de a disciplina de Química (12º ano) ter sido despromovida a disciplina de carácter opcional, o que teve como consequência o seu desaparecimento quase completo a nível nacional. A partir deste ano lectivo de 2009/2010 o novo currículo do 12º ano inclui mais uma disciplina de carácter opcional e é de esperar que o ensino da química recupere um pouco do que têm sido anos complicados.

O equilíbrio de solubilidade é um dos conceitos integrantes do programa da disciplina de Física e Química A, nível 2 [1], nos quais os alunos mostram maiores dificuldades. De acordo com a nossa prática lectiva, estas dificuldades são frequentemente diminuídas pela realização, por parte dos alunos, de actividades práticas, em paralelo com a exposição teórica da matéria.

De seguida descreve-se a realização de uma actividade laboratorial simples mas que permite esclarecer/consolidar algumas características importantes do equilíbrio de solubilidade.

PRÁTICA DE LABORATÓRIO

A experiência proposta neste artigo faz uso de soluções aquosas de nitrato de chumbo e de iodeto de potássio, ambas a 1% (m/m), de uma solução aquosa de iodeto de potássio a 20% (m/m) e de uma solução aquosa de ácido sulfúrico a 30% (m/m) – ver Nota.

EXPERIÊNCIA 1:

PRECIPITAÇÃO DO IODETO DE CHUMBO

A cerca de três mililitros de solução de nitrato de chumbo a 1% adiciona-se igual volume de solução de iodeto de potássio a 1%, com o que se verifica a formação de um precipitado amarelo característico do iodeto de chumbo, um sal pouco solúvel em água (Figura 1 A). O processo pode ser traduzido pela seguinte equação:



A precipitação verifica-se por que, após a mistura, a solução resultante contém os iões Pb^{2+} , K^{+} , I^{-} e NO_3^{-} . Ao contrário de outras combinações possíveis ($\text{Pb}^{2+}/\text{NO}_3^{-}$, $\text{K}^{+}/\text{NO}_3^{-}$ e $\text{K}^{+}/\text{I}^{-}$) os iões Pb^{2+} e I^{-} formam entre si um composto pouco solúvel, o iodeto de chumbo PbI_2 .

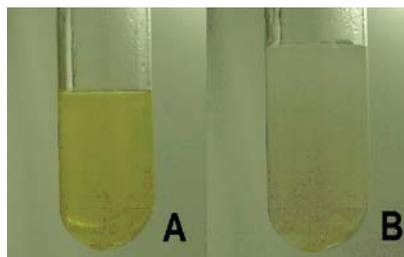


Figura 1 Tubos de ensaio contendo suspensões dos precipitados (A) de iodeto de chumbo e (B) de sulfato de chumbo em água

A expressão da constante de equilíbrio para o processo de solubilização (inverso do acima apresentado) pode ser escrita segundo:

$$K_s(\text{PbI}_2) = [\text{Pb}^{2+}]_e [\text{I}^{-}]_e^2 \quad [\text{exp.1}]$$

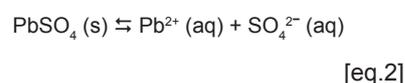
e tem o valor de $7,9 \times 10^{-9}$ a 25°C [2]. Da expressão 1 deduz-se facilmente que a solubilidade do iodeto de chumbo é dada pela expressão:

$$S(\text{PbI}_2) = \sqrt[3]{\frac{K_s(\text{PbI}_2)}{4}} \quad [\text{exp.2}]$$

já que $[\text{Pb}^{2+}]_e = S(\text{PbI}_2)$ e que $[\text{I}^{-}]_e = 2 \times S(\text{PbI}_2)$. Substituindo $K_s(\text{PbI}_2)$ pelo seu valor chega-se a uma solubilidade, $S(\text{PbI}_2)$, de $1,3 \times 10^{-3} \text{ mol/dm}^3$.

Assim, uma suspensão de iodeto de chumbo em água atinge o equilíbrio, a 25°C , originando uma solução com $[\text{Pb}^{2+}] = 1,3 \times 10^{-3} \text{ mol/dm}^3$ e $[\text{I}^{-}] = 2,6 \times 10^{-3} \text{ mol/dm}^3$.

O sulfato de chumbo é um sal muito pouco solúvel. O seu processo de solubilização é descrito por:



* Colégio D. Duarte, Rua Visconde de Setúbal, 86, Porto, 4200-497, Portugal
madmage1@yahoo.com

A expressão da respectiva constante de equilíbrio vem escrita pela expressão:

$$K_s(\text{PbSO}_4) = [\text{Pb}^{2+}]_e [\text{SO}_4^{2-}]_e \quad [\text{exp.3}]$$

e tem o valor de $1,6 \times 10^{-8}$ a 25°C [2], de que resulta uma solubilidade dada pela expressão:

$$S(\text{PbSO}_4) = \sqrt{K_s(\text{PbSO}_4)} \quad [\text{exp.4}]$$

já que $[\text{Pb}^{2+}]_e = S(\text{PbSO}_4)$ e que $[\text{SO}_4^{2-}]_e = S(\text{PbSO}_4)$. Substituindo $K_s(\text{PbSO}_4)$ pelo seu valor chega-se a uma solubilidade, $S(\text{PbSO}_4)$, de $1,3 \times 10^{-4}$ mol/dm³. Importa salientar aos alunos que a solubilidade do sulfato de chumbo é inferior à do iodeto de chumbo apesar dos valores dos correspondentes produtos de solubilidade apresentarem uma ordem inversa, o que lhes permite concluir que, dependendo da estequiometria entre os aniões e os catiões que constituem o sal, nem sempre a ordenação das solubilidades pode ser directamente feita olhando aos valores dos produtos de solubilidade.

EXPERIÊNCIA 2:

CONVERSÃO DO IODETO DE CHUMBO EM SULFATO DE CHUMBO

Decanta-se o líquido sobrenadante resultante da experiência 1 para um frasco de restos de sais de chumbo. Adiciona-se ao precipitado um volume de cerca de seis mililitros de água desionizada e agita-se de modo a suspender o precipitado. Passa-se metade da suspensão resultante para outro tubo de ensaio e adicionam-se-lhe cerca de três mililitros de solução de ácido sulfúrico a 33%. Verifica-se uma alteração na cor do precipitado que passa de amarelo para branco (Figura 1 B), devido à conversão do iodeto de chumbo em sulfato de chumbo:



Nota: Pode ser necessário aquecer a suspensão para acelerar o processo.

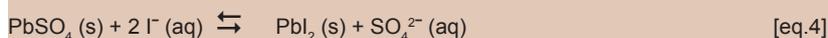
O processo que ocorre na experiência 2 poderia ser explicado meramente com base na solubilidade inferior do sulfato de chumbo relativamente ao iodeto de chumbo. Tomando em consideração o princípio de Le Chatelier é, contudo, possível reverter o precipitado de sulfato de chumbo (branco) em precipitado de iodeto de chumbo (amarelo) por adição de uma solução concentrada de iodeto de potássio – é o que se sugere na experiência 3.

Apesar de o sulfato de chumbo ser, dos dois, o sal menos solúvel, por adição de um grande excesso de anião iodeto favorece-se a formação de iodeto de chumbo e a cor do precipitado volta a ser amarela.

EXPERIÊNCIA 3:

CONVERSÃO DO SULFATO DE CHUMBO EM IODETO DE CHUMBO

Decanta-se o líquido sobrenadante resultante da experiência 2 para um frasco de restos de sais de chumbo. Adiciona-se ao precipitado um volume de cerca de três mililitros de solução de iodeto de potássio a 20% e agita-se de modo a suspender o precipitado. Verifica-se uma alteração na cor do precipitado que passa de branco para amarelo, devido à reconversão do sulfato de chumbo em iodeto de chumbo:



Nota: Pode ser necessário aquecer a suspensão para acelerar o processo.

Pode-se, assim, verificar que a formação de um precipitado não depende exclusivamente da solubilidade de um dado sal mas também das concentrações de espécies que podem interferir com os equilíbrios de solubilidade envolvendo os iões que compõem o referido sal.

CONCLUSÃO

A visualização em primeira mão de fenómenos que a maioria das vezes são apresentados de forma meramente expositiva enriquece fortemente a

compreensão da teoria subjacente, em particular quando são acompanhados de uma exploração pertinente do que se observa. Esta realidade não pode ser mais verdadeira do que no caso das ciências naturais em geral e da química em particular, especialmente no caso do presente currículo do ensino secundário, no qual a prática aparece como acessória da teoria (e até, por vezes, completamente desligada).

Consideramos o trabalho proposto como útil, já que proporciona uma ligação eficaz entre conceitos de equilíbrio químico como o princípio de Le Chatelier e a prática de laboratório.

Nota: A preparação destas soluções deve ser realizada pelo professor. As soluções de nitrato de chumbo e de iodeto de potássio a 1% podem ser preparadas dissolvendo 1,0 g de cada sal em água desionizada, até um volume total de 100 ml. A preparação da solução de iodeto de potássio a 20% pode ser facilmente conseguida dissolvendo 2,0 g deste sal em 8 ml de água. A preparação da solução de ácido sulfúrico requer cuidados acrescidos, quer por que este é extremamente corrosivo, quer por que a sua solubilização é fortemente exotérmica. Assim, para se preparar a referida solução deve adicionar-se lentamente e com agitação constante, um volume de cerca de 20 ml de ácido sulfúrico concentrado, a um volume de cerca de 60 ml de água desionizada contido num gobelé de 250 ml. Durante a preparação desta solução é de grande conveniência ter à mão papel absorvente para limpar quaisquer gotas de ácido sulfúrico concentrado que caiam na mesa, que escorram da sua garrafa ou (suceden-do o pior) que caiam na pele – neste último caso só depois de limpar com o papel absorvente é que se pode lavar a zona afectada com sabão e água.

Nota de segurança: De uma forma geral os sais de chumbo são tóxicos, em particular os mais solúveis, como o nitrato. Assim, ao lidar com soluções de sais de chumbo (mesmo as diluídas) devem usar-se luvas. A solução de ácido sulfúrico a 33% é ainda bastante corrosiva, pelo que durante a sua utilização se devem usar luvas e óculos de protecção.

BIBLIOGRAFIA

- 1) Programa da disciplina de Física e Química A (nível 2) 11º ou 12º anos: http://www.dgicd.min-edu.pt/programs/prog_eg.asp
- 2) João Cabral, *Tabelas e Formulário de Química*, Universidade do Porto, Porto 1993.

QUANTO MAIS PEQUENO, MELHOR!

De acordo com uma equipa de investigação japonesa, é possível sintetizar partículas metálicas de 1 nm e mesmo subnanométricas, contendo um número bem definido de átomos, através de um método baseado no conceito de dendrímero. A equipa descreve um processo inovador de síntese de partículas com diâmetro na gama que ronda 1 nm e reporta que estas apresentam uma actividade catalítica superior ao que seria expectável tendo em consideração conclusões anteriores. (*Nat. Chem.*, DOI: 10.1038/nchem.288).

Esta questão é importante já que, por exemplo, em algumas aplicações específicas, se sabe que partículas de 3 nm de diâmetro são mais activas cataliticamente do que as suas correspondentes com o dobro do tamanho e, deste modo, se poderia especular que partículas de tamanho mais baixo (1 ou 0,5 nm) ainda deveriam ser melhores do ponto de vista catalítico. Contudo, as evidências experimentais até agora reunidas contrariam esta conclusão. Por exemplo, para a reacção de redução de oxigénio

(*oxygen-reduction reaction* – ORR), o tamanho óptimo para as partículas de catalisador de platina corresponderia a aproximadamente 3 nm. No entanto, Kimihisa Yamamoto, Takane Imaoka e colaboradores da Universidade de Keio, anunciam agora que a actividade catalítica de catalisadores ORR de platina aumenta com o decréscimo do tamanho das partículas até à gama de tamanhos inferior a 1 nm.

De modo a sintetizar partículas nesta gama de tamanhos, que se tem revelado particularmente difícil de atingir de uma forma controlada, os investigadores desenvolveram um novo dendrímero baseado em unidades de fenilazometino, que forma complexos numa relação de um para um com sais de platina. Assim, através do tratamento sequenciado de várias amostras de solução de dendrímero com uma quantidade seleccionada equivalente de cloreto de platina, a equipa conseguiu produzir dendrímeros contendo um número crescente de átomos de platina. Posteriormente, quando o produto obtido é reduzido, os átomos de platina coalescem em núcleos de tamanho pré-definido, no interior dos dendrímeros.

Através da caracterização por análise microscópica, a equipa verificou que o procedimento conduziu à síntese de núcleos (ou partículas) com diâmetros de 0,9; 1,0 e 1,2 nm, constituídos por 12, 28 e 60 átomos, respectivamente. Testes catalíticos de ORR mostram que o núcleo mais activo é o mais pequeno e que o catalisador de 0,9 nm é 13 vezes mais activo do que um catalisador comercial de platina de 2,5 nm, o que, segundo Yamamoto, “contraria o pensamento actual dominante”.

Richard M. Crooks, professor de Química da Universidade do Texas, Austin, EUA, acrescenta “Apesar de ser claro que os procedimentos baseados em dendrímeros são bastante promissores do ponto de vista da síntese, ainda resta muito trabalho a realizar no sentido da compreensão da relação entre o tamanho das nanopartículas e a sua actividade electrocatalítica. Este trabalho representa um passo estimulante na prossecução desse objectivo”.

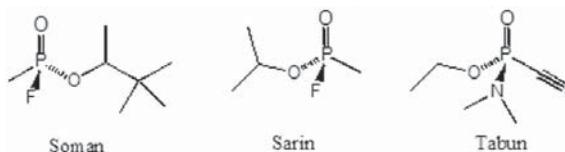
(adaptado de *Chemical & Engineering News* **87** (30) (2009) 12)

Paulo Brito

NOVO REAGENTE PARA DETECÇÃO E DECOMPOSIÇÃO DE GASES NEUROTÓXICOS

Os gases neurotóxicos (gases de nervos), como *Soman*, *Tabun* e *Sarin* (utilizado no ataque terrorista no Metro de Tóquio em 1995) podem ser letais em alguns minutos se forem inalados. Por isso, têm sido investigados vários métodos e sistemas de detecção que, contudo, apresentam limitações, como baixa sensibilidade, complexidade operacional e não podem ser usados *in loco*. Num trabalho publicado recentemente na *Angewandte Chemie International Edition* (DOI: 10.1002/anie.200902820), dois investigadores do *The Scripps Research Institute* em *La Jolla*, Califórnia (Julius Rebek, Jr. e Trevor Dale), descrevem uma nova classe de sensores, que respondem muito mais rapidamente que os anteriormente conhecidos, exibem maior sensibilidade e, além disso, promo-

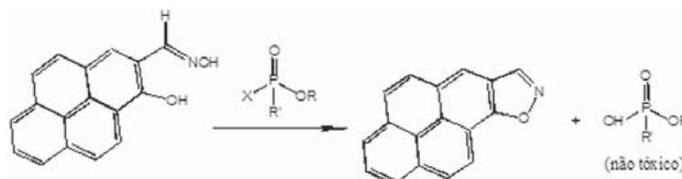
vem a sua degradação. Os gases de nervos são todos organofosfatos:



dá uma ciclização, com libertação de um produto não tóxico, como se ilustra no esquema abaixo.

Os compostos preparados por Rebek e Dale consistem em sistemas aromáticos com um grupo oxima (-C=N-OH) que se liga a organofosfatos de forma extremamente rápida. Contudo, o produto resultante é ele próprio tão tóxico como o gás. A presença de um grupo hidroxilo em posição orto em relação ao grupo oxima permite que ocorra um segundo passo em que se

tra no esquema abaixo. Os compostos de partida (β -hidroxioximas) usados são fluorescentes e os autores verificaram ainda que o produto final é também fluorescente, emitindo a um comprimento de onda diferente. Além disso, há um aumento do rendimento de fluorescência. Esta aumenta 62 vezes para o derivado naftalénico e 46 vezes para o derivado do pireno.



JM

Most accessed articles 9/2006 - 8/2007

A General and Facile One-Step Synthesis of Imido-Titanium(IV) Complexes: Application to the Synthesis of Compounds Containing Functionalized or Chiral Imido Ligands and Bimetallic Diimido Architectures

C. Lorber, R. Choukroun, L. Vendier
Eur. J. Inorg. Chem. 2006, 4503–4518

Classical and Non-Classical Ruthenium-Based Anticancer Drugs: Towards Targeted Chemotherapy

W. H. Ang, P. J. Dyson
Eur. J. Inorg. Chem. 2006, 4003–4018

Nanosopic Metal Particles – Synthetic Methods and Potential Applications

H. Bönemann, R. M. Richards
Eur. J. Inorg. Chem. 2001, 2455–2480

Nanoparticulated Gold: Syntheses, Structures, Electronics, and Reactivities

G. Schmid, B. Corain
Eur. J. Inorg. Chem. 2003, 3081–3098

Osmium- and Ruthenium-Based Phosphorescent Materials: Design, Photophysics, and Utilization in OLED Fabrication

P. - T. Chou, Y. Chi
Eur. J. Inorg. Chem. 2006, 3319–3332

Full-text downloads have more than doubled since 2003. *EurJIC* is among the top ten most-cited primary journals in inorganic chemistry.

For more information please visit:
www.eurjic.org

Subscribe now! Please send an e-mail to:

cs-journals@wiley.com
(North and South America)
service@wiley-vch.de
(Germany/Austria/Switzerland)
cs-journals@wiley.co.uk
(all other areas)



39850801-84

Made in Europe for the World



EurJIC Facts

- Short Communications median time from submission to web publication – 10 weeks
- Author submissions have more than doubled since 2001
- Steady increase in impact since the amalgamation of ten national society journals
- Table of Contents redesigned in 2007 to assist browsing
- Templates available for submission of articles
- Increased frequency in 2007: 36 issues
- Owned and supported by 13 national chemical societies in Europe (Editorial Union of Chemical Societies)

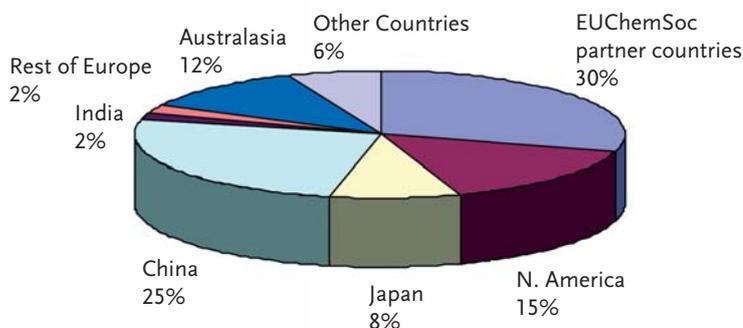


EUChemSoc

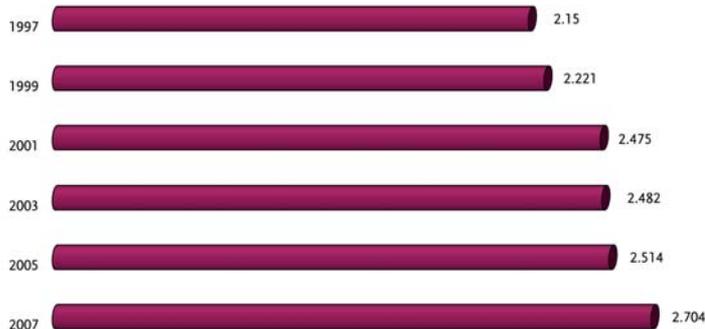
EurJIC offers:

- RSS feeds 
- Citation tracking
- Table of Contents Alerts
- Backfiles of *Chemische Berichte* (1868–1997) as part of the Chemical Societies Backfiles Collection
- Attractive personal subscription rates for society members

International interest in *EurJIC* as reflected by the percentage of downloads from each country



Impact Factors announced in the year given



A QUÍMICA E A SELECÇÃO NATURAL DAS ESPÉCIES

A. M. AMORIM DA COSTA*

Celebram-se este ano cento e cinquenta anos da publicação de *A Origem das Espécies* de Charles Darwin em que ele apresentou publicamente a sua teoria da evolução das espécies através da selecção Natural. Referindo-se a esta teoria o filósofo Daniel Dennet rotula-a como sendo “a ideia mais brilhante que alguém já teve”. De facto, a partir do princípio do século XX, ela tornou-se numa pedra basilar da ciência e da cultura dos nossos tempos. No título da obra se diz que o assunto é a preservação das raças que são favorecidas na luta pela vida. E, de facto, é da evolução das espécies biológicas e do mecanismo da selecção natural que lhe subjaz que a obra se ocupa. Tomando-o como ponto de partida, aqui nos questionamos sobre a sua repercussão no domínio das “espécies” inorgânicas, numa extensão ao que já foi tido como o “darwinismo inorgânico”.

INTRODUÇÃO

Durante este ano de 2009, as numerosas e diversificadas evocações que por todo o mundo se têm feito de Charles R. Darwin (1809-1882), tomando como pretexto os duzentos anos do seu nascimento e os 150 anos da publicação da sua obra *A Origem das Espécies* [1] mostram à sociedade quanto a sua teoria da evolução se tornou, de facto, “numa pedra basilar da ciência e da cultura” dos nossos tempos, não obstante a contestação inicial de que foi alvo e que ainda hoje se não extinguiu por completo, posto continuar a ser objecto de controvérsia, sobretudo por parte de muitos indefectíveis e fervorosos adeptos da criação por uma entidade sobrenatural.

Muito para além das actuais celebrações sobre C. Darwin e a sua *Origem das Espécies*, muito se escreveu, ao longo dos 150 anos já passados sobre a sua primeira publicação, a propósito quer da real autoria da filosofia de que a obra em causa se tornou arauto, defendendo-a estrepidamente com base num sem números de dados e observações experimentais e suportando afoitamente todos os epítetos e anátemas. E muito se escreveu também sobre o real significado e teor da “selecção natural” que refere.

Primeiro, a real autoria da filosofia que a obra apresenta. O ponto-chave desta filosofia é a afirmação da evolução das espécies biológicas que têm existido ao longo dos séculos, antepassados naturais das hoje existentes, transformando-se umas nas outras. Esta filosofia afrontava sem contemplações possíveis, os defensores do *fixismo*, também conhecidos por *criacionistas*, para quem todas as espécies terão sido criadas individualmente, num instante inicial do começo do Universo, pelo Criador a quem este deve a sua existência. A mesma filosofia afrontava de igual modo, em negação clara, a generalizada filosofia da não transmutação das essências constitutivas de cada espécie.

Relativamente à originalidade de C. Darwin no que se refere ao ser ele o grande autor da ideia duma evolução das espécies é dado consensual tratar-se de uma ideia que andava no ar ao tempo em que Darwin começou a interessar-se pela História Natural na Universidade, ainda quando era estudante de Medicina e, depois, Teologia. Foram, porém, os seus estudos e interesses criados na viagem que fez a bordo do barco de Sua Majestade, o *Beagle*, nos anos 1833-1836, que nele enraizaram definitivamente essa ideia e determinaram o modo como a viria a expor e defender no seu livro de 1859. Propondo-se mapear a costa da América do Sul, nos quatro anos e nove meses que durou essa

viagem do *Beagle*, sob o comando do capitão Robert FitzRoy, levou os seus expedicionários até às Ilhas Galápagos, a norte da costa ocidental do Continente sul-americano, no Oceano Pacífico. Durante ela, Darwin estudou uma imensa variedade de características geológicas, fósseis, organismos vivos; conheceu muitas pessoas de outras raças, entre nativos e colonos; e coligiu metodicamente um enorme número de espécimes, muitos dos quais novos para a ciência.

Que ao tempo dos estudos de C. Darwin no domínio da História Natural a ideia da evolução das espécies andava no ar, prova-o a posição defendida por seu próprio avô, o poeta, médico e fisiologista Erasmus Darwin (1731-1802). Em 1794, no seu livro *Zoonomia*, [2] insistira ele na ideia duma evolução natural e na transmutação das espécies de todos os seres vivos, defendendo que todos eles provinham de um antepassado comum cuja descendência se diversificara, ao longo dos tempos, em diferentes ramos, incluindo os do nosso tempo, com base numa competição e selecção sexual. Considerada ao tempo como jacobina, esta sua afirmação não passava, de facto, de mera convicção pessoal, pois não apresentava quaisquer factos que lhe servissem de apoio. E sabe-se que nos anos em que C. Darwin foi redigindo e aprontando para publicação a sua *Origem das Espécies*, também Alfred Russel Wallace

* Departamento de Química, Universidade de Coimbra
3004-535 Coimbra, Portugal

(1823-1813) trabalhava sobre a mesma ideia, tendo, inclusive, escrito, em Fevereiro de 1858, no decorrer duma viagem de estudos de História Natural que estava a efectuar nas ilhas Molucas, Indonésia, um ensaio em que definia as bases da mesma teoria da evolução que Darwin apresentaria publicamente, no ano seguinte. Sabe-se mesmo que Wallace enviou este seu ensaio a C. Darwin, com quem mantinha correspondência, pedindo-lhe uma avaliação do mérito da teoria que nele defendia; e pedindo-lhe também que encaminhasse este seu manuscrito para o geólogo Charles Lyell. É de igual modo do conhecimento público que C. Darwin ao dar-se conta de que o manuscrito de Wallace apresentava uma teoria praticamente idêntica àquela em que vinha trabalhando, com grande sigilo, ao longo de vinte anos, ao enviar a Lyell o manuscrito de Wallace não se conteve e claramente lhe declarou: “*Toda a minha originalidade será esmagada*”.

É também do conhecimento geral, que na viagem do *Beagle* que celebrou C. Darwin, viajou, como cirurgião do navio, o naturalista Robert McCormick (1800-1890) que John Darnton no seu livro *O Pecado de Darwin* [3] apresenta, servindo-se de uma pretensa descrição do próprio C. Darwin, como o companheiro que desde o início da viagem, competira com ele por causa da recolhas de espécimes, e também o companheiro a quem ocorrera, a dada altura, em comunhão com ele próprio “a teoria da selecção natural e transmutação das espécies” [4]. E na descrição dramática, ainda que ficícia¹, que faz da morte de R. McCormick, este, preso na cratera de um vulcão a que descera com C. Darwin com o objectivo de o investigar, apanhado de surpresa de erupção de lavas, sem conseguir escapar por seus próprios esforços e sob o olhar de C. Darwin que conseguira sair mas não conseguia prestar-lhe a necessária ajuda, ter-lhe-á dirigido, como últimas, a mais cruel confissão da luta feroz que entre ambos reinava pelo pioneirismo da apresentação pública da teoria por que ambos competiam. Ambos sabiam que o primeiro que apresentasse essa teoria ao mundo civilizado obteria renome científico duradouro. E ambos o desejavam para si. Com os

olhos fixos em Darwin que na boca da cratera do vulcão já nada podia fazer para o salvar, R. McCormick sussurrou: “então, é assim que é, hem, senhor Darwin?! A sobrevivência dos mais aptos!” [5].

Poderíamos ir ainda mais longe na especulação sobre a real autoria da ideia da evolução das espécies que acabámos de apresentar como uma ideia que pairava no ar ao tempo em que C. Darwin se debruçou pormenorizadamente sobre ela. Darwin e seus companheiros de viagem ter-se-iam confrontado com a sua afirmação como crença profunda, entre várias tribos de índios meridionais da América do Sul. Voltando à ficção do romance “O Pecado de Darwin” que o autor confessa ser “baseado em documentos históricos”, no país de Jemmy Buttons, lá bem no sul das Américas, numa conversa com o Chefe da tribo a que este pertencia, em que participaram C. Darwin, R. McCormick e Richard Matthews, o missionário companheiro de Darwin na viagem do *Beagle*, replicando ao relato bíblico sobre a criação que R. McCormick lhe acabara de fazer, o Chefe da tribo ter-lhes-ia confessado: “nós não acreditamos que um Deus fez as plantas e os animais. Ou que tenha feito o homem e a mulher. Segundo a nossa crença, tudo começou muito simplesmente. Havia uma única coisa minúscula e tudo cresceu a partir dela. Aconteceu ao longo de muito tempo e com muitas alterações. Quando o tempo é tão longo, podem ocorrer muitas pequenas alterações, e juntas produzem uma grande alteração. Assim a coisa simples transformou-se em muitas coisas complicadas. E essas coisas alteraram-se e tornaram-se mais complicadas e assim sucessivamente. A vida é assim. De início havia pequenos animais como os que vemos num lago. Depois vieram os maiores, como os que vemos em terra. Aconteceram as pernas. Aconteceram os olhos. É por isso que tantos animais se parecem com tantos outros animais. São todos iguais. Somos todos iguais. Vimos todos da mesma coisa pequena”. Perante esta descrição do Chefe, C. Darwin manteve-se calado pois que, cansado, quase dormitava, com as pálpebras a começar a fechar-se de fadiga; porém, McCormick não se

conteve e indagou: “Mas como? Como poderia isso acontecer sem Deus?” Ao que o Chefe se limitou a retorquir: “Temaukl”, explicitando que “Temaukl é isto tudo. É tudo o que vêem à vossa volta, incluindo o que não podem ver; é o pássaro e o verme que o pássaro come e o ninho que o pássaro faz e o ramo onde está pousado o ninho”. Estupefacto e sem compreender muito bem o que ouvia, dando um salto, McCormick gritou: “A natureza! É disso que está a falar. Da natureza! Sim, mas diga-me uma coisa: como é que essa coisa, a Temaukl, funciona?” Ao que o Chefe retorquiu: “ não funciona. É o que acontece. Nascem muitas coisas, mas muitas delas morrem. Temaukl permite que aquelas que são melhores vivam e as que não são melhores morram. As que vivem têm filhos que, por sua vez, também serão melhores. E assim sucessivamente, durante muito tempo” [6].

Assim, num relance, a conversa mudara da confissão da evolução das espécies para o seu possível mecanismo e ficou-se por aí. Porém, no seu rescaldo, regressados ao *Beagle*, C. Darwin e R. McCormick voltaram a ela, com C. Darwin a afirmar a McCormick que de facto “a novidade não estava na crença de que todas as criaturas provêm de uma única forma de vida, descrevendo-lhe inclusive a «árvore da vida», como lhe chamou, mas sim, qual tenha sido o seu mecanismo. A questão – disse – não é o que acontece, mas sim como acontece. Como podem aparecer espécies completamente novas?”. McCormick ter-lhe-á retorquido que estivera a pensar no assunto e descobrira a resposta: “dada a luta intensa pela vida, a natureza favorece aqueles cujas alterações, por mais pequenas que sejam, lhes proporcionam uma vantagem; os animais mudam de uma forma que lhes permita ocupar o seu pequeno lugar no esquema geral das coisas; evoluem ou, caso contrário, correm o risco de perder e de se transformarem em fósseis como os que temos descoberto. A natureza levanta por vezes um obstáculo, como um deserto ou um oceano, que tem como consequência que os animais que outrora eram semelhantes fiquem separados e se tornem diferentes” [7].

C. Darwin não mais deixaria de pensar e trabalhar sobre esta ideia. Durante anos, foi ela que alimentou o seu trabalho científico que publicaria, após longos anos de reflexão e coordenação com os dados dos seus trabalhos de campo, em *A Origem das Espécies*. Muito mais que a ideia da evolução das espécies, a sua originalidade está no mecanismo que para ela apresentou, apoiado, sem dúvida, nas trocas de informação e especulação que foi mantendo com outros naturalistas com quem estava em contacto.

Se ao tempo em que C. Darwin se começou a interessar vivamente pelos estudos de História Natural a ideia da evolução das espécies andava no ar e era uma crença entre muitos povos fora da cultura cristã, é de notar também tratar-se duma ideia cultivada no seio da Cultura da Europa Ocidental, sobretudo pelos Alquimistas. Fiéis ao dogma da *Tábua de Esmeralda*, era sua profissão de fé que todas as coisas estiveram e vieram do Uno. Em confronto directo com a reinante filosofia de Aristóteles a sua crença na transmutação da essência dos metais vis na essência dos metais nobres, o ouro e a prata, fez deles objecto de anátema e, em muitos casos, de cruel perseguição.

Todavia, se ao tempo dos estudos de C. Darwin a ideia da evolução das espécies andava no ar, a sua explicação em termos duma selecção natural em que sobrevivem os mais fortes e mais bem adaptados às novas condições, estava muito e muito longe de ser uma ideia que não fosse verdadeiramente nova e inovadora, sobretudo quando a sua apresentação e defesa se apoiava num sem número de dados biológicos tirados de fósseis e estudos comparativos das características de muitas e muitas espécies biológicas, adaptadas a condições de vida muito diferentes.

A SELECÇÃO NATURAL DAS ESPÉCIES E OS ELEMENTOS QUÍMICOS

No próprio título completo de *A Origem das Espécies*, estão bem sublinhados os interesses de C. Darwin: a preservação das Raças na luta pela vida durante o processo de selecção natural imanente à evolução das es-

pécies. A evolução das espécies que refere, e o mecanismo que para ela propõe, refere-se àquelas em que o atributo reprodutivo é o característico dos seres vivos.

O seu domínio é o dos fenómenos ligados à vida e, conseqüentemente, aos reinos animal e vegetal. A “evolução” no domínio do reino mineral, isto é, a nucleossíntese - o processo de criação de novos núcleos atômicos a partir dos núcleos pré-existentes, a formação dos compostos “inorgânicos” e minerais, e a formação do próprio ADN estava de fora da matéria considerada por C. Darwin.

Nem por isso, a questão deixa de ter algum sentido. Até onde e como a ideia da evolução das espécies e o mecanismo da selecção natural característicos dos seres vivos poderão ser estendidos à evolução química dos elementos e compostos químicos?

Avassalado e absorvido pela sua paixão centrada nas ciências biológicas, C. Darwin passou por completo ao lado desta possível questão. Mas alguns químicos que na altura se debruçavam sobre a classificação periódica dos elementos sentiram estar numa posição que tinha algo a ver com a posição em que se encontrara C. Darwin com a sua *Origem das Espécies*.

O químico dinamarquês Julius Thomsen (1826-1909), como referiremos mais abaixo, afirmou-o explicitamente reportando-se a um “darwinismo inorgânico”.

Não terá sido a falta de formação química que terá levado C. Darwin a passar por completo ao lado desta possível questão. De facto, é conhecido o interesse que ele, quando jovem, chegara a ter pela Química. Ele próprio quem nos diz que durante os seus tempos de estudante frequentaria assiduamente o laboratório que seu irmão mais velho, Erasmus Darwin, estudante de Medicina na Universidade de Edimburgo, havia montado nos jardins anexos à Casa em que viviam, para preparar diversos compostos químicos e diversos gases. Nele, ajudava-o com entusiasmo nas preparações em curso, num trabalho que se prolongava muitas vezes pela noite dentro. O seu entusiasmo por estes

trabalhos fora ao ponto de se ver na obrigação de ler, para bem cumprir com a ajuda que prestava, com muito cuidado, alguns livros de química, nomeadamente o *Catecismo Químico* de Henry e Parkes [8]. Nas suas próprias palavras, esta sua colaboração com o irmão foi o melhor da sua formação escolar por lhe ter inculcado o significado da ciência experimental, tendo-o feito com tão grande empenho que muitos dos colegas o tratavam pela alcunha “O Gás”. Porém, não se lhe conhecem particulares interesses pela ciência Química depois que terminou essa formação escolar [9].

Todavia, como já acima dissemos, não se pode deixar de notar que ao tempo em que C. Darwin amadurecia as suas ideias sobre a evolução das espécies, um largo Grupo de naturalistas interessados pela Química debruçava-se sobre a classificação dos elementos naturais, tentando compreender, explicar a sua possível origem e arrumar a sua periodicidade. William Prout (1785-1850), em 1815 [10] e em 1816 [11] afirmava, uma afirmação que ficaria conhecida como a Hipótese de Prout, que os átomos de todos os elementos eram formados por átomos de hidrogénio. Esta sua explicação chamava a atenção dos químicos para a possível relação entre os pesos atômicos de diversos elementos e a sua origem e abria uma janela para a explicação da periodicidade observada entre muitos deles. Rapidamente se assistiu a um crescente interesse pelo estudo sobre a natureza dos corpos simples e, sobretudo, a possível relação entre os diferentes elementos químicos então conhecidos. Com a “lei das Tríades” (1817) de Johan W. Döbereiner (1780-1849), e as classificações apresentadas, entre outros, por J. B. A. Dumas (1800-1884), W. Odling (1829-1921), Beguyer de Chancourtois (1819-1866), J. A. Reina Newlands (1837-1898), J. Lothar Meyer (1830-1895) e Julius Thomsen, a classificação periódica dos elementos químicos apresentada por Dmitry Mendeleev (1834-1907) nos seus *Elementos de Química* de 1868 acabaria por recolher o reconhecimento geral dos químicos que se lhe seguiram, sem prejuízo de novos contributos e propostas de melhoramento e fundamentação [12].

Os oito princípios apresentados por Mendeleev como os princípios fundamentais orientadores da Classificação que apresentou dos elementos químicos [13] remetem-nos, de um modo ou outro, para a sua origem, formação e diversificação dos mesmos.

Julius Thomsen - cujo centenário da morte se celebra neste mesmo ano em que estamos a celebrar os duzentos anos do nascimento de C. Darwin e os cento e cinquenta anos da primeira publicação da *Origem das Espécies* – foi o primeiro a propor a forma alongada da Tabela Periódica com os elementos distribuídos em séries horizontais (os Períodos) e séries verticais (os Grupos). Nas suas tentativas de classificação não conseguiu deixar de se referir expressamente ao processo da sua origem com uma referência explícita à teoria de C. Darwin para a evolução das espécies.

Fê-lo, de facto, em 1884, quando trabalhava na organização dessa sua Tabela Periódica que acabaria por publicar só em 1889, referia-se ao trabalho prosseguido pelos químicos para arrumar e classificar os diferentes elementos químicos dizia textualmente que ao fazê-lo o “químico estava numa posição em tudo idêntica à do biologista no referente à questão da origem das espécies”. Considerando-se como um “neo-proteísta”, confesso adepto de quantos na Antiguidade, na Idade Média, na Renascença e já nos tempos modernos defenderam a evolução dos diferentes princípios, engenhos e formas culturais (os chamados proteístas), sendo ele próprio um dos grandes doutrinadores do chamado sistema da Três Idades, a Idade da Pedra (com os seus três períodos, o Paleolítico, o Mesolítico e o Neolítico), a Idade do Bronze e a Idade do Ferro, J. Thomsen tinha-se também como defensor convicto de um “darwinismo inorgânico”.

Como descrever e expor este darwinismo inorgânico? Passados da Biologia à Geologia, a possível semelhança entre a evolução das espécies tratada por C. Darwin em *A Origem das Espécies* e este darwinismo inorgânico será a ideia de que todos os elementos teriam uma origem comum, evoluindo de uns para os outros por um processo natural de formação e

selecção. Neste caso, que selecção? Por que mecanismo? A simples variação do carácter eléctrico de cada elemento formado ao longo dos tempos, sob a acção duma variação química determinada pela produção da maior quantidade de calor possível, como o próprio J. Thomsen propunha em 1895? No escrito intitulado *On the Probability of the Existence of a Group of Inactive Elements*, publicado neste ano [14], referindo-se à lei da Periodicidade dos Elementos químicos estabelecida por Mendeleev, afirmava ele que nas funções periódicas, a mudança de um valor negativo para um valor positivo, ou vice-versa, como o que se verifica com a variação da carga eléctrica dos elementos químicos de dois períodos consecutivos, só pode ter lugar por uma passagem através do zero ou do infinito. A mudança através do zero é uma mudança gradual; a mudança através do infinito é uma mudança repentina. No caso dos elementos químicos, a primeira corresponde a uma variação gradual do carácter eléctrico com o aumento do peso atómico; a segunda corresponde à passagem de uma série para a que lhe é anterior ou seguinte, fazendo-se através de um elemento que é electricamente indiferente.

Será este um mecanismo de evolução plausível para os elementos químicos? Que relação poderá ele ter com a selecção natural defendida por C. Darwin para a evolução no domínio da biologia?

Quando acima referimos que a ideia da evolução das espécies não era, ao tempo de C. Darwin, uma ideia tão original quanto isso, referimos o caso concreto da crença dos alquimistas. Com diferenças de pormenor mais ou menos acentuadas, é-lhes comum a crença fundamental de que os minerais se geram no seio da Terra-mãe e aí crescem e amadurecem. O diferente grau de amadurecimento em que se encontram, traduz-se em diferente grau de perfeição que, por sua vez, corresponde a diferentes minérios, na utilização do dia-a-dia.

Concepção muito arcaica por remontar a civilizações muito antigas, esta concepção embriológica dos minerais resistiu bem a séculos de experiências técnicas e de pensamento racio-

nal [15]. Plínio, na sua *História Natural* [16] afirmava claramente que as minas precisavam ser deixadas em repouso, durante longos períodos, para que nelas os minerais se regenerassem novamente. Outro tanto referia Estrabão na sua *Geografia* [17]. E, já no século XVII, o autor espanhol Barba referia que uma mina esgotada é capaz de refazer os seus filões, contanto que seja devidamente selada e deixada em repouso por cerca de dez a quinze anos, e “enganam-se grosseiramente aqueles que pensam que os metais foram criados, no começo do mundo, tal e qual existem; não, os metais nascem e crescem nas minas” [18].

Por sua vez, Glauber é também explícito: “a natureza opera sobre os metais um ciclo de nascimento e morte igual àquele que opera sobre os vegetais e animais” [19].

Embriões formados no seio da Terra, os metais nela crescem lentamente, com seu ritmo temporal de gestação próprio, num processo em tudo idêntico ao ritmo temporal de gestação dos organismos vegetais e animais. À medida que crescem, vão atingindo a sua maturidade própria. O seu ritmo geológico temporal de maturação é diferente de metal para metal, como, entre os animais ou entre os vegetais, também difere de animal para animal ou de vegetal para vegetal. Se um dado metal for extraído do seio da Terra-mãe, arrancado prematuramente das trevas telúricas em que se verificavam as condições adequadas ao seu amadurecimento correcto, será um metal imperfeito. E assim como o embrião animal ou vegetal tirado do seio “materno” antes de cumprido o ciclo geológico de amadurecimento próprio não sobrevive porque não atingiu ainda a formação mínima que lhe permita existir por si, também o metal que seja extraído do seio da Terra-mãe antes de cumprido o seu ciclo de maturação não é aquilo que devia ser. É um aborto de metal que é o que são os metais vis, cujo desenvolvimento embrionário está ainda muito longe de ter atingido o grau de amadurecimento que lhe confere total perfeição e vida, a perfeição do ouro vivo.

Acreditando na transformação das diferentes espécies inorgânicas formadas no seio da Terra-mãe, os al-

quimistas acreditavam que o Homem poderia ele próprio operar o fenómeno de nascimento e transformação de algumas dessas espécies, assim conseguisse descobrir o processo e as condições da actuação da Natureza e para o efeito conseguisse e soubesse dispor do tempo necessário.

Neste ponto, a crença de quase todos os alquimistas ia muito mais longe: se o ciclo de crescimento e maturação de qualquer embrião mineral no seio da Terra não fosse interrompido por extracção extra-temporânea, num entrave forçado do processo natural de gestação, todos os minerais resultariam, com o tempo, em ouro. A “nobreza” do ouro seria o resultado da sua “maturidade”; os outros metais são metais “comuns” porque “crus”, não amadurecidos [20].

Esta visão de formação e evolução dos elementos inorgânicos é, hoje, a visão mais racional do ponto de vista científico. No primeiro instante de formação do Universo, tenha sido ele o Big-Bang defendido pela maioria dos Físicos dos nossos dias, ou um acto de criação a partir do nada defendido pelos *criacionistas*, atribuído a um ser divino intemporal e todo poderoso, quantas as entidades inorgânicas distintas que se formaram? Todos os elementos químicos que nele já existiram ou existem ainda, ou apenas alguns, ou mesmo um só, que por evolução posterior deram origem a outros mais, distintos entre si e com especificidade própria? E na sua evolução de uma ou mais espécies para outras, quantas espécies de origem biológica terão podido interferir no processo?

Mais. Admitindo que em qualquer dos casos apenas se formou um único elemento, ou, quando muito, um número muito restrito de elementos distintos, como se terão formado, a partir desse único elemento inicial, ou a partir do restrito número de elementos formados como entidades distintas nesse mesmo instante inicial do Universo, todos os demais? Por acção lenta, demorada e catastrófica das forças da Natureza, as forças do Temaukl de que falou o Chefe da tribo Índia, no sul da Patagónia, na conversa que teve com C. Darwin, R. McCormik e Richard Matthews? Se sim, qual a teleologia que a elas subjaz? A simples

conjugação dos factores entálpicos e entrópicos que resultam em valores negativos de energia livre determinantes da evolução natural de um qualquer processo químico? Durante este, qual o mais forte? Porquê e como?

Em termos muito diferentes, no decorrer dos tempos, não faltaram propostas mais ou menos habilidosas e muitas vezes fantasiosas que se propuseram ser resposta a este tipo de questões, propondo-se explicar o como dessa génese e evolução dos elementos inorgânicos no seio da Terra-mãe.

Na convicção profunda de que o ciclo de nascimento e morte dos minerais é igual ao dos vegetais e animais, a sua origem deveria ser, na sua essência, idêntica à deles. Embora com ciclos temporais muito variados, os processos de nascimento, desenvolvimento e morte de vegetais e animais são, na sua essência, os mesmos: uns e outros têm a sua origem em sementes germinais para cuja formação contribui um elemento masculino conjugado com um elemento feminino. Depositadas no seio “materno”, o húmus, no caso dos vegetais, o ovo, no caso animal, aí se desenvolvem, crescem e atingem a perfeição característica da espécie a que pertencem. Porque não há-de acontecer o mesmo com os minerais, sejam eles as pedras ou os metais?

Na visão organicista da Natureza, esta era uma crença geral. Na filosofia Ocidental, o discurso que a suporta desenvolveu-se com base nas chamadas “razões seminais”, o seu princípio activo. Na teoria das Ideias de Platão encontramos os primeiros traços desse discurso. Estoicos, discípulos de Zenão (ca. 490 - 430 a.C) e neo-platónicos, discípulos de Plotino, seriam, subsequentemente, os seus mais expressivos fautores.

Para os Estoicos, o *Logos*, potencialidade criativa, actua através das *logoi spermatikoi*, gérmens racionais ou razões generativas, disseminadas por todo o universo. Parte intrínseca de toda a matéria, a estas razões seminais se deve a capacidade de geração e crescimento que a mesma possui. Identificado o *Logos* do Universo com o *Pneuma*, os *logoi spermatikoi* seriam *pneumas actantes em separado* sobre os diferentes tipos de ma-

téria [21]. Uma vez mais, quais deles são os mais fortes? Porquê e como?

No seu Livro sobre as Pedras, Teofrasto fala-nos de pedras masculinas (pedras de tons escuros) e pedras femininas (pedras de tons mais claros), referindo que das sementes dos corpos que se formam no interior da terra, umas têm a sua origem no elemento água, outras no elemento terra. Das primeiras resultam os metais; das segundas, as pedras [22].

Nos séculos XV e XVI, o neo-platonismo de Marsilio Ficino (1433-1499), e o ecletismo místico e cabalista de Paracelso (1493-1541), deram nova ênfase a esta ideia. Se considerarmos a influência de Paracelso durante todo o século XVI e parte do século XVII na interpretação científica dos fenómenos naturais, poderemos fazer um juízo sobre a importância da teoria das “razões seminais” no domínio da mineralogia antes da aceitação generalizada da filosofia mecanicista, referindo as ideias que defendeu, nomeadamente, no tratado *A Economia dos Minerais e Sua Genealogia* [23] e no *Livro dos Minerais* [24]. Nestas obras, sugere ele que a formação dos minerais é em muitos aspectos idêntica ao desenvolvimento dos frutos nas plantas, cujo desenvolvimento se faz a partir de sementes, no seio do elemento terra e no interior do elemento ar. A terra serve de matriz em que as sementes se desenvolvem e apropriadamente se alimentam. Os ramos das plantas estendem-se em todas as direcções totalmente circundados pelo elemento ar. De modo semelhante, a água serve de elemento matricial às sementes dos minerais que no seio dela se alimentam, desenvolvem e crescem até se tornarem espécimes amadurecidos. A matriz dos minerais – o elemento água – forma uma “árvore” dentro de seu próprio corpo onde deposita os seus frutos, quando chegada a estação própria, prontos para serem colhidos pelo Homem [25].

Na sequência de Paracelso, Bernard Palissy (1510-1590), Miguel Sendigovius (1556-1636), J. R. Glauber (1603-1670), E. Jorden (1569-1632), João Baptista Van-Helmont (1579-1644) e seu filho Francisco M. Van-Helmont (1614-1698), J. Webster (1619-1682), J. J. Becher (1635-1682) e G. E. Stahl

(1660-1734), entre muitos outros, foram fiéis defensores da teoria das razões seminais, ao longo dos séculos XVI e XVII, crendo convictamente na transmutação natural de uns metais em outros, no seio da terra, depois de gerados a partir delas. Para todos eles, como escrevia Sherley, em 1672, referindo-se à influência de J. B. Van-Helmont nas concepções mineralógicas da época, “as pedras e todos os corpos sublunares são feitos de água, condensada por virtude de sementes que nela actuam, com a assistência de Odores fermentativos, causa e origem de todas as transmutações que na matéria ocorrem. A matéria de todos os corpos é, na sua origem, mera água”. Sob a acção de “sementes” que nela operam, alterando a sua textura e figura, a água coagula, condensa e assume as diversas formas que caracterizam diferentes corpos” [26].

Os quatro elementos de Empédocles que a filosofia de Aristóteles consagrou serviriam meramente de matrizes ou lugares de amadurecimento e crescimento dessas sementes quando neles fossem depositadas. Substâncias corpóreas, finíssimas e subtis, imperceptíveis para qualquer órgão sensitivo, tais sementes eram, para os mais religiosos, “ideias” disseminadas por Deus nos elementos, em que se continha o carácter do mineral, da planta ou do animal a que haveriam de dar origem, governadas por uma força vital, o *archeus*; ou, para os mais seduzidos pelo carácter dual masculino-feminino de todas as coisas, o resultado de um processo copulatório do enxofre e mercúrio filosóficos. Becher di-lo com toda a clareza: os vapores sulfurosos e mercuriais entrelaçam-se no seio da terra levando à geração dos metais; o enxofre é o actor masculino; o mercúrio, o feminino. Por coagulação, no processo copulatório, se forma a semente; por fixação, no seio materno, a semente cresce, no sentido dum total amadurecimento que determinará a sua perfeição [27].

O avanço da filosofia corpuscular dos sistemas de Descartes e, sobretudo, de Gassendi, procurando a explicação de todas as coisas na matéria e extensão, vai de mão dada com o crescente apagamento da filosofia organicista. Mais que uma questão de manifesta incompatibilidade entre os dois tipos

de abordagem filosófica da Natureza, o declínio da visão antiga face à nova concepção deve atribuir-se, principalmente, ao facto da explicação dos fenómenos naturais em termos corpusculares se ter afirmado, pouco a pouco, como mais convincente, mais elucidativa e, porventura, mais eficaz no campo duma prática cada vez mais experimentalista. Não surpreende, pois, que alguns dos mais destacados adeptos das novas teorias corpusculares se tenham mantido fiéis, durante muito tempo, a muitos dos princípios defendidos pelos organicistas. No caso particular da explicação da génese dos minerais, podemos dizer que a afirmação das razões seminais dos minerais não foi de imediato erradicada dos escritos dos novos filósofos.

No desfiar da sua teoria corpuscular, o próprio Gassendi, ao remontar-se à origem dos minerais, em geral, e dos metais, em particular, subscrevia a teoria dos antigos, afirmando, embora, que a estrutura destas sementes seminais deveria ser pensada em termos da composição atómica da matéria [28, 29]. Também R. Boyle (1627-1691), um dos mais ardentes defensores da filosofia mecanicista, no fascínio com que o seduziram muitos dos escritos de J. B. Van-Helmont [30], confessou-se preparado para considerar, com grande seriedade, ainda que com alguma cautela, a origem seminal dos minerais. No *Sceptical Chymist* pode ler-se: “parece-nos que as Terras Minerais e as correntes Metálicas contêm no seu âmago alguns Rudimentos seminais, ou algo semelhante” [31]. E no seu ensaio *Sobre a Origem e Virtudes das Pedras Preciosas*, Boyle relata vários casos de aparente crescimento de metais em minas que seriam do seu conhecimento [32].

Esta situação deve, todavia, ser tida como um período de transição, no quadro da nova filosofia. De facto, com a crescente aplicação de métodos de análise química ao estudo dos minerais por Bergman e seus discípulos, e, paralelamente, o desenvolvimento da cristalografia com Romé de l’Isle e Haüy, nas últimas décadas do século XVIII, a visão organicista cede por completo à concepção geomorfológica de Descartes explicando todos os fenómenos minerais em termos de

interacções mecânicas entre corpúsculos ou fluidos de várias espécies constituídos corpuscularmente [33]. Empenhado em explicar a origem e a história geológica do Globo terrestre, Descartes, nos seus *Principia Philosophiae*, partiu de um conjunto de princípios que considerou ostensivamente evidentes por sua própria natureza, dos quais deduziu uma explicação coerente do modo como terá sido construído o nosso planeta. Admitindo que com partida duma mesma origem, teriam sido possíveis diferentes processos de formação do universo de que poderia ter resultado uma grande variedade de “possíveis” mundos, não o preocupou especular sobre outros processos que não aquele que realmente terá ocorrido e de que resultou o mundo em que realmente vivemos. Segundo ele, este mundo que é o nosso formou-se a partir de um certo número de entidades teóricas em contacto com as quais vivemos no nosso dia-a-dia e que são a atmosfera, os mares e a crosta terrestre [34].

Da interacção entre aquelas entidades teóricas, resultaram as diferentes camadas ou regiões de que se compõe o Globo terrestre. Lá bem no interior, uma região formada de partículas muito subtis, o que resta da matriz elemental da origem; à sua volta, uma camada compacta e opaca de material resultante de matéria solar; mais exteriormente, em camada concêntrica, uma região muito irregular composta de corpúsculos muito ramificados, seguida de uma outra região composta por uma camada líquida de água a partir da qual se terão formados os oceanos, formada por corpúsculos aquosos à mistura com outras partículas de geometria variada; circundando esta região, aparece a crosta terrestre e a camada fluida que constitui a atmosfera.

Não entraremos aqui nas considerações de Descartes sobre o modo como os diferentes corpúsculos que entram na composição de cada uma das diferentes camadas se terão formado, e conseqüentemente, no modo como se terão constituído essas mesmas camadas. Apenas algumas palavras no que se refere à génese e evolução dos minerais no interior da crosta terrestre, nos quais poderíamos visionar

diferentes graus de aptidão para a sobrevivência.

Segundo Descartes, num processo muito semelhante ao descrito pela teoria das exalações de Aristóteles explicando a formação das pedras e dos metais a partir da transformação dos fumos e vapores gerados no seio da terra ao serem exalados para fora dela, no tempo quente, os corpúsculos de água líquida que entram na composição da camada terrestre mais interior à sua crosta sólida, libertar-se-iam, através dos muitos poros existentes na interface de ambas as camadas e combinar-se-iam com partículas da camada gasosa, formando partículas com tamanho tal que já não conseguiriam voltar para a camada interior de onde saíram. Num processo longo de muitos anos, os “espaços” vazios deixados na camada mais interior por ausência das partículas que a deixaram, formariam cavidades subterrâneas que ao aluírem sob o peso da camada mais exterior levariam à fragmentação desta. Ao dar-se o colapso, muitos dos fragmentos iriam cair em meios “pantanosos”, com uma matriz líquida de composição diversa de local para local. Da incorporação de porções desta matriz líquida nos interstícios dos fragmentos nela caídos resultariam os diferentes minerais.

Sem dúvida que para Descartes e para os geólogos e mineralogistas que durante tantos anos seguiram a sua doutrina, a especificidade de cada mineral ou de cada metal é determinada pela sua composição que nos dará conta da sua essência. Essa composição não é, todavia, determinada de modo único a partir das mesmas “sementes”, no caso, de idêntico tipo de corpúsculos. Determinantes são também, os diferentes movimentos e as diferentes circunstâncias em que operam as forças que levam a essa composição. Também aqui, será possível visionar nestes diferentes movimentos e circunstâncias uma sobrevivência dos mais fortes contra o desaparecimento e aniquilação progressiva dos mais fracos?

No nosso século, a ideia das “razões seminais” dos minerais continua presente, um pouco por toda a parte, dentro e fora do campo da ciência. Os cosmólogos falam das “sementes das

galáxias”[35], como os biólogos falam das “sementes da vida”. Seduzido já pela Mecânica Quântica, Hopkins teorizou sobre o embrião gerador do ouro, chamando-lhe o *los* [36].

Qual grão lançado à terra que antes de germinar parece conhecer a morte num processo de aparente apodrecimento e dissolução, o desenvolvimento natural do *los* está condicionado pelo “seio materno” em que foi lançado e sobre ele têm influência determinante os diferentes astros. Um e outros ditam o seu ciclo natural de desenvolvimento, à semelhança do que se passa com o ciclo de germinação, crescimento e amadurecimento das diferentes espécies de animais e vegetais. Quantum de energia criativa, a sua estabilidade é tão grande que na nossa escala temporal, o podemos considerar perene. Por isso é também elixir de vida eterna. Ele consubstancia uma matriz de finas partículas de matéria energicizada, “mar” informe de protões, neutrões e electrões, a partir da qual, por diferente associação e combinação, todos os elementos naturais podem ser formados.

O segredo da sua actuação como “razões seminais” de tudo quanto existe, nomeadamente dos diferentes minerais, talvez deva ser procurado no dinamismo que terá informado os primeiros instantes do universo e, mais restritamente, nas condições de pressão e temperatura que ainda hoje se verificam em muitas estrelas, nas quais se inclui o sol. Nelas se formam continuamente novas e diferentes jazidas metálicas a partir de elementos totalmente diferentes. As recentes experiências planeadas, em Genebra, por um grupo de Físicos, procurando reproduzir os primeiros instantes que se seguiram ao Big-Bang em que se terá originado o Universo acreditam que assim possam. Nesses primeiros instantes apenas existia uma matéria ainda não organizada em átomos, nem núcleos, o *quagma*, uma “sopa” de quarks e glúões, com uma energia e uma densidade tão grandes que não permitiriam a distância necessária a qualquer organização elemental. Da “interacção forte” que manteria ligados os quarks constitutivos de cada protão e de cada neutrão, sob a acção de glúões, se constituiria a semente

dos diferentes elementos que nos instantes seguintes se foram formando, num processo de crescimento e amadurecimento ao correr de “interacções fortes” e interacções que o não são tanto, e que ainda hoje não está terminado, e não sabemos se algum dia terminará [37].

A chave da transmutação de um qualquer metal noutra está na sua própria origem a partir dessas “razões seminais” primitivas que foram e são as partículas elementares constituídas em “mar” informe de protões, neutrões e electrões. No dia em que o Homem as saiba manipular, compreenderá a possível formação e crescimento dos minerais no seio da Terra-mãe, como compreende já a formação de vegetais e animais a partir de um óvulo fecundado tornado semente que em si contém a formação, crescimento, vida e morte do ser em que se pode tornar. Até que ponto todas estas ideias e teorias que afirmam e crêem possível a manipulação das razões seminais se aproximam da “selecção natural” de C. Darwin serão susceptíveis de enquadrar num mesmo tipo de explicação a evolução dos seres biológicos e a evolução dos seres inorgânicos?

Se há alguns mil milhões de anos não havia tempo, nem espaço; se então, num vazio inimaginável, apenas existia uma pequena bola de fogo incensuravelmente quente e densa; se então, de repente, numa gigantesca explosão de radiações e matéria, nasceu o universo e com ele o Tempo e o Espaço, porque não nasceram também, nesse ou noutra momento da História, os minerais, como nasceu a vida vegetal e animal? E uma vez formados, porque não hão-de crescer e morrer com ciclos e mecanismos próprios?

Todas as múltiplas questões que se prendem com as muitas interrogações que aqui deixamos e a que poderíamos acrescentar muitas outras, configuram o muito em que podemos acreditar e aceitar no domínio do darwinismo inorgânico cuja abordagem nos parece ser muito mais complexa que a do darwinismo biológico, ainda que, porventura, muito paralela, cuja definição e explanação tanto celebrou o seu autor.

NOTA

¹ R. McKormick morreu muitos anos depois de terminada a viagem do *Beagle* com C. Darwin a bordo.

REFERÊNCIAS

- [1] Charles Darwin, *On the Origin of Species by Means of Natural Selection, or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life*, John Murray Ed., Londres, 1859.
- [2] Erasmus Darwin, *Zoonomia, or the Laws of Organic Life*, 2 vols, Londres, 1794.
- [3] John Darnton, *O Pecado de Darwin*, Oficina do Livro, Soc. Editorial, Lda, Casa das Letras, Lisboa, 2007.
- [4] *Idem*, p.316.
- [5] *Idem*, p.318.
- [6] *Idem*, pp.352-353.
- [7] *Idem*, p.357.
- [8] Samuel Parkes, *Chemical Catechism – Application of Chymistry to the Arts for the use of Young People, Artists, Tradesmen and the Amusement of Leisure Hours*, James Humphreys Ed., Filadélfia, 1807.
- [9] Charles Darwin, his life told in an autobiographical chapter, and in a selected series of his published letters, editado pelo seu filho, Francis Darwin, fellow of Christ's college, Cambridge, London, John Murray, Albermate St., 1892, pp.10-11.
- [10] W. Prout, *Annals of Philosophy* **6** (1815) 321-330.
- [11] W. Prout, *Annals of Philosophy* **7** (1816) 111- 113.
- [12] A. M. Amorim da Costa, "No centenário da Morte de Mendeleev – a dicotomia cósmica na sua tabela Periódica", *Química - Bol. Soc. Port. Química* **107** (2007) 25-29.
- [13] *Idem*, p. 26, nota 17.
- [14] Edward Thorpe in *History of Chemistry*, Vol II, *From 1850 to 1910* (G. P. Putnam's Sons, Londres, 1910), pp. 51-52.
- [15] Mircea Eliade, *Forgerons et Alchimistes*, Flammarion Ed., Paris, 1956, p.48.
- [16] Plínio, *Historia Natural*, XXXIV, 49.
- [17] Estrabão, *Geografia*, V, 2.
- [18] Citado por P. Sébillot, *Les Travaux Publics et les Superstitions de Tous les Peuples*, Paris, 1894, p. 398.
- [19] Citado por G. Bachelard, *La Terre et les Réveries de la Volonté*, Paris, 1948, p.247.
- [20] Mircea Eliade, *O. Cit.*, p. 55.
- [21] J.R Partington, *A History of Chemistry, Vol. I, Part. 1: Theoretical Background*, MacMillan & Co.Ltd, Londres, 1970, p. 158.
- [22] *Theophrasti de Lapidibus Liber, ab Adriano Turnebo Latinitate donatus*, Paris, Officina F. Morelli, 1577.
- [23] Paracelsus, *A Economia dos Minerais e Sua Genealogia* in Paracelsus, *Opera Omnia*, A. E. Waite Ed., Londres, 1894, vol.I, pp. 89-113.
- [24] *Livro dos Minerais* in Paracelsus, *Opera Omnia*, Ed. A. E. Waite, Londres, 1894 vol.I, pp. 237-56.
- [25] Paracelsus, *Opera Omnia*, A. E. Waite (Ed.), Londres, 1894, vol.I, pp. 92-93; 240 – 241.
- [26] T. Sherley, *A Philosophical Essay: Declaring the probable causes, whence Stones are produced in the Greater World*, Londres, 1672.
- [27] J. J. Becher, *Institutiones Chimicae Prodomae, id est, Oedipus Chemicus Obscuriorum Terminorum & Principiorum Chemicorum, Mystera aperiens & resolvens*, Amesterdão, 1664.
- [28] P. Gassendi, *Abrege de la Philosophie de Gassendi en VIII Tomes*, por F. Bernier, Docteur en Medicine de la faculte de Montpellier, Lyon, 1678, V, 85, 91, 107 and passim, citado in D. R. Oldroyd, *Mechanical Mineralogy, Ambix* **21** (1974) 159.
- [29] A. G. Debus, *The Chemical Philosophy*, Vol.II, Science History Publications, Nova Iorque, 1977, pp.473-484.
- [30] D. R. Oldroyd, "Some Neo-platonic and Stoic influences on mineralogy in the sixteenth and seventeenth centuries", *Ambix* **21** (1974) 153.
- [31] R. Boyle, *The Sceptical Chymist*, Londres, 1661, p. 364.
- [32] R. Boyle, *An Essay about the Origin and Virtues of Gems*, Londres, 1672.
- [33] D. R. Oldroyd, *Mechanical Mineralogy*, loc. cit., 157-178.
- [34] E. J. Aiton, *The Vortex Theory of Planetary Motions*, Londres, 1972.
- [35] Teresa Firmino, *As sementes das Galáxias* in Público, 27 de Abril, 2000.
- [36] A. J. Hopkins, "The kerotakis process of Zozimus", *Isis* **29** (1938) 327.
- [37] Teresa Firmino e Ana Gerschenfeld, *O Big Bang dentro da Televisão*, in Público, 27 de Abril, 2000.

ACTUALIDADE CIENTÍFICA

ENCONTRADA GLICINA EM COMETA

Investigadores da NASA detectaram a presença do aminoácido glicina (NH₂CH₂COOH) em amostras de poeiras do cometa Wild 2, recolhidas durante a passagem da sonda espacial Stardust em Janeiro de 2004 e devolvidas à Terra onde foram recuperadas em Janeiro de 2006.

Como a glicina é um dos componentes estruturais das proteínas, a sua presença num cometa reforça a ideia de que as moléculas essenciais à criação da vida se encontram espalhadas pelo universo. A astrónoma Jamie Elsila do *Goddard Space Flight*

Center da NASA, em Greenbelt, Maryland, EUA, anunciou a descoberta, que será apresentada numa edição próxima da publicação científica *Meteoritics & Planetary Science*.

Apesar de os astrónomos já suspeitarem há muito tempo que seria possível a glicina formar-se através dos processos exóticos e gelados da química espacial, a demonstração desta possibilidade tinha, até ao momento, permanecido fugidia.

De facto, a complexidade do aminoácido torna a sua identificação através de métodos espectrais extremamente difícil.

Apesar dos investigadores terem procurado avidamente a sua detecção no espaço interestelar durante décadas, os alegados sucessos reportados têm sido frequentemente contestados e mesmo retractados.

Assim, uma identificação definitiva de glicina através dos detectores baseados em aerogéis da Stardust pode sugerir que, pelo menos nos cometas, a química básica da vida é possível.

(adaptado de *Chemical & Engineering News* **87** (34) (2009) 32)

Paulo Brito

DA POBREZA QUÍMICA À SUSTENTABILIDADE E QUÍMICA VERDE

ADÉLIO A. S. C. MACHADO*

A partir de uma análise de dados estatísticos sobre a produção da Indústria Química de alguns países, bem como à escala mundial, introduz-se o conceito de pobreza química, uma componente da pobreza tecnológica presumivelmente tão importante como a pobreza energética. Como a pobreza química afecta uma parte significativa da população mundial, a sua eliminação no âmbito do Desenvolvimento Sustentável requer o aumento da produção e utilização de produtos químicos à escala global – e pressiona o desenvolvimento da Química Verde, essencial para que esse aumento seja implementado de forma benigna para o ambiente e saúde humana, conforme exige a Sustentabilidade.

Este artigo teve duas fontes inspiradoras de natureza muito diferente: por um lado, o conceito de *pobreza energética*, que se refere à situação de quase um terço da população mundial não ter acesso a serviços de fornecimento de energia (para uma visão global do alcance actual deste problema ver [1])¹; por outro, alguns dados estatísticos sobre a actividade da Indústria Química e a produção de produtos químicos nos EUA, a nível mundial e em países de nível de riqueza diferentes, divulgados pelo *American Chemical Council* (ACC ou AC₂), a associação das empresas da Indústria Química daquele país [2].²

O artigo tem os seguintes objectivos: primeiro, discutir brevemente a importância que a Indústria Química tem para o funcionamento da civilização industrial em vigor nos países avançados – à qual aspiram também as populações dos países em desenvolvimento – e para os respectivos economia e emprego; segundo, fazer sentir que há diferenças marcadas entre a produção e consumo de produtos químicos entre os países avançados e os países em desenvolvimento – o que conduz ao conceito de *pobreza química*; terceiro, como consequência dos anteriores, chamar a atenção para o facto de o Desenvolvimento Sustentável, quando prescreve a eliminação

das desigualdades entre os países pouco desenvolvidos e os países afluentes, com respeito pela conservação do ambiente e biosfera, implicar quer o crescimento da produção de químicos pela Química Industrial, quer a necessidade de inovar este campo de actividade da tecnosfera no sentido de o compatibilizar com a ecosfera – o que exige uma prática crescente e voluntariosa de Química Verde.

IMPORTÂNCIA DOS PRODUTOS QUÍMICOS NA VIDA DIÁRIA DOS CIDADÃOS

Os produtos químicos são omnipresentes na vida diária das populações dos países desenvolvidos, como tal ou incorporados na maior parte dos bens que são usados, real ou virtualmente³ – um facto tão trivial que é frequentemente esquecido pelas pessoas comuns e mesmo pelos profissionais da química: os produtos químicos acabam por ter um “estatuto de clandestinos”, só sendo lembrados quando causam problemas.

Na Tabela 1 (inspirada em [3]) ilustra-se esta situação, enumerando bens com que os habitantes dos países afluentes lidam todos os dias, quando estão em casa, ou vão às compras, ou saem nos tempos livres, etc. – esses bens ou são produtos químicos (a maior parte deles, produtos formulados⁴), ou objectos em cujo fabrico ou produção foram adicionados, incorporados ou utilizados produtos químicos, em maior ou menor extensão.⁵ A grande maioria dos bens, materiais,

utensílios, etc., que os habitantes dos países afluentes usam diariamente, proporcionando comodidade, conforto, etc., enfim, qualidade de vida, não existiriam, pelo menos na sua forma actual, se a Indústria Química não produzisse uma grande variedade de produtos químicos.

Se o leitor ainda não está convencido da extrema importância para a civilização industrial dos produtos químicos, olhe em volta e procure encontrar um objecto ou qualquer coisa que tenha sido feita *sem* a intervenção, óbvia ou não, de produtos químicos. Se nada encontrar no sítio onde está, não desespere – e, sempre que mudar de sítio, continue a procurar. Eventualmente, quando chegar a noite, se estiver luar, poderá ver a Lua, que está ainda isenta de produtos químicos – só que não é algo que tenha sido fabricado pelos humanos.⁶

Em suma, os habitantes dos países afluentes conseguem ter qualidade de vida graças a uma utilização intensiva dos produtos fabricados pela Indústria Química em grande número e, em muitos casos, em toneladas elevadas, e que são utilizados para os mais diversos fins, a nível pessoal ou colectivo. A discussão a seguir mostra o importante papel económico-social daquela indústria nos países avançados e analisa como a produção de químicos está relacionada com o nível de riqueza – que, como se sabe, é um dos principais factores que proporciona qualidade de vida.

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

Tabela 1 Bens de consumo feitos, conservados, embalados, etc., com químicos*

Casa	
Quarto	Lençóis, almofadas, mobílias, candeeiros, roupas, etc.
Quarto de banho	Sabonete, pasta de dentes, creme de barbear, desodorizante, cosméticos, toalhas, remédios, etc.
Cozinha	Fogão, frigorífico, máquinas de lavar, tachos e utensílios, alimentos, detergentes, etc.
Garagem	Carro, bicicleta, escada, detergente, polimento, tintas, solventes, etc.
Supermercado	
Alimentos	Leite e bebidas derivadas, pão, sumos, queijos, iogurtes, carne, etc.
Limpeza	Sabões e detergentes (sólidos e líquidos), lixívia, tira-nódoas, ceras (soalho e mobília, etc.), etc.
Higiene pessoal	Produtos dentários (pasta, líquidos para bochechar), produtos de barbear (gilete, creme, loções), sabonetes e champôs, desodorizantes, etc.
Automóvel	Pneus, lubrificantes e aditivos, anticongelantes, ceras de polimento, etc.
Centro comercial	
Roupas	Vestidos, fatos, camisas, malhas, roupa interior, etc.
Couros	Sapatos, carteiras, cintos, graxas, etc.
Brinquedos	Carros, bonecas, jogos, peças de lego, etc.
Utensílios para casa	Colheres, facas, tachos, abre-latas, etc.
Farmácia	Analgésicos, antiácidos, xaropes para a tosse, líquidos para os olhos, etc.
Praia	
Água	Pranchas de surf, barcos, bóias, óculos de natação, etc.
Areia	Guarda-sol, toalhas, colchão, bolas, etc.
Bar	Sanduíches, bolos, bebidas (cocacola, cerveja, etc.), gelados, etc.
Banho	Protectores solares, loções, fatos de banho, T-shirts, chapéus, óculos de sol, etc.
Pesca	Cana, linhas, anzóis, etc.

*) Inspirada em [3]

ALCANCE ECONÓMICO-SOCIAL DA INDÚSTRIA QUÍMICA

Em 2005, o ACC encomendou a uma consultora económica estudos que permitissem quantificar, mais incisivamente do que as estatísticas de venda, o alcance para a economia da actividade da Indústria Química nos EUA – por outras palavras, em que extensão o uso de produtos químicos atingia o estilo de vida da população, as outras actividades industriais, incluindo os serviços, etc., enfim, a sociedade em globo, e contribuía directa e indirectamente para o PIB e o emprego. O objectivo final era mostrar ao público, de forma facilmente compre-

ensível, o papel essencial da Indústria Química na economia do país – algo que a indústria sabe muito bem, mas que o público ignora ou, pelo menos, a que não presta atenção. Os resultados obtidos, muito elucidativos da omnipresença dos produtos químicos na actividade económico-social dos EUA e, por semelhança, dos outros países avançados, são sumariados a seguir.

Os indicadores ChemFactor. Os estudos envolveram a definição e cálculo de um indicador económico, o *ChemFactor* – um *indicador de toque*,⁷ cujo objectivo é aferir e mostrar até que ponto a Indústria Química tem efeitos (“toça”) nas restantes

actividades do país através do uso de produtos químicos [4]. Esse indicador pode ser calculado para as diversas indústrias e serviços, classes de produtos ou o consumo (ver a Tabela 2).⁸ Por exemplo, o *ChemFactor* para uma indústria é a percentagem do total de compras por essa indústria que são produtos químicos, materiais constituídos por produtos químicos ou seus derivados fabricados pela Indústria Química; na Tabela 2 (parte 1) apresentam-se exemplos de valores para diversos sectores industriais e tipos de produtos. Por exemplo, para o fabrico de tintas de impressão, o indicador tem o valor 100 – todos os materiais usados no fabrico provêm da Indústria Química; para o fabrico de pranchas de madeira aglomerada, o valor do indicador é 31 – 31%, em valor, dos materiais usados são produtos químicos, as resinas sintéticas usadas na aglutinação dos pedaços de madeira e outros.

Semelhantemente, podem-se calcular valores para classes de produtos com funções especializadas – por exemplo, a Tabela 2 (parte 2) inclui valores para diferentes produtos usados em embalagens. A embalagem é quase sempre algo imprescindível na venda de qualquer objecto ou bem e a quantidade de químicos gastos nela é frequentemente dominante. A tabela mostra, por exemplo, que os valores do *ChemFactor* para embalagens plásticas são da ordem de 70-80: Materiais plásticos para embalagem, 77; Garrafas de plástico, 74. O valor 77, à primeira vista anormalmente baixo para materiais plásticos, que são essencialmente produtos químicos, tem como provável explicação a elevada voracidade energética da Química Industrial Orgânica, nomeadamente a dos produtos de base dos plásticos (o decréscimo ligeiro de 77 para 74 para as garrafas corresponde à manufactura mecânica destas a partir do material plástico, um processo relativamente simples, que consome relativamente pouca energia quando comparado com os que o precedem na cadeia de valor daquele produto final).

O *ChemFactor* calculado para as diversas facetas do consumo mede o grau de contribuição dos produtos químicos para os bens de consumo. A Tabela 2 (parte 3) mostra que muitos dos bens que permitem qualidade

de vida às pessoas incorporam uma grande ou razoável contribuição relativa de produtos químicos. Aliás, sendo o valor do indicador para os serviços veterinários igual a 65 (o quarto valor da tabela), é de presumir que também para qualidade de vida dos animais os produtos químicos sejam importantes!⁹

O *ChemFactor* foi calculado ao longo das cadeias de fornecimento de materiais para mais de 400 categorias de produtos industriais e de consumo. A análise global dos resultados mostrou que 96% dos bens fabricados “são tocados” directamente pela Indústria Química – a sua manufactura envolve o uso de produtos químicos; e que 6% do valor total dos produtos comprados pela economia provém da Indústria Química (excluindo as compras no interior da própria indústria). Definindo *indústria dependente de produtos químicos* como toda a indústria com *ChemFactor* igual ou superior a 10 (20 para as indústrias de serviços, que usam menos materiais), calculou-se ainda que a contribuição do conjunto destas indústrias para o PIB dos EUA correspondia a 25,2% deste.

IMPORTÂNCIA DOS PRODUTOS QUÍMICOS NO EMPREGO

Um outro aspecto que interessa considerar para aferir a importância económico-social da Indústria Química é a sua contribuição para o emprego. Na Tabela 3 apresenta-se dados (EUA, 2004)¹⁰ [2] que permitem sentir a importância da Indústria Química como força motriz de criação de emprego. Aquela indústria era responsável por 882 mil postos de trabalho, mas envolvia *directamente*, a montante e a jusante, mais quase cinco milhões de empregos. O total de postos de trabalho directamente ligados à Indústria Química, quase 5,8 milhões, correspondia a cerca de 4% da força de trabalho do país. Um cálculo simples a partir dos valores anteriores mostra que, por cada emprego na Indústria Química, se geram directamente 5,6 empregos na economia em globo – ou seja, o *factor multiplicativo*¹¹ do trabalho na Indústria Química é muito elevado, da ordem de 6,6. Os 5,8 milhões de postos de trabalho gerados a partir daquela indústria distribuem-se por sectores de actividade muito diversificados.

Tabela 2 Exemplos de valores dos índices *ChemFactor**

Actividade	Valor do índice
1. Produtos da actividade industrial e serviços	
Tintas de impressão	100
Serviços de design especializados	48
Revestimento electrolítico	42
Aglomerados de madeira	31
Manufatura de sinais e tabuletas	30
Semicondutores	30
Fotocopiadores e equipamento fotográfico	27
Botões	26
Envelopes	24
Fabrico de tijolos e telhas cerâmicas	17
Extracção mineira de metais	15
Tratamento de águas	10
Computadores	10
Aviões	7
2. Produtos de embalagem	
Materiais plásticos para embalagem	77
Garrafas de plástico	74
Embalagens de papel forrado	37
Caixas de cartão	22
Embalagens de vidro	17
Latas de metal	7
3. Bens de consumo	
Tintas	100
Laminados e revestimentos de vinilo (para o chão)	77
Alcatifas e carpetes	68
Serviços veterinários	65
Pneus	62
Artigos de cabeleireiro	46
Serviços fotográficos	45
Serviços hospitalares	43
Brinquedos, bonecas e jogos	38
Fraldas descartáveis	37
CDs/DVDs/Cassetes de vídeo	34
Artigos desportivos	31
Pilhas	37
Sapatos	26
Livros	25
Produtos para cirurgia	25
Sofás e estofos	24
Produtos de desenho, pintura, etc.	23
Jornais e revistas	21
Louças e talheres	21
Lavandaria e limpeza a seco	20
Mobílias de madeira	17
Construção de casas	15
Veículos a motor	14

*) Dados respigados de [4]

Tabela 3 Dados sobre o emprego ligado directamente à Indústria Química (EUA, 2004)*

Sector	Número de postos de trabalho (milhares)
Indústria Química	882
Fornecedores	676
Sectores a jusante	4.226
Total	5.784
% do Total de postos de trabalho no país	4%
Factor multiplicativo	6,6

*) Dados de [2]

O cálculo dos *ChemFactors* permitiu verificar que o alcance dos produtos químicos no mercado de emprego era muito mais amplo do que o evidenciado pelos valores da Tabela 3: as empresas com actividade dependente de produtos químicos empregavam 36 milhões de trabalhadores ou 26,1% da força de trabalho total dos EUA (ver na Tabela 4 a distribuição deste número pelas diversas actividades que manipulam produtos químicos). Se se comparar este número com os 882 milhares de trabalhadores da própria Indústria Química, obtém-se um “factor de toque” (dado pela razão dos dois valores) de quase 42 vezes. Considerando a soma dos números de trabalhadores na própria Indústria Química e nas indústrias dependentes, conclui-se que quase 27% do emprego nos EUA (2004) tinha alguma coisa a ver com produtos químicos. Esta percentagem é bem elucidativa da importância da Indústria Química para o emprego nos países industrializados.

Tabela 4 Empregos “tocados” pela Indústria Química (EUA, 2004)*

Sector de actividade	Número de empregos (milhares)
Indústria Química (emprego directo)	882
Agricultura	1.031
Indústria mineira e utilidades*	404
Construção	6.062
Fabrico de bens duráveis	6.230
Fabrico de bens não duráveis	3.669
Comércio grossista	372
Informação	1.299
Serviços	4.877
Saúde	12.055
Total	35.998
(% do Total de empregos no país)	26,1%)
Total global	36.880
(% do Total de empregos no país)	26,6%)
Factor de toque	41,8

*) Dados de [4]

QUANTIFICAÇÃO DA IMPORTÂNCIA DOS PRODUTOS QUÍMICOS NA QUALIDADE DE VIDA

Na Tabela 5 apresentam-se dados sobre valores da produção de produtos químicos no mundo, segundo o ACC [2]. Uma simples divisão do valor total pela população mundial [5] mostra que o valor médio da produção anual por habitante é superior a \$350 / pessoa / ano, mas este valor, como quase todas as médias, é enganador. Um relance à tabela evidencia que a produção ocorre maioritariamente na Europa (36,9%) e América do Norte (25,4%) e na Bacia do Pacífico (28,4%), sendo que mais de dois terços deste último valor diz respeito ao Japão – ou seja, cerca de 80% dos produtos químicos são fabricados nos continentes ou países desenvolvidos e, naturalmente, beneficiam mais directamente os seus habitantes.

Tabela 5 A produção de produtos químicos no mundo (2004)*

País/região	Produção	%
	Valor (10 ⁹ US\$)	
EUA	516	23,0
Canadá	36	1,6
México	19	0,8
Total parcial – América do Norte	571	25,4
América Latina	120	5,3
Europa Ocidental	748	33,3
Europa Central e Oriental	81	3,6
Total parcial – Europa	829	36,9
África e Médio Oriente	89	4,0
Ásia/Bacia do Pacífico	637	28,4
Total – Mundo	2246	100,0

*) Dados de [2]

A maioria da população dos numerosos países pouco desenvolvidos da África e da Ásia, e mesmo dos países em desenvolvimento destes continentes e da América Latina, tem um acesso deficiente aos produtos químicos usados directamente (detergentes, remédios, fertilizantes, etc.) ou incorporados em bens – esta situação é análoga à da energia, podendo falar-se, por semelhança, em *pobreza química*. A análise seguinte suporta este conceito.

Os valores apresentados para os três países da América do Norte, como

estes usam presentemente o mesmo sistema estatístico,¹² permitem analisar quantitativamente a importância dos produtos químicos para a maior ou menor qualidade média de vida dos respectivos habitantes – já que são todos países com grandes economias, embora com grau de desenvolvimento e nível de riqueza diferente. A partir dos valores da Tabela 5 e de dados sobre a população e Produto Interno Bruto (PIB) para os três países [5], pode-se calcular o valor de produção de produtos químicos por habitante para cada um dos países, verificando-se que esse valor cresce com o desenvolvimento económico, ocorrendo um fosso entre o México (\$184/habitante), país em desenvolvimento, e os outros dois, países afluente (mais de \$1.000/habitante): México << Canadá < EUA (ver a Fig. 1).

Para analisar melhor a relação, é útil

representar o Produto Interno Bruto por habitante (PIB/hab) em função do valor de produtos químicos produzidos por habitante (ver a Fig. 2) – a representação mostra uma forte correlação entre as duas grandezas.

A Fig. 2 inclui um ponto referente ao Mundo, baseado no valor global da produção de químicos (Tabela 5) dividido pela população mundial e no PIB médio por habitante para o mundo, ponto esse que fica próximo do do México – denota valores baixos quer para a produção de químicos quer para a riqueza por habitante do pla-

neta. Por outro lado, se se introduzirem naquela figura, como ordenadas, valores do PIB/habitante da ordem de \$1.000/pessoa, vulgares para os países pouco desenvolvidos [5], estimam-se valores irrisórios para o consumo de produtos químicos por habitante – o que evidencia a extensão do problema da pobreza química no mundo.

Na Fig. 3 apresenta-se as percentagens dos valores dos químicos produzidos relativamente ao PIB para cada um dos três países. A figura mostra que essa percentagem sobe pela ordem México < Canadá < EUA, isto é, sobe com o nível de desenvolvimento – pode-se, assim, concluir que o aumento da qualidade de vida

está associado a uma maior quota de importância da Indústria Química na economia de um país. Note-se, ainda, que nos países avançados, como os EUA e o Canadá, a Indústria Química representa mais de 4% da economia (medida pelo PIB).

Em suma, embora os raciocínios anteriores envolvam incertezas decorrentes, por exemplo, de se ignorar as exportações e importações de químicos, os resultados obtidos mostram quanto a Indústria Química é um factor fulcral para obter riqueza e proporcionar qualidade de vida. Mais precisamente, usando o PIB por habitante como medida da qualidade de vida, conclui-se que quanto maior é o valor da produção de produtos químicos maior é a riqueza e a qualidade de vida que dela resulta.

A POBREZA QUÍMICA, O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E A QUÍMICA VERDE

Uma prescrição do Desenvolvimento Sustentável, avançada logo no Relatório Brundtland [6], é a diminuição do fosso da qualidade de vida entre os países pouco desenvolvidos e os afluentes – o que implicará melhorar a dos primeiros e, por isso, em face da discussão anterior, arrastará aumentos acentuados na quantidade de produtos químicos fabricados (e não só). Em consequência, o futuro da Indústria Química é promissor – é de prever que, em termos globais, tenha de continuar a crescer.

Por outro lado, o fabrico e uso de produtos químicos têm dado origem a enormes quantidades de resíduos e provocado a dispersão de variados poluentes, ocasionando problemas diversificados para a saúde humana e ecológica (para uma visão global, ver [7]), não admissíveis pelo Desenvolvimento Sustentável, e que não podem continuar a ocorrer. A pressão social e legislativa para a sua eliminação e atenuação tem vindo a crescer (por exemplo, na Europa, o REACH [8]), o que impõe que a química seja reformatada para que possa suportar a Sustentabilidade [9] – sendo assim inevitável o desenvolvimento progressivo da Química Verde e a intensificação do seu uso pela Indústria Quí-

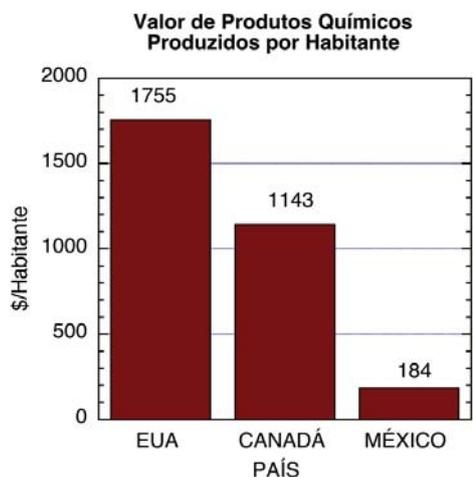


Figura 1 Produção de produtos químicos por habitante para os três países da América do Norte

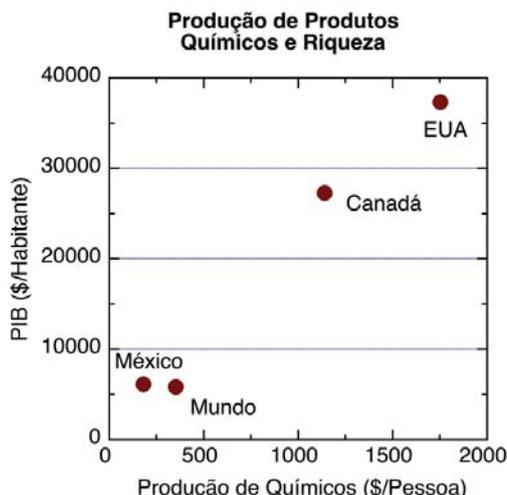


Figura 2 A qualidade de vida dos habitantes de um país, medida pelo PIB/habitante, apresenta uma forte correlação com valor de produtos químicos produzidos

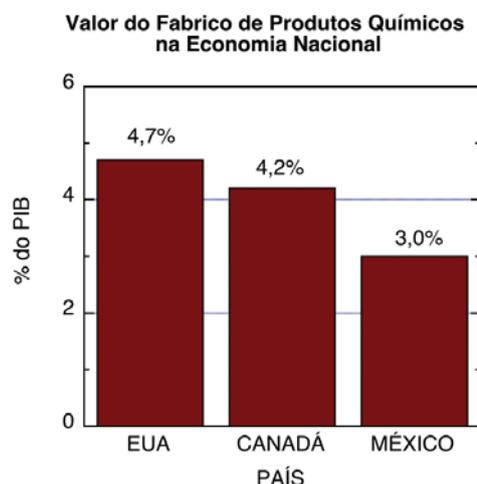


Figura 3 O valor dos produtos químicos fabricados cresce com a riqueza do país (medida pelo PIB/habitante)

mica. Em suma, a pobreza química constitui, afinal, um poderoso estímulo para a mudança profunda no modo de praticar a química que a Química Verde constitui.

DISCUSSÃO FINAL E CONCLUSÕES

As estatísticas sobre a produção da Indústria Química dos países industrializados evidenciam quanto os produtos desta indústria contribuem para a qualidade de vida da sua população – não esquecendo, porém, que as estatísticas globais escondem o fosso entre ricos e os pobres: num mesmo país, como o nível de vida varia com os estratos populacionais, nem toda a gente beneficia igualmente com o fabrico e uso dos produtos químicos, aliás como sucede com todos os outros factores que determinam o nível de vida.

Os dados apresentados e a sua discussão demonstram a importância que a Indústria Química tem para a economia das sociedades industrializadas, algo de que os profissionais da Química Industrial têm plena consciência mas que o público em geral ignora – e mesmo alguns químicos académicos, por vezes, parecem esquecer. Em particular, os indicadores *ChemFactor* construídos por iniciativa do ACC revelam a penetração mais ou menos extensa dos produtos químicos na grande maioria das actividades económicas – indústria, serviços, consumo, etc. – dos países avançados, onde a civilização industrial atingiu um elevado nível de desenvolvimento.

Em face desta situação, o progressivo desaparecimento da Indústria Química no nosso país é um aspecto muito preocupante quanto ao modo como o desenvolvimento industrial tem sido implementado. Sendo aquela indústria extremamente importante como suporte de quase toda a actividade industrial e de serviços, bem como do emprego em geral,¹³ o seu esvaziamento implica consequências negativas de amplitude brutal para a actividade económica nacional, que transcendem em muito a própria Indústria Química. Como os produtos químicos são incorporados nos mais diversos bens de consumo, quer duradouros quer precários, a existência da indús-

tria do seu fabrico contribui para um entrosamento denso e resiliente do tecido industrial, ao contrário de instalações pontuais de fábricas com outras actividades menos invasivas, isto é, cujos “factores de toque” são mais limitados (para já não mencionar que a instalação de tais fábricas por multinacionais é frequentemente temporária, ao passo que as grandes instalações da Indústria Química pesada, dados os vultuosos investimentos de capital que requerem, têm de ser construídas com um alcance temporal longo).

Por outro lado, em face do papel fulcral dos produtos químicos na civilização industrial é também preocupante o percurso que o ensino da química no Ensino Secundário tem vindo a seguir no nosso país, por exemplo: a progressiva diminuição do tempo lectivo dedicado à disciplina, que sugere uma tendência perigosa para o seu eventual banimento a curto prazo; ou a organização de programas tendo como base o difuso tema “moléculas no espaço”, em vez da importância societal da química ou do valor económico da Indústria Química, temas potenciadores de um ensino da química dirigido ao papel dominante desta ciência no funcionamento da tecnosfera e na nossa vida diária – “moléculas na Terra”(!).

A análise apresentada mostra que há lugar para se falar de pobreza química, que tal como a pobreza energética, é uma componente da pobreza tecnológica, que, por sua vez, é uma das variadas facetas da pobreza em geral. Embora não seja possível apresentar dados que suportem a afirmação, dada a importância que a energia tem para a Indústria Química, é de presumir que as duas referidas pobreza tecnológicas estejam fortemente correlacionadas. Outro aspecto a investigar será a correlação entre a diminuição da pobreza química e o crescimento da riqueza global (p. ex., PIB/habitante) ao longo do tempo, para as sociedades desenvolvidas ou em desenvolvimento. Em suma, a pobreza química parece ser um conceito suficientemente interessante para merecer estudos mais aprofundados.

Finalmente, em termos mais globais, a correlação existente entre a produ-

ção de produtos químicos e a qualidade de vida significa que a melhoria das condições de vida nos países em desenvolvimento, e das populações menos favorecidas dos desenvolvidos, continuará a requerer um crescimento da referida produção. Este facto augura bom futuro à Indústria Química, desde que ela seja capaz de introduzir mudanças adequadas para que o fabrico e utilização dos seus produtos sejam feitos com menores danos para o ambiente e a saúde humana e ecológica – para o que tem de mudar a sua actividade para a rota do Desenvolvimento Sustentável. Neste contexto, a análise da importância económico-social da Indústria Química suporta, portanto, a premência de desenvolver a Química Verde e de concretizar a sua implementação por meio de Engenharia Química Verde, o mais rápida e extensivamente que for possível.

NOTAS

¹ O conceito de pobreza energética (“energy poverty”) aplica-se geralmente aos países menos desenvolvidos e países em desenvolvimento, onde se estima haver cerca de 2.000 milhões de pessoas, na maior parte rurais, sem acesso a serviços de fornecimento de combustíveis [1]. No entanto, o conceito também tem cabimento para os países desenvolvidos, onde se considera ocorrer (“fuel poverty”) quando uma família tem de despendar mais de 10% do rendimento disponível nas contas de electricidade, gás e outros combustíveis que consome (esta definição data dos fins dos anos oitenta do século passado, tendo sido introduzida por Boardman [10]). No Reino Unido, a erradicação deste problema foi contemplada por via legislativa (*Warm Homes and Energy Conservation Act*, 2000), mas o encarecimento dos custos de energia nos últimos anos tem-no acentuado [11]. Uma busca com o Yahoo (em 2009.06.06) conduziu a 399.000 páginas para “energy poverty” e 1.760.000 para “fuel poverty”, mas apenas a 57 para “chemicals poverty” (sem que nenhuma destas últimas se referisse ao conceito tal como formatado no presente artigo). Uma busca na Wikipedia (em 2009.06.06) mostrou que esta não continha a entrada “chemicals poverty”, ao contrário das

duas referentes à pobreza energética.

² O autor deste artigo tem usado, na cadeira sobre Química Industrial que vem leccionando desde meados dos anos oitenta do século passado, dados estatísticos sobre a Indústria Química dos EUA e sua produção, como exemplo da situação dos países avançados quanto ao fabrico e uso dos produtos químicos. Como se trata de um grande país, com uma Indústria Química muito diversificada, os dados estatísticos, relativamente fáceis de obter e uniformes, evidenciam muitos aspectos importantes daquela indústria. Entretanto, com o desenvolvimento do resto do mundo, particularmente dos países da Bacia do Pacífico (mas não só), e mais recentemente, com o avanço da Globalização, a importância económica dos EUA e da sua Indústria Química tem-se vindo a esbater – nos meados dos anos oitenta a economia dos EUA representava cerca de um terço da economia mundial, presentemente já representa menos de um quarto. Em 2007, a Indústria Química dos EUA produziu 21% dos produtos químicos fabricados no mundo [2].

³ Um componente virtual dum produto é algo que, não existindo fisicamente no produto, foi utilizado no seu fabrico ou obtenção, por exemplo, o conteúdo virtual de água em 1 kg de cereal é de 1.000 L.

⁴ Ou “fórmulas” – misturas de compostos que, além do composto funcional para a utilização, incluem outros, destinados a potenciar a actividade dele, estabilizá-lo, etc.

⁵ Por exemplo, em 2007, um automóvel fabricado nos EUA incorporou, em média, \$2.664 de produtos químicos, mais de 10% do seu custo de fabrico – produtos químicos reais (por exemplo, plásticos, espumas, borrachas, etc.) ou virtuais

(por exemplo, ácido sulfúrico usado no fabrico do aço) [12].

⁶ Em rigor, como a Lua já foi visitada por humanos e foi enviado para lá variado equipamento de observação, apesar das precauções tomadas para não deixar lixo, não se pode garantir que não existam lá resíduos de químicos artificiais!

⁷ Tradução literal de “touch indicator”.

⁸ Os valores da tabela são os referentes a 2004, ano em que os indicadores *ChemFactor* começaram a ser obtidos pelo ACC [4]. Valores aparentemente mais recentes, embora menos completos, podem ser obtidos na respectiva página [2] (as diferenças nos valores são pequenas).

⁹ Não se pode esquecer, porém, que a quase totalidade dos animais são hoje criados para acabarem no prato dos humanos!

¹⁰ Neste artigo, usaram-se dados de fabrico de produtos químicos, emprego, etc., referentes a 2004 por duas razões: por um lado, os valores dos *ChemFactor* foram obtidos para este ano; por outro, naquele ano, após a crise do início da década e antes do encarecimento do petróleo que ocorreu mais recentemente, a economia atravessava um período de relativa estabilidade.

¹¹ O factor multiplicativo é a razão entre o número de postos de trabalho totais e o número de postos de trabalho na Indústria Química.

¹² Os três grandes países da América do Norte (Canadá, EUA e México) adoptaram, em 1997, no âmbito do acordo comercial NAFTA (“North America Free Trade Agreement”), um sistema estatístico de actividades económicas uniformizado, conhecido pela sigla NAICS (“North American Industry Classification System”), pelo que as comparações dos dados estatísticos para os três países

são fidedignas, pelo menos em princípio.

¹³ Para já não falar do emprego profissional dos químicos.

REFERÊNCIAS

- [1] A. D. Sagar, “Alleviating Energy Poverty for the World’s Poor”, *En. Pol.* **33** (2005) 1367-1372.
- [2] *American Chemistry Council (ACC)*, em http://www.americanchemistry.com/s_acc/index.asp.
- [3] P. R. Seidl, M. N. Magalhães e C. R. Augusto, “An Introductory Course in Industrial Chemistry for Freshman”, *J. Chem. Ed.* **78** (2001) 218-222.
- [4] M. G. Moore e T. K. Swift, “Driving the Economy”, *American Chemistry* (2005) 24-26 de Setembro.
- [5] *The Economist*, “Pocket World in Figures”, 2006.
- [6] G. H. Brutland (Chairwoman), “The World Commission on Environment and Development”, *Our Common Future*, Oxford UP, 1987.
- [7] OECD Environmental Outlook to 2030, OCDE, 2008.
- [8] Royal Society of Chemistry, *A Brief Guide to Reach*, RSC, 2008.
- [9] A. A. S. C. Machado, “Química e Desenvolvimento Sustentável – QV, QUIVES, QUISUS”, *Química - Boletim SPQ* **95** (2004) 59-67.
- [10] B. Bordman, *Fuel Poverty: From Cold Homes to Affordable Warmth*, Wiley, 1991.
- [11] T. Webb, “Fury as Fuel Poverty Soars Close to a 10-Year Record”, *The Observer* (2008) 20 de Janeiro.
- [12] A. Tullo, “Impact of GM’s Bankruptcy”, *Chem. Eng. News* **87(23)** (2009) 8 de Junho, 8.

ACTUALIDADES CIENTÍFICAS

RESERVAS NATURAIS DE FOSFATOS EM PERIGO DE EXAUSTÃO ?

Os fertilizantes à base de fosfatos ajudaram o forte aumento da produtividade agrícola verificado no século passado, mas discute-se se corremos o risco de, num futuro próximo, esgotar-mos as reservas disponíveis. Tal como a discussão em torno das reservas de petróleo, pode dar-se o caso

de haver uma contínua descoberta de novas reservas (embora com custos crescentes de exploração e/ou purificação), mas não podemos esquecer que todas elas são limitadas e as nossas necessidades não param de crescer a ritmos impressionantes.

Num artigo publicado na revista *Nature* do passado dia 8 de Outubro, Natasha Gilbert procura esclarecer se há

ou não razões para alarme.

Embora as estimativas que se fazem do consumo e das reservas existentes estejam sujeitas a erros não quantificáveis, inerentes à falta de informação (intencional ou não, por exemplo no que respeita a estratégias de concorrência e de constituição de reservas estratégicas), vale a pena apresentar e pensar nos números que se conse-

guem apurar. Estima-se que em 2008 tenham sido extraídas 161 milhões de toneladas de fosfato. Admite-se que haverá um crescimento na procura de fertilizantes de 2,5 a 3% ao ano nos próximos 5 anos.

Por outro lado, estima-se que as reservas de fosfato no solo restantes (concentradas essencialmente em Marrocos, Saara Ocidental, China, Estados Unidos, Rússia e África do Sul) sejam de 62 mil milhões de toneladas (ou seja, 62 gigatoneladas). Tomando como base estes valores, prevê-se que as reservas se esgotem em cerca de 125 anos. Contudo, o facto de a população mundial estar a crescer rapidamente pode reduzir esta previ-

são, havendo quem aponte um limite temporal de 50 anos!

Porém, a elevada incerteza nos valores das reservas pode tornar este cenário menos preocupante. De qualquer forma, há quem peça a criação de uma entidade internacional que, à semelhança do que se passa para a água, energia ou azoto, assuma a responsabilidade dos recursos de fosfato.

Os agricultores têm usado os fertilizantes em excesso por precaução. Se tal procedimento inflaciona as necessidades e impulsiona a procura, a verdade é que ele cria reservas de fosfatos no solo. Os agricultores na

Europa e nos Estados Unidos têm vindo a reduzir a sua utilização, mas na China a utilização excessiva é ainda um facto.

Os mais optimistas argumentam que haverá outras fontes ainda não descobertas, embora não se consiga prever o seu impacto.

A verdade é que actualmente não há um substituto para o fosfato pelo que, mesmo nos cenários mais optimistas, não podemos deixar de colocar (também) este recurso sob vigilância.

JM

VIDA EXTRA-TERRESTRE EXÓTICA ? À PROCURA DE FORMAS DE VIDA DESCONHECIDAS.

Foi criado na Universidade de Viena um grupo de investigação de “Solventes Alternativos como base para Zonas de Suporte de Vida em Sistemas (Exo-) Planetários” liderado pela Prof^a Maria Firneis.

Estes cientistas procuram estudar como pode ocorrer a evolução de vida em solventes “exóticos”, como ácido sulfúrico em vez de água, envolvendo bioquímica exótica.

Tradicionalmente, procuram-se planetas que possam sustentar vida em “zonas habitáveis”, ou seja, em regiões em torno de estrelas nas quais existam planetas do tipo Terra que possuam atmosferas com dióxido de carbono, vapor de água e azoto e que possam ter água líquida à sua superfície.

Os cientistas têm procurado biomarcadores produzidos por vida extra-terrestre com metabolismos semelhantes aos terrestres, em que a água é utilizada como solvente e em que as “peças de lego” da vida são aminoácidos, baseados em carbono e oxigénio. Contudo, estas podem não ser as únicas condições em que se desenvolve vida. Aliás, na Terra, há ecossistemas “extremos” que seriam inviáveis para

os seres vivos terrestres comuns mas que, mesmo assim, suportam organismos.

Parece ser a altura de adoptar uma atitude mais radical e admitir que possam existir outras formas de vida diferentes das terrestres, que não dependem de água, nem de metabolismos baseados no carbono ou oxigénio.

Um dos requisitos de um solvente que possa suportar vida é que se mantenha líquido num amplo intervalo de temperaturas. A água é líquida entre 0 °C e 100 °C, mas outros solventes permanecem líquidos a temperatura superiores a 200 °C. Tais líquidos podem permitir a existência de um oceano num planeta próximo da estrela central.

No extremo oposto, um oceano de amónia pode existir a distâncias à estrela central superiores.

Além disso, pode encontrar-se ácido sulfúrico na atmosfera de Vénus e sabemos ainda que há lagos de metano/etano que cobrem parte da superfície de Titã, a maior lua de Saturno.

Não admira pois que se mantenha acesa a discussão sobre a existência de vida extra-terrestre e sobre quais as melhores estratégias para a sua detecção, e não apenas nos exoplanetas e zonas habitáveis.

É objectivo deste grupo vienense, e dos seus colaboradores internacionais, investigar as propriedades de uma gama de solventes (excluindo a água), incluindo a sua abundância no espaço, as suas características térmicas e bioquímicas bem como a sua capacidade de suportar a origem e a evolução de metabolismos que suportem vida (ver www.europlanet-eu.org/demo/).

JM

PILHAS DE COMBUSTÍVEL

LUÍS ALCÁCER

As células, que constituem as pilhas de combustível, convertem directamente energia química em energia eléctrica com rendimentos elevados e são pouco poluentes. Contudo, para que a tecnologia das pilhas de combustível venha a ter uma participação significativa no mercado de produção de energia, é necessário resolver muitos problemas relacionados com a escolha dos combustíveis e com os materiais de que são feitas. Neste artigo, faremos uma descrição do princípio de funcionamento e dos tipos de pilhas mais comuns, bem como algumas considerações sobre os materiais mais adequados e perspectivas de desenvolvimento.

INTRODUÇÃO

As questões relacionadas com a utilização e os custos de energia constituem preocupações tanto do cidadão comum como de instituições e governos de todo o mundo. Efeito de estufa, emissões de CO₂, alterações climáticas, dependência das reservas de combustíveis fósseis são temas recorrentes dessas preocupações.

Cerca de 80% da produção de energia eléctrica vem de combustíveis fósseis e combustível nuclear, e grande parte da energia consumida em transportes tem origem no petróleo. As previsões do Conselho Mundial de Energia (*World Energy Council*) indicam que a procura de energia irá triplicar até 2050, à medida que a população mundial sobe a 8 a 9 mil milhões e os países em desenvolvimento elevam os seus padrões de consumo. Os combustíveis fósseis são, por definição, não renováveis e, por conseguinte, destinados a esgotar-se, forçando as economias a mudar, e gerando tensões geopolíticas. As emissões dos combustíveis fósseis e os resíduos do nuclear criam poluição atmosférica, das águas e do ar, e lixo tóxico. O Painel Intergovernamental sobre mudanças climáticas das Nações Unidas (*Intergovernmental Panel on Climate Changes, IPCC*) chama a atenção para o facto de que essas emissões e resíduos causam mudanças significativas dos padrões climáticos que

afectarão toda a humanidade nas próximas décadas.

A tomada de consciência dos problemas ambientais e das limitações relativas às fontes de energia estão a conduzir a uma profunda evolução no modo de encarar a sua produção e gestão. Embora seja previsível que os combustíveis fósseis e o nuclear continuem a ser as principais fontes de energia durante muitos anos, há uma urgência premente de desenvolvimento de soluções alternativas de produção e armazenamento de energia. A procura de tecnologias mais limpas, mais baratas, com instalações de menor dimensão, e mais eficientes tem levado a desenvolvimentos recentes, os quais quase sempre se situam na área da ciência e engenharia de materiais.

As esperanças, em tempo, depositadas nas energias renováveis são totalmente irrealistas e quando muito, elas poderão vir a representar uma contribuição máxima de uns 20% para a produção total de energia no mundo. As acções, apoios e incentivos dos governos, visando soluções imediatas, carecem de coerência e visão estratégica a longo prazo.

Se soluções há para estes problemas, elas passam necessariamente por i) implementação de uma gestão mais racional dos recursos energéticos (e.g. redução de consumos desnecessários, etc.); ii) mudança de paradigma para a energia usada em transportes; iii) maior recurso ao nu-

clear; iv) diversificação da produção com inclusão da contribuição possível das energias renováveis.

O uso de um motor eléctrico silencioso, não poluente, com elevada eficiência pareceria ser a solução ideal para alguns desses problemas. Embora se pensasse inicialmente que o problema se resolveria com o uso de acumuladores para armazenar energia para veículos de tracção eléctrica, que seriam ligados à rede, uma análise aprofundada mostra que tal solução não é viável, em larga escala, devido a limitações na eficiência dos ciclos de carga e descarga, pelo número limitado de ciclos possíveis, e mais do que tudo, pela necessidade das lentas operações de carga e da sua dependência das centrais eléctricas.

Em face da promessa de produzir energia limpa com eficiências elevadas, as pilhas de combustível têm sido muitas vezes mencionadas nas televisões e nos jornais por todo o mundo nas últimas décadas especialmente depois de 1997. À luz do quadro actual de intensa investigação em procura de fontes alternativas de energia não poluente, estes dispositivos electroquímicos emergem como candidatos sérios para aplicações em veículos de transporte, em centrais de produção de energia e em fontes de alimentação para dispositivos electrónicos portáteis (e.g., telemóveis e computadores).

Embora a ideia de implementar uma economia de hidrogénio sugira um

cenário optimista, a sua implementação enfrenta dificuldades técnicas enormes.

A tecnologia mais económica para produção de hidrogénio em larga escala é a partir do gás natural e produz quantidades consideráveis de gases poluentes. A acrescentar o problema do armazenamento que também não se afigura simples. A menos que haja um avanço significativo no que respeita aos processos de produção e armazenamento de hidrogénio, a ideia de uma economia de hidrogénio continua a ser um cenário pouco realista.

No que respeita a células de combustível, as que se afiguram mais viáveis comercialmente são as baseadas em combustíveis hidrocarbonetos ou metanol e etanol. De outro modo, as tecnologias das células de combustível serão limitadas a nichos de actividade restritos, para os quais o hidrogénio possa ser uma opção comercial, como em transportes urbanos. A escolha do combustível será de qualquer modo um factor decisivo na comercialização das pilhas de combustível e na sua penetração no mercado.

Apesar das atractivas características das tecnologias das pilhas de combustível, nomeadamente das eficiências de conversão de energia e dos benefícios ambientais a elas associados, o desenvolvimento de produtos industriais comercialmente viáveis tem sido difícil.

O desenvolvimento tecnológico nesta área é um desafio de natureza multidisciplinar, mas, tal como em todas as tecnologias de produção de energia, muitos dos problemas encontrados estão associados à inexistência de materiais apropriados ou processos de fabrico que viabilizem custos da energia por kWh competitivos com as tecnologias existentes.

Neste breve texto, faremos uma descrição do princípio de funcionamento das células de combustível, e das suas variedades, após o que analisaremos alguns dos aspectos mais relevantes relativamente aos materiais actualmente usados e suas características, bem como as perspectivas de desenvolvimentos futuros.

PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO

A célula de combustível, inventada em 1839 por Sir William Grove, tem como paradigma actual, a célula de H_2/O_2 . É um dispositivo electroquímico que converte directamente energia química em energia eléctrica e calor. A reacção química global envolve a combinação de hidrogénio com oxigénio dando origem à formação de água.

As células de combustível são semelhantes às baterias, sendo compostas por dois eléctrodos, o cátodo e o ânodo, normalmente porosos e revestidos por um catalisador, em geral, platina, e separados por um electrólito (Fig. 1).

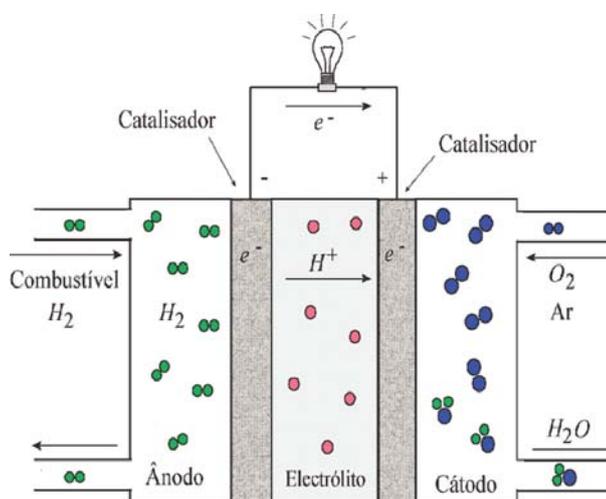


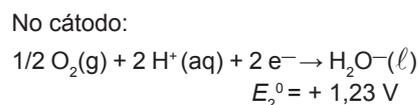
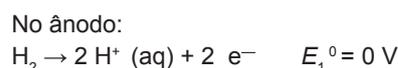
Figura 1 Esquema básico de funcionamento de uma célula de combustível

No ânodo, o combustível, tipicamente o hidrogénio molecular, é convertido em íons H^+ (protões) e electrões. Os electrões alimentam o circuito exterior, gerando trabalho (energia), e vão recombinar-se no cátodo com os protões que circularam através do electrólito, e com o oxigénio, aí presente, produzindo água. O electrólito, que pode ser uma solução líquida ou um sólido condutor iónico serve simultaneamente de separador entre os reagentes e isola os eléctrodos relativamente à condução de electrões, formando uma ponte salina entre o compartimento do ânodo e o do cátodo.

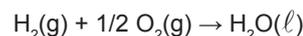
O cátodo, o ânodo e o electrólito constituem os elementos básicos de uma célula de combustível.

Na célula de H_2/O_2 , as semi-reacções que ocorrem em cada um dos eléc-

trodos e os respectivos potenciais de semi-reacção, são os seguintes:



A reacção química global é portanto



implicando uma força electromotriz a 25 °C e nas condições padrão ($p = 1 \text{ bar}$) de

$$f.e.m. = E_2^0 - E_1^0 = 1,23 V$$

A conversão de energia química em energia eléctrica é directa. A energia de Gibbs, ΔG^0 é totalmente convertida em energia eléctrica, sendo portanto $\Delta G^0 = - nFE^0$, em que n é o número de electrões envolvidos na reacção, F é a constante de Faraday ($F = 96 485 \text{ C}$), que corresponde à carga eléctrica de uma mole de electrões, e E^0 a força electromotriz teórica. De facto, atendendo a que a energia de Gibbs de formação da água líquida é $\Delta_f G^0 [H_2O(l)] = - 237,13 \text{ kJ/mol}$ vem $E^0 = - \Delta G^0 / nF = 237 130 / (2 \times 96 485) = 1,23 V$.

Uma pilha de combustível é um conjunto de células ligadas em série.

As pilhas de combustível não são máquinas térmicas, e, por conseguinte, não estão limitadas pela 2ª lei da termodinâmica, podendo o seu rendi-

mento ser muito maior (ver Caixa 2). Nas células de combustível, o rendimento pode atingir os 70% — o dobro de um motor de combustão (máquina térmica). Além disso as pilhas de combustível são silenciosas.

Apesar de termodinamicamente espontânea, a combustão do hidrogénio nas células de combustível tem uma cinética complexa e requer o uso de um catalisador para vencer as barreiras de potencial que inviabilizam a reacção.

TIPOS DE PILHAS DE COMBUSTÍVEL

Embora todas baseadas no mesmo princípio geral — as pilhas de combustível são agrupamentos de células electroquímicas onde ocorre a oxidação de um combustível — existem vários tipos de células de combustível, usualmente designadas pelo nome do electrólito que utilizam. As principais características dos diferentes tipos de células estão resumidas na Tabela 1.

CO, e requerem catalisadores de metais preciosos (Pt, Pd). Têm, por isso, custos mais elevados.

1. CÉLULAS DE COMBUSTÍVEL ALCALINAS OU AFC (ACRÓNIMO DE ALKALINE FUEL CELL)

As células de combustível alcalinas usam como electrólito uma solução concentrada de hidróxido de potássio, KOH, de 85 % em peso, no regime de temperaturas elevadas (da ordem dos 250 °C) e com concentrações entre 35 e 50 % em peso, para regimes de temperatura inferiores a 120 °C.

No regime de baixas temperaturas, as velocidades de reacção são baixas, pelo que devem ser usados eléctrodos porosos impregnados com platina e recorrendo a pressões elevadas. Uma das vantagens deste tipo de células é a possibilidade do uso de catalisadores à base de metais não preciosos, como o níquel, o que garante custos mais reduzidos, com a vantagem adicional do baixo custo do electrólito.

No programa Apollo da NASA foram usadas células deste tipo a funcionar à temperatura de 250 °C com solução de KOH de 85 % peso, as quais forneciam água à tripulação, tendo este tipo de células sido também usado nos vaivéns espaciais (*space shuttles*).

O êxito da utilização de células AFC em veículos espaciais deve-se à excelente cinética dos eléctrodos quando funcionam com hidrogénio e oxigénio puros. No entanto, devido aos custos elevados do combustível, para serem competitivas em aplicações terrestres, torna-se necessário substituir o hidrogénio por combustíveis mais baratos à base de hidrocarbonetos ou álcool o que coloca severos problemas relacionados com os materiais das células e com as tecnologias de processamento dos combustíveis. Apesar de mais de três décadas de investigação e desenvolvimento sobre este tipo de células para aplicações em autocarros, primeiro pela Elenco, que acabou por vender os direitos técnicos à Zevco, é

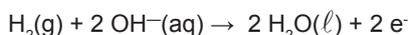
Tabela 1 Resumo dos diferentes tipos de células de combustível

	Tipos de células				
	Alcalinas AFC (Alkaline Fuel Cell)	de Electrólito Polimérico PEFC/PEM (Polymer Electrolyte Fuel Cell)	de Ácido Fosfórico PAFC (Phosphoric acid Fuel Cell)	de Carbonatos Fundidos MCFC (Molten carbonate Fuel Cell)	de Óxido Sólido SOFC (Solid Oxide Fuel Cell)
Combustível	H ₂ puro	H ₂ puro	H ₂	CH ₄ , H ₂ , CO	CH ₄ , H ₂ , CO
Oxidante	ar+H ₂ O (s/CO ₂)	ar (s/CO)	ar (s/CO)	ar + CO ₂	ar
Electrólito	KOH	Membrana de polímero	Ácido fosfórico	carbonatos de Li e K fundidos	Óxidos de Y e Zr
Ião condutor	OH ⁻	H ⁺	H ⁺	CO ₃ ²⁻	O ²⁻
Temperatura de funcionamento / °C	60 - 90	70 - 90	200	600 - 650	800 - 1000
Rendimento Eléctrico /%	55 - 60	35 - 45	35 - 45	45 - 55	45 - 55
Dimensão típica	< 7 kW	5 - 250 kW	200 kW	2 - 3 MW	Tubular: 100-5000 kW Planar: 50 - 100 kW

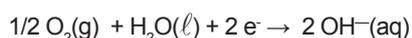
As células do tipo AFC, PEFC e PAFC são consideradas células de baixa e média temperatura, enquanto que as outras são de alta temperatura. As pilhas de alta temperatura não necessitam de catalisadores de metais preciosos, pois não são danificadas pelo CO. As de baixa e média temperatura, têm um processamento do combustível complexo, são mais sensíveis ao

As reacções associadas a este tipo de célula são as seguintes:

Ânodo:



Cátodo:

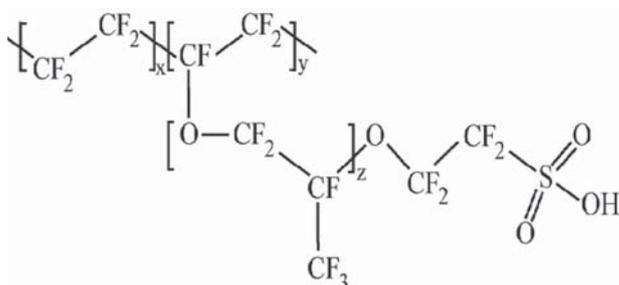


quase certo que a penetração das pilhas AFC no mercado será pequena.

2. CÉLULAS DE COMBUSTÍVEL DE MEMBRANA DE POLÍMERO OU PEMFC (ACRÓNIMO DE POLYMER ELECTROLYTE MEMBRANE FUEL CELL)

Nas células de combustível de membrana de polímero, também chamadas

de membrana de permuta protónica, ou de electrólito polimérico, o electrólito é uma membrana de permuta iónica, ou polímero condutor iónico. Um dos materiais de membrana mais comuns é o Nafion, que é um copolímero derivado do tetrafluoroetileno, mais conhecido por Teflon (Esquema 1).



Esquema 1 Estrutura molecular do NAFION

Os prótons gerados no ânodo, a partir do hidrogénio, por acção do catalisador, circulam até ao cátodo, onde se combinam com o oxigénio e com os electrões para dar água, o único líquido presente na célula. A presença de água é essencial para o funcionamento da célula pois a membrana tem de ser mantida hidratada para ser condutora de prótons. As células funcionam a temperaturas inferiores aos 100 °C para evitar a deterioração do Nafion, o que implica velocidades de reacção reduzidas, necessitando, por isso, a utilização de catalisadores e electrodos sofisticados. O catalisador utilizado é a platina, o que, mesmo sendo possível usar em muito pequenas quantidades, representa uma parte considerável do custo total da célula.

Este tipo de célula requer hidrogénio de elevada pureza, só sendo possível usar combustíveis alternativos, como o metanol, o etanol, o metano ou o propano, desde que previamente convertidos em hidrogénio.

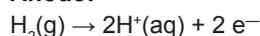
As células de membrana de polímero têm rendimentos elevados, emissões reduzidas e arranque rápido. Têm as vantagens de ser leves, e pouco volumosas quando comparadas com outras células de combustível. Os electrodos são de carbono poroso contendo o catalisador de platina sob a forma de pequenas partículas. O catalisador de platina é no entanto sensível a envenenamento pelo CO, o que implica reactores adicionais para reduzir o CO no gás combustível de alimentação, se o hidrogénio for ob-

tido a partir de um álcool ou de um hidrocarboneto. Os catalisadores de platina/ruténio, actualmente em desenvolvimento, são mais resistentes ao CO.

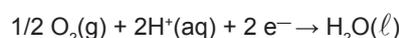
Estas pilhas são usadas sobretudo para aplicações em transportes e

algumas aplicações estacionárias sendo particularmente atractivas para veículos de passageiros como carros e autocarros, devido à sua baixa razão potência-peso, e tempo de arranque rápido. As reacções associadas a este tipo de célula são as seguintes:

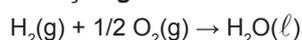
Ânodo:



Cátodo:



Reacção global:



Na Fig. 2 representa-se um esquema de uma pilha de combustível do tipo PEMFC, onde se destacam as membranas e outra das componentes das pilhas, as placas bipolares.

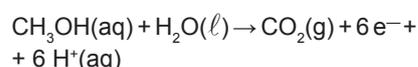
As placas bipolares são placas condutoras que, numa pilha, actuam como ânodo para uma célula e como cátodo para a célula seguinte.

Células de combustível de alimentação directa de metanol

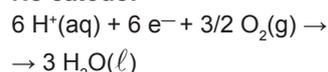
Estas células são variantes das células de combustível de membrana de polímero que usam metanol como combustível. Têm como vantagem o facto de usar um combustível líquido, de fácil armazenamento e transporte. O principal problema destas células é o sobrepotencial electroquímico no ânodo, que as torna menos eficientes. Um outro problema é o facto de o metanol se difundir através da membrana.

Este tipo de células é particularmente atractivo para utilização como fonte de alimentação de equipamentos electrónicos portáteis, como computadores e telemóveis, bem como em veículos eléctricos. O uso de etanol em vez de metanol constitui uma alternativa interessante, em desenvolvimento. As reacções associadas a este tipo de célula são as seguintes:

No ânodo:



No cátodo:



Reacção global:

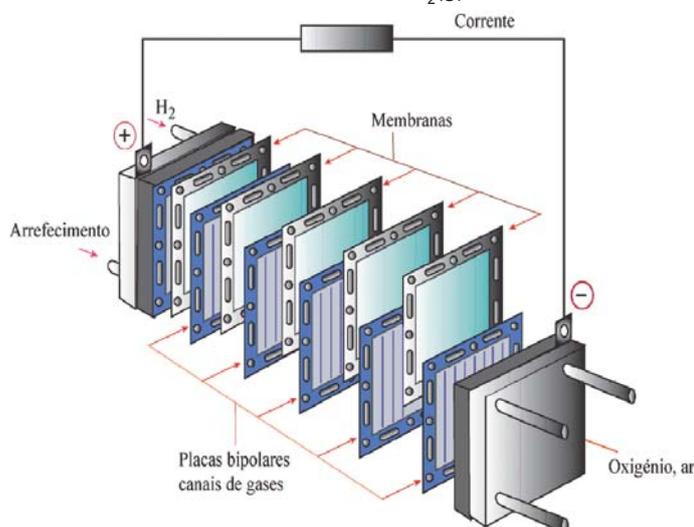
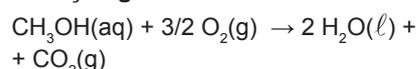


Figura 2 Esquema de uma pilha de combustível do tipo PEMFC, onde se destacam as membranas e as placas bipolares

3. CÉLULAS DE COMBUSTÍVEL DE ÁCIDO FOSFÓRICO OU PAFC (ACRÓNIMO DE PHOSPHORIC ACID FUEL CELL)

Nas células de combustível de ácido fosfórico, o electrólito é o ácido fosfórico a 100 %, e a temperatura de funcionamento é entre os 160 °C e os 220 °C. A necessidade de temperaturas elevadas advém do facto que o ácido fosfórico é mau condutor iónico a baixa temperatura, sendo o envelhecimento do catalisador de platina pelo CO no ânodo mais severo.

O ácido fosfórico é estável a alta temperatura, podendo as células funcionar com eficiência à temperatura de 220 °C. Outra vantagem do uso de ácido concentrado reside na redução da pressão de vapor da água facilitando a sua gestão na célula. Atendendo a que o ácido fosfórico é muito corrosivo, o material do contentor tem de ser um material resistente à corrosão, como o carboneto de silício. O catalisador em ambos os eléctrodos é a platina.

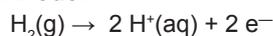
Como em outros tipos de célula, o problema do armazenamento do hidrogénio pode ser resolvido recorrendo a combustíveis alternativos como o metano, que é convertido (em *reformadores*) em hidrogénio e CO₂, implicando contudo custos e complexidade dos sistemas adicionais.

Este tipo de células é, apesar de tudo, de funcionamento simples, seguro e com baixos custos de manutenção, podendo funcionar em contínuo durante anos, sem necessidade de intervenção humana. Tendo sido o primeiro tipo de células a ser comercializado, têm uma vasta gama de aplicações, nomeadamente sob a forma de unidades de 200 kW (produzidas pela "International Fuel Cells Corporation") estando instaladas cerca de 200 unidades em todo o mundo, com excelente desempenho. O futuro deste tipo de células parece, no entanto estar comprometido, na medida em que os fabricantes não têm conseguido reduzir os custos de investimento abaixo dos 2000 € por kW, como originalmente programado. Pensa-se que para uma boa penetração nos mercados será necessário reduzir os custos até cerca de 700 € por kW os quais deve-

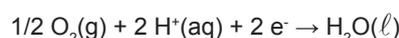
ão baixar até cerca dos 350 € com o aumento do volume de produção.

As reacções associadas a este tipo de célula são as seguintes:

Ânodo:



Cátodo:

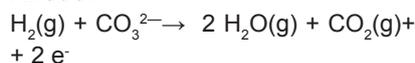


4. CÉLULAS DE COMBUSTÍVEL DE CARBONATOS FUNDIDOS (MCFC, DE MOLTEN CARBONATE FUEL CELL)

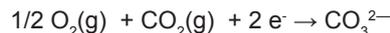
Nas células de combustível de carbonatos fundidos, o electrólito é uma mistura de carbonatos de lítio, sódio e potássio, Li/Na/KCO₃ mais comumente nas proporções 60%, 20%, 20%, respectivamente, incorporado numa matriz de γ -LiAlO₂ e Al₂O₃. Os materiais do ânodo e do cátodo são, respectivamente, ligas de níquel-crómio e óxido de níquel dopado com lítio, sendo as placas bipolares de aço inoxidável. Estas células funcionam entre os 600 °C e os 700 °C, temperaturas às quais a mistura é altamente condutora de iões carbonato. Nesta gama de temperaturas, é possível utilizar níquel como catalisador no ânodo e óxido de níquel no cátodo, baixando consideravelmente os custos de investimento. Pode ainda ser usado o gás natural sem necessidade de *reformadores*. Uma desvantagem é que a mistura de electrólitos de lítio, potássio e sódio, a alta temperatura, é extremamente corrosiva.

As reacções associadas a este tipo de célula são as seguintes:

Ânodo:



Cátodo:



5. CÉLULAS DE COMBUSTÍVEL DE ÓXIDO SÓLIDO OU SOFC (ACRÓNIMO DE SOLID OXIDE FUEL CELL)

O electrólito utilizado neste tipo de células é um óxido sólido, cerâmico, usualmente a ítria, Y₂O₃, estabilizada em zircónia, ZrO₂ (YSZ), que na gama de temperaturas de funcionamento da célula, ou seja entre os 600 e os

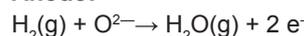
1000 °C, é um excelente condutor iónico de O²⁻, iões que são assim facilmente transportados do cátodo para o ânodo.

Pelo facto de funcionar a alta temperatura, podem utilizar metano ou gás natural (CH₄, H₂, CO) directamente, sem ser necessária uma unidade reformadora.

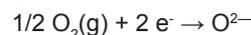
É, no entanto, necessário um pré-aquecimento do combustível e do ar, bem como um sistema de arrefecimento, o que implica custos de investimento adicionais. O electrólito é sólido, mesmo a temperaturas de funcionamento da ordem dos 1000 °C. Em geral, o material do ânodo é Co-ZrO₂ e o do cátodo Sr-LaMnO₃.

As reacções associadas a este tipo de célula são as seguintes:

Ânodo:



Cátodo:



MATERIAIS PARA PILHAS DE COMBUSTÍVEL

A escolha dos materiais a usar em tecnologias de fabrico das pilhas de combustível que potencializem a sua competitividade como fonte alternativa de energia, envolve enorme complexidade e será eventualmente específica de cada produto e aplicação particulares.

É contudo possível tecer algumas considerações gerais sobre os materiais a integrar em pilhas de combustível.

São muitos os parâmetros que determinam as características das pilhas de combustível, nomeadamente a densidade de energia (em kWh/kg, ou em kWh/m³), a densidade de potência (em kW/kg ou em kW/m³), o rendimento ou eficiência energética, e outros.

Do ponto de vista das especificações dos materiais a integrar nas pilhas de combustível, um dos parâmetros mais utilizados é a **resistência específica** ou **ASR** (do acrónimo *combined area specific resistance*), que se define na caixa 1.

Caixa 1

Resistência específica ou ASR

Do ponto de vista da avaliação económica e das especificações dos materiais a integrar nas pilhas de combustível, um dos parâmetros mais utilizados é a **resistência específica ou ASR** (do acrónimo *combined area specific resistance*), que pode ser definida do seguinte modo.

Uma célula de combustível pode ser encarada como uma “caixa preta” na qual entra, de um lado, hidrogénio e, do outro, oxigénio (ar), e sai electricidade e gases de escape.

A ASR é definida como

$$ASR = \frac{f. e. m. - V}{I} \quad (\text{expressa em } \Omega \text{ m}^2 \text{ ou } \Omega \text{ cm}^2)$$

em que *f. e. m.* é a força electromotriz e *V* é a tensão da célula para a densidade de corrente *I* (expressa em A m^{-2} ou A cm^{-2}). A tensão da célula *V* deve ser medida independentemente dos cabos que transportam a corrente. O parâmetro *ASR* é a soma de vários termos, nomeadamente, a resistência óhmica (devida ao electrólito, eléctrodos e colectores de corrente), a resistência de polarização dos eléctrodos, devida aos processos electroquímicos que ocorrem nas superfícies dos eléctrodos, nos materiais de eléctrodo e nas interfaces eléctrodo/electrólito, uma contribuição devida à difusão em fase gasosa e processos de oxidação do combustível (e.g., hidrogénio) e de redução do comburente (e.g., oxigénio), sendo as duas últimas contribuições as dominantes.

Para assegurar densidades de potência da ordem de 1 kW/kg em geral mencionadas como as metas para aplicações em transportes, os valores de ASR devem ser da ordem de $0,1 \Omega \text{ cm}^2$, embora valores de $0,5 \Omega \text{ cm}^2$ já sejam considerados aceitáveis para a maioria das aplicações.

Caixa 2

Eficiência das células de combustível

Para avaliar a eficiência das células de combustível deverá ser utilizado, não o rendimento termodinâmico, mas sim, o rendimento real ou efectivo. Este apenas iguala o rendimento termodinâmico ou ideal, se a tensão em circuito aberto coincidir com a força electromotriz teórica, E^0 , e se a tensão nos terminais da pilha não variar com a carga.

O rendimento de uma célula de combustível é dado pela expressão

$$\eta = \eta_g \cdot \eta_v \cdot \alpha$$

em que η_g é o rendimento de Gibbs, η_v o rendimento de tensão e α a fracção de combustível utilizado.

$$\eta_g = \frac{\Delta G}{\Delta H} = -\frac{nFE_0}{\Delta H}$$

$$\eta_v = \frac{E}{E_0} = \frac{E_0 - IR_c}{E_0}$$

em que E_0 é a tensão em circuito aberto e ΔH é a entalpia (calor) de reacção global da célula. Assim,

$$\eta = -\frac{nF(E_0 - IR_c)\alpha}{\Delta H}$$

R_c é a **resistência específica** (*combined area specific resistance*, ASR), em $\Omega \text{ m}^2$ ou $\Omega \text{ cm}^2$ das componentes da célula (ânodo, cátodo e electrólito).

Uma condição essencial para o bom funcionamento de uma célula de combustível é o facto de que o electrólito, os reagentes gasosos, o catalisador e o colector de corrente têm de ser levados a um contacto íntimo numa região do espaço a que podemos chamar a *interface tripla* (*triple-phase-boundary interface*) na qual estão em geral presentes três fases: o *electrólito* (em geral uma solução líquida), os gases, combustível e comburente, e os eléctrodos. Isso implica que os eléctrodos sejam de material poroso, recoberto com nanopartículas de platina (catalisador) que assim podem estar em contacto com o electrólito. Certos materiais hidrofóbicos como o Teflon são de grande utilidade no fabrico das estruturas porosas para a difusão dos gases. Algumas das componentes que asseguram o percurso dos electrões são metálicas ou de grafite em pó ou mesmo de papel coberto de um dos lados com tintas condutoras, e para reduzir o parâmetro ASR dos eléctrodos incorporam-se redes metálicas nas suas estruturas. Nos anos de 1960, foram obtidos aumentos consideráveis da eficiência depositando nos eléctrodos pequenos cristais de catalisador de platina ou de ligas de platina, com dimensões da ordem do nanómetro, em pós de grafite ou papel, sendo esta provavelmente a primeira vez que foram concebidas e fabricadas nanoestruturas, o que, de certo modo, justifica a dificuldade que se verificou na sua implementação.

Quanto aos electrólitos usados em células de combustível, os que melhor contribuem para um baixo ASR são naturalmente os mais condutores, nomeadamente o hidróxido de potássio, nas células AFC, com condutividades superiores a 1 S cm^{-1} , o ácido fosfórico nas PAFC e os electrólitos de carbonatos fundidos nas MCFCs. As membranas de Nafion usadas nas células de membrana polimérica têm condutividades bastante menores, mas, em contrapartida, são de fabrico fácil sob a forma de filmes finos, com espessuras da ordem dos 100 nm, pelo que é possível atingir com elas valores de ASR razoáveis, desde que a quantidade de água incorporada nos filmes seja controlada nas condições dinâmicas do funcionamento das células.

Os electrólitos das células de combustível de óxido sólido são materiais cerâmicos, bons condutores de iões O^{2-} , a temperaturas elevadas, nomeadamente a ítria, Y_2O_3 , estabilizada em zircónia, ZrO_2 (YSZ), sob a forma de filmes com espessuras da ordem dos 10 a 30 μm . São, no entanto, de fabrico difícil, pois têm de ser sinterizados a temperaturas da ordem dos 1400 °C, sobre substratos cerâmicos porosos que, em geral, são os próprios eléctrodos. Os materiais para esse efeito têm de ser cuidadosamente escolhidos de modo a que não reajam com o electrólito durante o processo de sinterização a alta temperatura. Estas componentes em materiais cerâmicos são frágeis o que limita as aplicações deste tipo de células a situações em que não há flutuações bruscas de temperatura. Este problema tem sido objecto de investigação intensa, com desenvolvimentos recentes nos processos de sinterização a temperaturas abaixo dos 1000 °C, que permitem o uso de substratos metálicos possibilitando assim o desenvolvimento de sistemas de pilhas de combustível mais resilientes.

Outra componente importante das pilhas de combustível é a *placa bipolar* (Fig. 2) que, como se referiu, actuam como ânodo para uma célula e como cátodo para a célula seguinte. Podem ser de metal, carbono ou um composto polimérico (usualmente incorporando carbono). As placas bipolares têm como funções: i) constituir uma estrutura sólida para a pilha, ii) servir de meio condutor entre o ânodo e o cátodo da célula seguinte, iii) separar os gases entre células (gases reagentes e vapor de água de exaustão), iv) distribuir o combustível e o ar para o ânodo e o cátodo respectivamente, e v) dissipar o calor para o exterior da célula. Devem portanto ter as seguintes características: i) ser impermeáveis aos gases (e.g. hidrogénio e oxigénio), ii) ter boa condutividade eléctrica, iii) ser mecanicamente resistentes e leves, especialmente para as aplicações em transportes, iv) ser resistentes à corrosão, especialmente nas condições ácidas das células de electrólito polimérico e de ácido fosfórico, o que limita a escolha do material para esses tipos de células,

praticamente à grafite, v) serem de fabrico fácil em grandes quantidades. Muitos programas de investigação e desenvolvimento visam materiais alternativos à grafite, especialmente para as células de ácido fosfórico e de electrólito polimérico. Alguns desses programas têm por objectivo o desenvolvimento de materiais alternativos à base de carbono produzidos por moldagem de injeção, ou aços inoxidáveis revestidos. Para os sistemas de alta temperatura MCFC e SOFC que funcionam na gama de temperaturas dos 500 aos 750 °C, podem especificar-se composições de aços inoxidáveis que satisfaçam os requisitos técnico-económicos desejados. Para sistemas de mais alta temperatura, na gama dos 800 a 1000 °C são necessários materiais de placa bipolar mais caros o que presentemente constitui um problema.

Outros problemas que determinam a escolha de materiais para células de combustível têm que ver com a fiabilidade e a durabilidade. Para aplicações em transportes, a degradação admitida não deve exceder valores da ordem de 0,1% em 1000 horas de funcionamento, e devem manter esses valores ao longo de pelo menos 5 000 h. Para aplicações estacionárias, como, por exemplo, em instalações combinadas de produção de electricidade e calor (cogeração), a taxa de degradação deve manter-se igualmente baixa por períodos da ordem da 40 000 h, ou seja, cerca de 5 anos. Esta parece ser uma das limitações das pilhas de electrólito polimérico, inicialmente desenvolvidas para aplicações em transportes.

A ciência e a tecnologia de materiais é ainda de grande importância para as tecnologias de células de combustível no que respeita aos acessórios dos sistemas de pilhas, tais como bombas, válvulas, tubos e permutadores de calor, que constituem cerca de metade do custo do sistema de células, havendo ainda a considerar reformadores, quando necessários, sendo estes alvo de intensa investigação, salientando-se os recentes desenvolvimentos mais inovadores que usam componentes do tipo circuito impresso ou com microcanais para refor-

madores compactos. Note-se que os materiais correntemente usados nas células de combustível de electrólito polimérico, (PEMFC), de carbonatos fundidos (MCFC) e protótipos de células tubulares de óxidos sólidos (SOFC) são essencialmente os mesmos de há 30 anos, embora tenha havido, sobretudo nos últimos dez anos, alguma inovação nas tecnologias de processamento e na diminuição da carga de catalisador.

Actualmente, o foco do esforço de investigação e desenvolvimento na área das células de combustível centra-se nos materiais alternativos aos actualmente usados, e na concepção e *design* dos sistemas, tendo sempre em conta os materiais existentes ou a desenvolver para o efeito.

No caso das PEMFC, são os materiais para as estruturas de suporte, para as placas bipolares, para os catalisadores e para a membrana condutora iónica. Quando são usados reformadores para produzir o hidrogénio a partir de outros combustíveis, há requisitos especiais para o catalisador que tem de ser resistente ao CO. O maior desafio põe-se talvez para as células de alimentação directa de metanol (DMFC), uma vez que os materiais de membrana comuns são permeáveis ao metanol, o que constitui um grave problema pois forma-se CO durante a sua electro-oxidação. Embora a grafite seja muito menos condutora do que os metais, ela é ainda um dos materiais preferidos para as placas bipolares, pela sua resistência à corrosão, sendo também usados compostos de grafite com polímeros (e.g., polipropileno).

A utilização de metais para as placas bipolares tem a vantagem de ser mais fácil fabricar a estrutura de circulação dos gases, mas poucos metais são resistentes à corrosão no ambiente ácido das membranas. Os metais mais usados são os aços inoxidáveis passivados no lado do cátodo, havendo normalmente produtos de corrosão no lado do ânodo. Os metais alternativos como o titânio, o nióbio, o tântalo e o ouro ou metais revestidos a ouro são demasiado caros. No que respeita aos catalisadores, o material mais activo é a platina. Para reduzir os custos,

usam-se nanopartículas em substratos de carbono, sendo hoje possível reduzir o teor em platina a valores da ordem de $0,5 \text{ mg cm}^{-2}$ sem prejuízo para o desempenho e durabilidade. Nos casos em que há traços de CO nos combustíveis ou no caso das células de metanol de alimentação directa, em que o envenenamento pelo CO é um problema, têm sido propostas ligas de platina e ruténio com aumentos significativos do desempenho.

Um dos materiais comerciais mais comuns para membranas das células de combustível do tipo PEMFC é o Nafion, desenvolvido pela DuPont nos anos de 1960. O Nafion é, como já vimos, um ionómero com um esqueleto perfluorado como o Teflon, havendo, no entanto muitos outros ionómeros para membranas de permuta iónica, usando polímeros poliaromáticos ou outros parcialmente fluorados. As características essenciais da membrana são a elevada condutividade protónica, a permeabilidade ao metanol, mas impermeabilidade relativamente aos gases, e a estabilidade mecânica e térmica.

O Nafion e materiais afins são a opção mais comum para membranas em pilhas de combustível mas os seus custos são elevados, o que tem levado à procura de outros materiais mais baratos, como por exemplo alguns poliarilénos sulfonados e aductos do polibenzimidazole com ácidos inorgânicos, estes últimos para aplicações a altas temperaturas. Têm sido também tentados, sem grande sucesso, muitos outros electrólitos poliméricos semelhantes aos desenvolvidos para baterias de polímero, incluindo materiais híbridos, com uma componente inorgânica.

Nas células MCFC os pontos críticos são a corrosão e a estabilidade estrutural dos materiais enquanto que nas SOFC são a condutividade e a estabilidade estrutural.

Nas aplicações para dispositivos electrónicos portáteis, que requerem potências de $1 - 50 \text{ W}$, as células de combustível mais apropriadas são as PEMFC alimentadas a hidrogénio e as DMFC alimentadas a metanol

mas nestas é necessário melhorar as membranas de modo a diminuir a permeabilidade ao metanol e à água. Nas Micro-CHP (cogeração de electricidade e calor), com potências na gama de $1 - 10 \text{ kW}$, as mais adequadas continuam a ser as PEMFC, mas alimentadas a metano e *fuel* (mistura de hidrocarbonetos) para as quais são necessários ânodos tolerantes de CO, novos tipos de membranas e de placas bipolares.

Nas células do tipo SOFC, são as propriedades do electrólito sólido que mais influenciam a selecção dos materiais e o *design* das pilhas de combustível. A espessura máxima permitida para uma dada componente do electrólito depende da especificação do parâmetro ASR da pilha, que, naturalmente depende da temperatura de funcionamento. Por exemplo, uma configuração que especifique uma componente de electrólito de YSZ com uma espessura de cerca de $150 \mu\text{m}$ implica uma temperatura de funcionamento superior a $950 \text{ }^\circ\text{C}$, para um valor máximo da contribuição do electrólito de $0,15 \Omega\text{cm}^2$ para o parâmetro ASR, o que coloca problemas para configurações planares, sendo, neste caso, adoptadas configurações tubulares como a adoptada pela Siemens–Westinghouse.

Essa configuração usa um cátodo tubular de $\text{La}(\text{Sr})\text{MnO}_3$ com $1,5 \text{ m}$. Após deposição de uma pista de $\text{La}(\text{Sr})\text{CrO}_3$ por plasma, segue-se a deposição da camada de YSZ com 30 a $40 \mu\text{m}$ de espessura por deposição electroquímica. A estrutura da célula é finalizada depositando o ânodo de Ni-YSZ por pulverização. A escolha do material do cátodo $\text{La}(\text{Sr})\text{MnO}_3$ e do ânodo Ni-YSZ foi estabelecida pela Westinghouse e ABB, nos anos de 1970, após prolongada investigação das composições mais compatíveis a longo termo com a YSZ a temperaturas elevadas.

O desenho tubular da Siemens–Westinghouse é ainda um dos mais avançados e têm sido testadas unidades de 25 kW , 100 kW e 200 kW , estas últimas recentemente combinadas com microturbinas num sistema com eficiências da ordem dos 60% , sendo

previsível chegar a eficiências próximas dos 70% em instalações de vários MW (megawatts).

Para as células SOFC de temperaturas intermédias (500 °C - 750 °C), um valor máximo de 0,15 Ω cm² para a contribuição do ASR implica para uma camada de 15 μm de espessura, uma condutividade do electrólito superior a 10⁻² S cm⁻¹ ($\sigma = L/ASR = 0,0015/0,15$) que corresponde a uma temperatura de funcionamento de 700 °C, se o electrólito for YSZ, e de 500 °C se o electrólito for Ce_{0,9}Gd_{0,1}O_{1,95}. É claro que o uso de camadas de electrólito mais finas possibilitaria temperaturas de funcionamento mais baixas, mas a espessura mínima que permite uma produção industrial a custos razoáveis

é da ordem dos 10 μm, em substratos com as requeridas propriedades de resistência mecânica e permeabilidade aos gases.

Alguns fabricantes estão a apostar em placas bipolares metálicas, nomeadamente de aços ferríticos com baixo coeficiente de expansão térmica, com electrólitos de YSZ e cátodos de La(Sr)MnO₃-YSZ.

O *design* das pilhas de combustível é de enorme importância se se pretendem produtos duradouros e a preços competitivos, em particular os de média potência (1–10 kW) para cogeração de electricidade e calor, e unidades de potência auxiliares, tendo sido já demonstrados custos de

produção da ordem dos 700 € por kW. Muitos outros materiais cerâmicos condutores iónicos de O²⁻ têm sido estudados e propostos como electrólitos, nomeadamente materiais como Ce_{0,9}Gd_{0,1}O_{1,95} e LaGaO₃ que permitem baixar a temperatura de funcionamento para cerca de 600 °C, mas apesar da intensa investigação sobre a síntese de materiais alternativos com as necessárias propriedades tem provado ser difícil competir com materiais mais tradicionais à base de céria, CeO₂, e de zircónia, ZrO₂. Na tabela 2 apresenta-se um resumo das aplicações mais prováveis das pilhas de combustível num futuro próximo, indicando as metas a atingir no que respeita à escolha dos materiais críticos.

Tabela 2 Aplicações das pilhas de combustível e aspectos críticos relativos aos materiais

Aplicação	Potência/kW	Tipo de célula	Combustível	Metas a atingir
Sistemas de potência para dispositivos electrónicos portáteis	0,001 — 0,05	PEMFC DMFC	H ₂ Hidrogénio CH ₃ OH, Metanol	Membranas impermeáveis ao metanol e à água
Microcogeração	1 — 10	PEMFC SOFC	Hidrogénio Fuel Hidrogénio Fuel	Ânodos tolerantes a CO. Estruturas ânodo-electrólito-cátodo de camada espessa robustas a funcionar a 500 — 700 °C.
Sistema de potência auxiliar, Unidades de produção ininterrupta, locais remotos.	1 — 10	SOFC	Fuel Gasolina	Estruturas ânodo-electrólito-cátodo de camada espessa robustas a funcionar a 500 — 700 °C. Arranque rápido.
Cogeração de electricidade e calor	50 — 250	PEMFC MCFC SOFC	Metano Metano Metano	Ânodos tolerantes a CO. Melhores materiais de eléctrodos e com melhores características de ciclos térmicos. Processos de fabrico mais baratos. Ânodos resistentes a processos redox. Materiais cerâmicos mais condutores e mais estáveis.
Autocarros de cidade	200	PEMFC	Hidrogénio	Componentes mais baratas.
Unidades de alta potência	1 000 - 10 000	SOFC	Metano	Processos de fabrico mais baratos para sistemas tubulares.

CONCLUSÃO

Os custos de investimento correntes em pilhas de combustível protótipo são nitidamente demasiado elevados (da ordem de 2 000 — 6 000 €/kW), embora seja previsível a sua redução se a comparticipação no mercado, em competição com as tecnologias de produção de energia estabelecidas, justificar a produção em massa. Embora já existam pequenos nichos de mercado, como por exemplo relativamente às pilhas PEMFC, para autocarros de cidade, muitos analistas consideram que seria mais prudente visar sectores de mercado de pilhas de combustível na gama dos 1 — 10 kW, para os quais existem boas perspectivas de desenvolvimento e implementação. Essa estratégia foi a adoptada pelo departamento de Energia dos Estados Unidos da América do Norte (DOE) com a “Solid State Energy Conversion Alliance” que visa a produção em massa de pilhas SOFC de 5 kW a preços de cerca de 300 € por kW. Se a iniciativa for bem sucedida, será possível penetrar outros sectores do mercado com a mesma tecnologia.

Um dos nichos que actualmente mais está a atrair as atenções é o das pilhas de combustível para dispositivos electrónicos portáteis. Na medida em que as baterias lutam para satisfazer as especificações cada vez mais exigentes, as pilhas de metanol de alimentação directa (DMFCs) com concepções e *design* inovadores baseadas nas tecnologias de semicondutores, prometem densidades de energia 3 a 5 vezes superiores às das actuais baterias de ião lítio. As especificações de potência relativamente baixas dos telemóveis (cerca de 1 W), por exemplo, poderão levar a uma participação considerável no mercado para estas pequenas pilhas de combustível.

Note-se, no entanto, que embora haja um número considerável, em valor absoluto, de fabricantes de pilhas de combustível, a penetração no mercado é extremamente pequena. Em termos de comparticipação no mercado global de energia, o seu valor é insignificante. Na tabela 3 dão-se alguns exemplos de pilhas comerciais para diversas aplicações com indicação de fabricantes.

Tabela 3 Exemplos de produtos comerciais e fabricantes

Tipo de pilha	Combustível	Potência/kW	Aplicação	Fabricante
AFC	Hidrogénio	0,5 — 2,8		ZeTek (ZeGen)
PEMFC	Hidrogénio, gás natural, propano, biogás	1 — 10 250	Residencial Industrial e serviços	Ballard Power Systems
	Gás natural, propano	0,25 — 5	Residencial	H-Power
	Gás natural, propano	0,5 — 200	Residencial, serviços	Toshiba
	Gás natural	7	Residencial	Plug Power / GE
	Gás natural, propano	5 — 10	Residencial, serviços	IFC — ONSI
PAFC	Gás natural	200 (cogen)	Residencial, serviços, industrial	CCL (IFC-ONSI/ Ansaldo)
	Hidrogénio	200, 850		
MCFC		300, 1500, 3000	Residencial, serviços, industrial	FuelCell Energy
	Gás natural, biogás	300 — 10 000	Cogeração industrial	MTU
SOFC	Gás natural, propano	1 — 25	Residencial, industrial	Global Thermoelectric
	Gás natural	250 — 1000	Industrial	Siemens Westinghouse
	Gás natural	1 — ?	Residencial	Sulzer Hexis

BIBLIOGRAFIA

- Linda Carrette, K. Andreas Friedrich and Ulrich Stimming, “Fuel cells: Principles, Types, Fuels and Applications”, *ChemPhysChem* **1** (2000) 162.
- M. S. Dresselhaus and I. L. Thomas, “Alternative energy technologies”, *Nature* **414** (2001) 332.
- Brian C. H. Steele and Angelika Heinzel, “Materials for fuel-cell technologies”, *Nature* **414** (2001) 345.
- Günter Hörmandinger and Nigel J. D. Lucas, “An Evaluation of the Economics of Fuel Cells in Urban Buses”, *International Journal of Energy Research* **21** (1997) 495.
- Centro de Estudos em Economia da Energia, dos Transportes e do Ambiente, CEEETA, “Tecnologias de Micro-Geração e Sistemas Periféricos — Pilhas combustível”, Dezembro 2001 ⇒ <http://www.scribd.com/doc/7784171/Pilhas-combustivel>

Informação sobre produtos e mercados de pilhas de combustível para sistemas de potência estacionários, militares, transportes, portáteis de média dimensão e micropotência para dispositivos electrónicos pode ser encontrada no seguinte site: http://www.fuelcellmarkets.com/fuel_cell_markets/1,1,1.html

Most accessed articles 9/2006 – 8/2007

Cu^I-Catalyzed Alkyne–Azide “Click” Cycloadditions from a Mechanistic and Synthetic Perspective

V. D. Bock, H. Hiemstra,
J. H. van Maarseveen

Eur. J. Org. Chem. 2006, pp. 51–68

Recent Advances in Asymmetric Organocatalytic 1,4-Conjugate Additions

S. B. Tsogoeva

Eur. J. Org. Chem. 2007, pp. 1701–1716

Asymmetric Ring-Opening of Epoxides and Aziridines with Carbon Nucleophiles

M. Pineschi

Eur. J. Org. Chem. 2006, pp. 4979–4988

Gold-Catalyzed Hydroamination of C–C Multiple Bonds

R. A. Widenhofer, X. Han

Eur. J. Org. Chem. 2006, pp. 4555–4563

Organocatalytic Synthesis of Drugs and Bioactive Natural Products

R. M. de Figueiredo, M. Christmann

Eur. J. Org. Chem. 2007, pp. 2575–2600

Articles were downloaded ca. 500,000
times in the last 12 months by scientists
in over 120 countries. *EurJOC* is among
the top ten most frequently visited
journals in Wiley InterScience.

For more information please visit:

www.eurjoc.org

Subscribe now!

Please send an e-mail to:

cs-journals@wiley.com

(North and South America)

service@wiley-vch.de

(Germany/Austria/Switzerland)

cs-journals@wiley.co.uk

(all other areas)

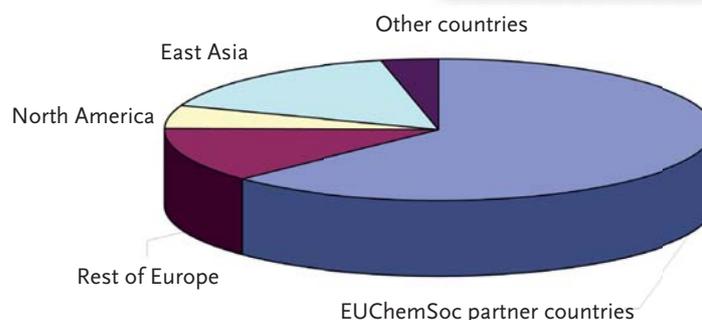


WILEY-VCH

Made in Europe for the World

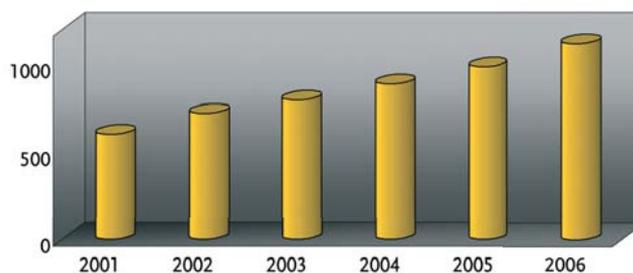


Geographical distribution of published articles 2006



Manuscripts received 2001–2006

Since 2002, *EurJOC* has seen an average yearly increase of 11 % in manuscripts submitted.



EurJOC Facts

- ISI Impact Factor (2006): 2.769
EurJOC ranks 18th of 56 journals included in the category “Chemistry, Organic” in the Journal Citation Reports® (ISI Web of KnowledgeSM). The Median Impact Factor in this category is 1.894 and the Aggregate Impact Factor is 2.564.
- Increased frequency in 2007: 36 Issues
- Owned and supported by the 13 national chemical societies of EUChemSoc (Editorial Union of Chemical Societies)



EurJOC offers:

- **RSS Feeds:** be automatically informed of new articles as soon as they are published online in EarlyView
- Citation tracking
- **Backfiles (Liebigs Annalen 1832-1997)**
- Attractive personal subscription rates for society members

3960801_EU

PERSPECTIVAS DE FORTE INVESTIMENTO NA ELECTRICIDADE SOLAR

A ideia de construir instalações de geração solar de electricidade no deserto do Sara não é nova, mas é reconhecidamente difícil de implementar e, acima de tudo, muito dispendiosa. A construção de uma área de recolha do tamanho da Áustria chegaria para satisfazer as necessidades mundiais de electricidade. Será contudo necessário construir linhas de transporte para a Europa. Apesar do custo, trata-se de uma tecnologia sem produção de dióxido de carbono, e, por isso, merecedora de uma atenção cuidada.

A *Munich Re* (ou *Munich Reinsurance Company*), a maior companhia seguradora do mundo, pretende promover a criação de um consórcio (Desertec) que, reunindo grandes companhias (como a *Siemens*, o *Deutsche Bank*, e os fornecedores de energia RWE e E.ON), possa implementar a construção de estações de energia solar em África e Arábia e ligá-las à Europa. O objectivo é ajudar a combater o aquecimento global, dado que este influencia a ocorrência de catástrofes naturais com implicações directas nos negócios das empresas de seguros, na actividade económica em geral e, no limite, na própria sustentabilidade das sociedades humanas.

As estações solares seriam do tipo solar-térmica em vez de fotovoltaica. Ou seja, em vez de converter a energia solar directamente em energia eléctrica, a energia solar seria concentrada, com espelhos, em caldeiras para a produção de vapor que accionaria turbinas ou em contentores com sais especiais de baixa temperatura de fusão que armazenariam o calor durante a noite, ficando assim disponível para accionar as turbinas durante a noite. Este investimento de larga escala poderá ainda estimular a inovação e reduzir os custos da electricidade solar. De momento nenhuma forma solar de geração de electricidade é tão barata quanto a produção eléctrica a partir de carvão. Contudo, a produção solar-térmica é apontada por muitos como uma aposta melhor do que a fo-

tovoltaica. A implementação deste esquema pode envolver investimentos da ordem de 400 mil milhões de euros nos próximos 40 anos. Tal permitiria a construção de estações solares necessárias para satisfazer 15% das necessidades da Europa e as necessidades da maior parte dos países do Norte de África e da Arábia em 2050 e cerca de 20 linhas transnacionais de distribuição. É uma proposta extraordinariamente ambiciosa mas não disparatada.

(Adaptado de *The Economist* de 8 de Julho de 2009)

NOVAS ABORDAGENS PARA PRODUÇÃO DE ENERGIA SOLAR

O silício é o material dominante no fabrico de painéis fotovoltaicos. Apesar da abundância de areia, o fabrico de silício é dispendioso, o que encarece o produto final. Por isso, os esforços para reduzir o grau de incorporação de silício e, assim, o custo final dos painéis fotovoltaicos podem ser relevantes para a sustentabilidade desta tecnologia em aplicações de larga escala. Os painéis solares são habitualmente constituídos por finas camadas de silício recobertas por placas de vidro. Cientistas na empresa israelita *GreenSun Energy* propõem-se utilizar menos silício, utilizando apenas silício a recobrir as faces laterais das placas de vidro. Para tal, a luz que incide nas placas de vidro é difundida para as paredes laterais onde ocorre a sua conversão em energia eléctrica pelo silício aí colocado. O vidro é recoberto com uma combinação de corantes e "salpicado" com nanopartículas metálicas, cuja natureza não é divulgada. Os corantes usados são fluorescentes, absorvendo a luz incidente e re-emitindo luz a maior comprimento de onda. A utilização de uma mistura de corantes permite absorver todas as partes do espectro. As nanopartículas metálicas desempenham um papel mais subtil: a luz re-emitida pelos corantes é convertida numa outra forma de radiação electromagnética, designada por plasmões superficiais. Estes propagam-se à superfície do vidro até que são absorvidos pelo silício colocado nas paredes laterais. Este

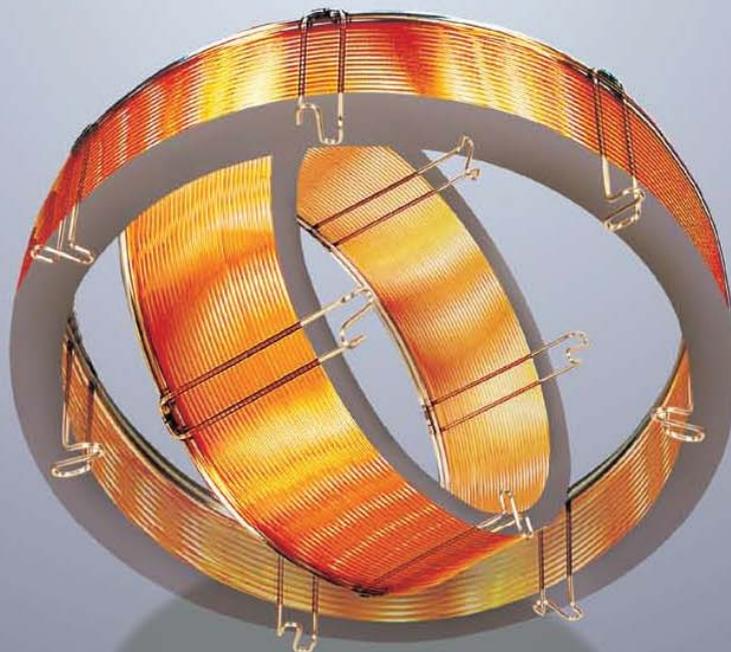
processo promete, além da redução de custo, aumentar a eficiência dos painéis fotovoltaicos. Num painel convencional, muita da energia incidente é perdida, dado que a energia dos fótons que excede a quantidade necessária para criar carga é convertida em calor. A mistura de corantes/nanopartículas metálicas permite converter e conduzir até ao silício a energia adequada para criar cargas eléctricas, eliminando as perdas sob a forma de calor. O custo da energia fotovoltaica é, actualmente, cerca de 5 vezes o da electricidade disponível na rede de distribuição. Esta nova tecnologia pode permitir, no estágio de desenvolvimento actual, produzir energia eléctrica custando apenas o dobro da energia produzida nas instalações convencionais. A empresa espera poder aumentar a eficiência e reduzir os custos de forma a torná-los idênticos aos da electricidade da rede.

Uma outra empresa israelita, *3GSolar*, espera poder prescindir totalmente do silício. Esta empresa trabalha com células sensibilizadas por corante ou células de Grätzel, inventadas há cerca de 20 anos. Estas células usam dióxido de titânio e moléculas de corantes complicadas, como complexos de ruténio. A *3GSolar* está a trabalhar neste tipo de células que prometem ser mais baratas do que as células fotovoltaicas de silício e de células fabricadas com outros semicondutores inorgânicos (como telureto de cádmio). Embora sejam menos eficientes, o seu baixo custo pode torná-las competitivas para algumas aplicações. Estes tipos de células competem ainda com as células orgânicas de filme fino, que usam polímeros e outras moléculas de baixo peso molecular e que podem ser fabricadas a partir dos componentes em solução, mas cuja eficiência é também inferior às de silício.

Esta é uma área de enorme actividade, que beneficia das crescentes preocupações sobre sustentabilidade e desenvolvimento sustentável e dos tão propalados efeitos de estufa e aquecimento global.

(Adaptado de *The Economist* de 23 de Julho de 2009)

JM



Innovation Comes In Many Forms

Zebtron - Revolutionizing the Field of Gas Chromatography



Zebtron™ ZB-WAXPLUS: Ideal for **polar compounds**. 100 % aqueous stable.

Zebtron MultiResidue™: Perfect for **pesticide analysis**. For US EPA 8081A, baseline resolution is achieved in just 10 minutes!

Zebtron ZB-1HT Inferno™ and ZB-6HT Inferno: The world's highest temperature non-metal GC columns. Provides true boiling point separation for **hydrocarbon distillation** methods.

Zebtron has been revolutionizing the field of gas chromatography with its commitment to producing innovative, high quality columns that meet the needs of today's gas chromatographers. Our scientists have developed key technologies, such as Engineered Self Cross-linking™ (ESC) and Arylene Matrix Technology™ (AMT), to create GC columns that provide high temperature stability, improved lifetime, low bleed, and low activity. Each and every column is individually QC tested to ensure that they have excellent batch-to-batch reproducibility so you will have reliable and reproducible results, every time. *For a column that best meet your needs, please contact your local Phenomenex Technical Specialist*

Zebtron, ZB-1HT Inferno, ZB-6HT Inferno, Engineered Self Cross-linking, Arylene Matrix Technology, and MultiResidue are trademarks of Phenomenex, Inc. © 2007 Phenomenex, Inc. All rights reserved.



www.phenomenex.com
Phenomenex products are available worldwide. For the distributor in your country, contact Phenomenex USA, International Department by telephone, fax or e-mail: international@phenomenex.com.

phenomenex
...levelling with reality™

T 01 US

Australia tel.: 02-9428-6444 email: info@phenomenex.com.au	Austria 01-319-1301 austria@phenomenex.com	Canada (800) 543-3681 info@phenomenex.com	Denmark 4824 8048 deninfo@phenomenex.com	France 01 30 09 21 10 francinfo@phenomenex.com	Germany 06021-58830-0 anfrage@phenomenex.com	Italy 051736176 italianfo@phenomenex.com	Ireland 01 247 5405 erainfo@phenomenex.com	New Zealand 09-4780951 info@phenomenex.co.nz	Puerto Rico (800)541-HPLC info@phenomenex.com	United Kingdom 01625-501367 ukinfo@phenomenex.com	USA (310)212-0665 info@phenomenex.com
--	--	---	--	--	--	--	--	--	---	---	---

António V. Xavier Seminars

Thursdays 11:00 AM - ITQB Auditorium - Oeiras

09

September 17 **Jorge Calado** IST-UTL
The essence of chemistry

October 8 **Helder Maiato** IBMC-UP
Spatial control of the cell division clock

November 5 **Maria João Ramos** FCUP
Computational enzymatic catalysis

December 3 **António Parreira** FCM-UNL
Hematological malignancies: from the patient to the lab and back to the clinic

10

January 7 **Rui Malhó** FCUL
The evolution of cell signalling mechanisms - from cells to society

February 4 **Isabel Palmeirim** ECS-UM
Molecular clocks timing embryo development

March 4 **Mário Nuno Berberan e Santos** IST-UTL
Fullerenes: from photophysical singularities to analytical applications, with new solutions of Henri-Michaelis-Menten enzyme kinetics as a side

April 8 **Maria Helena Gil** FCT-UC
Surface modification of biomaterials

May 6 **Cecília Leão** ECS-UM
Yeast in stress fermentative environments: integrating the molecular biology with physiological models

June 17 **Filipe Duarte Santos** FCUL
Climate change and sustainable development

www.itqb.unl.pt



2º CICLO DE SEMINÁRIOS ANTÓNIO V. XAVIER - ITQB

SETEMBRO 2009-JUNHO 2010 EM OEIRAS

O Instituto de Tecnologia Química e Biológica (ITQB) da Universidade Nova de Lisboa, organiza, desde Setembro, o 2º Ciclo de Seminários António V. Xavier, em memória do cientista e fundador do ITQB. Para esta série de seminários foram convidados dez 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 2009 e Junho de 2010, pelas 11:00 h no Auditório do ITQB, sendo abertos ao público em geral.

URL: www.spq.pt/docs/AVX_Seminars_2009_2010.pdf



5ª CONFERÊNCIA DE ENGENHARIA "ENGENHARIA' 2009 - INOVAÇÃO E DESENVOLVIMENTO" 25-27 NOVEMBRO 2009 NA COVILHÃ

A Faculdade de Engenharia da Universidade da Beira Interior, na Covilhã, organiza a 5ª Conferência de Engenharia "Engenharia' 2009 - Inovação e Desenvolvimento" a decorrer entre 25 e 27 de Novembro do corrente ano. Concebida como um amplo fórum de discussão, este evento tem por objectivos, não só fomentar o contacto entre investigadores de diversas áreas de Engenharia, mas também possibilitar a divulgação das suas actividades, de inovação e de desenvolvimento, junto dos vários sectores de actividade económica.

A "Engenharia' 2009" está organizada em torno de várias áreas temáticas e no seu âmbito irá decorrer o 9º Concurso "Pontes de Esparguete" - uma iniciativa que tem por público-alvo os alunos das Instituições de Ensino Superior e das Escolas Secundárias e o público em geral.

E: celia.saraiva@ubi.pt URL: webx.ubi.pt/~confeng

CONGRESSO NACIONAL MICROBIOTEC'09 28-30 NOVEMBRO 2009 EM VILAMOURA



O Centro de Recursos Microbiológicos - CREM (Departamento de Ciências da Vida, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa) e o Instituto de Biotecnologia e Bioengenharia - IBB (Departamento de Engenharia Biológica da Universidade do Minho) estão a organizar o Congresso Nacional MicroBiotec'09 promovido em conjunto pelas Sociedade Portuguesa de Microbiologia e Sociedade Portuguesa de Biotecnologia e que decorrerá de 28 a 30 de Novembro de 2009 no Hotel Tivoli Marina em Vilamoura.

Com esta iniciativa, as duas sociedades científicas pretendem promover um fórum de discussão e de disseminação dos desenvolvimentos mais recentes na Investigação e Desenvolvimento nas áreas da Microbiologia e da Biotecnologia, com ênfase especial na transversalidade e interdisciplinaridade entre as áreas do conhecimento que representam.

E: microbiotec09@deb.uminho.pt URL: www.microbiotec09.org

8TH INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ELECTROCHEMICAL IMPEDANCE SPECTROSCOPY (EIS 2010)

6-11 JUNHO 2010 EM CARVOEIRO

Os sucessos de encontros anteriores realizados em Bombannes, França (1989), Santa Barbara, EUA (1992), Ysermonde, Bélgica (1995), Angra dos Reis, Brasil (1998), Marilleva, Itália (2001), Cocoa Beach, EUA (2004) e Argelès-sur-Mer, França (2007), tornaram esta série de Simpósios Internacionais de Espectroscopia de Impedância Electroquímica um dos eventos mais importantes desta área do conhecimento.



Abrangendo um conjunto de tópicos muito alargado sobre fundamentos e aplicações de Espectroscopia de Impedância Electroquímica, o 8º Simpósio Internacional de Espectroscopia de Impedância Electroquímica irá realizar-se em Carvoeiro, entre 6 e 11 de Junho de 2010.

O programa técnico será organizado em sessões temáticas específicas, como corrosão e revestimentos, baterias, células de combustível, cinética e mecanismos e semicondutores.

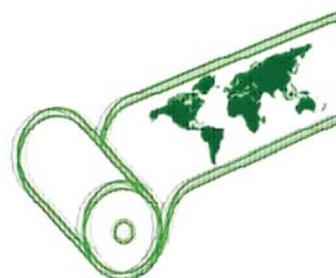
A data limite para submissão de resumos é 31 de Janeiro de 2010.

E: eis2010@eis2010.org URL: www.eis2010.org

XXI ENCONTRO NACIONAL TECNCELPA

VI CONGRESSO IBEROAMERICANO DE INVESTIGAÇÃO EM CELULOSE E PAPEL (CIADICYP 2010)

12-15 OUTUBRO 2010 EM LISBOA



O XXI Encontro Nacional Tecnicelpa e o VI Congresso Iberoamericano de Investigação em Celulose e Papel (CIADICYP 2010) vão decorrer entre os dias 12 e 15 de Outubro de 2010, no Centro de Reuniões da Feira Industrial de Lisboa (FIL, Parque das Nações), numa organização conjunta da TECNCELPA (Associação Portuguesa dos Técnicos das Indústrias de Celulose e Papel) e da RIADICYP (Rede Iberoamericana de Investigação em Celulose e Papel).

O evento decorrerá sob o tema de fundo “Novos Paradigmas na Indústria da Pasta e do Papel”, incluirá a participação de reputados investigadores e técnicos da Europa e da América do Sul e do Norte, bem como de importantes empresas do sector, e contemplará a visita à maior e mais moderna fábrica da Europa para papéis de impressão e escrita não revestidos.

E: tecnicelpa.ciadicyp@tecnicelpa.com URL: tecnicelpa.com/ciadicyp/2010

Secção compilada por Helder Gomes

Setembro 2009-Junho 2010 em Oeiras

2º Ciclo de Seminários Antonio V. Xavier – ITQB
URL: www.spq.pt/docs/AVX_Seminars_2009_2010.pdf

25-27 Novembro 2009 em Portalegre

3rd International Congress of Energy and Environment Engineering and Management
E: ciiem@estgp.pt
URL: www.ciiem.com.pt

25-27 Novembro 2009 na Covilhã

Conferência de Engenharia “Engenharia’ 2009 - Inovação e Desenvolvimento”
E: celia.saraiva@ubi.pt
URL: webx.ubi.pt/~confeng

28-30 Novembro 2009 em Vilamoura

Congresso Nacional MicroBiotec’09
E: microbiotec09@deb.uminho.pt
URL: www.microbiotec09.org

14-16 Dezembro 2009 no Funchal

6º Encontro Nacional de Cromatografia
E: jsc@uma.pt
URL: 6encromatografia.pt.vu

10-12 Fevereiro 2010 no Funchal

13th International Congress on Polymers in Concrete
E: icpic2010@civil.uminho.pt
URL: www.icpic-community.org/icpic2010

10-12 Fevereiro 2010 em Lisboa

XII Encontro Peptídico Ibérico (XII EPI)
E: emiliaa@fm.ul.pt
URL: www.epi2010.biochemistry-imm.org

14-19 Março 2010 em Bamberg, Alemanha

EUCHEM 2010 Conference on Molten Salts and Ionic Liquids
E: urbanczyk@dechema.de
URL: events.dechema.de/en/euchem2010

6-9 Abril 2010 em Portugal

9th European Conference on Industrial Furnaces and Boilers (INFUB-9)
URL: www.cenertec.pt

6-11 Junho 2010 em Carvoeiro

8th International Symposium on Electrochemical Impedance Spectroscopy (EIS 2010)
E: eis2010@eis2010.org
URL: www.eis2010.org

24-26 Junho 2010 em Bragança

FOODSIM’2010
E: cimo@ipb.pt

28 Junho-2 Julho 2010 em Bolonha, Itália

EUCHEM Conference on Organic Free Radicals
E: chrys@isof.cnr.it
URL: www.isof.cnr.it/biofreeradicals/Euchem.html

1-3 Julho 2010 em Ravenna, Itália

Chemistry for Cultural Heritage (CHEMCH)
E: rocco.mazzeo@unibo.it

4-8 Julho 2010 em Melbourne, Austrália

12th IUPAC International Congress of Pesticide Chemistry
E: elizabeth@raci.org.au
URL: www.raci.org.au/iupacipc2010

11-16 Julho 2010 em Ferrara, Itália

XXIII IUPAC Symposium on Photochemistry
E: snf@unife.it
URL: www.unife.it/iupac-photochem-2010

11-16 Julho 2010 em Glasgow, Escócia

43rd International Symposium on Macromolecules - IUPAC World Polymer Congress 2010
E: pete.lovell@manchester.ac.uk
URL: www.Macro2010/org

25-30 Julho 2010 em Leoben, Áustria

14th International Symposium on Solubility Phenomena & Related Equilibrium Phenomena
E: heinz.gamsjaeger@mu-leoben.at

1-6 Agosto 2010 em Bergen, Noruega

18th International Conference on Organic Synthesis
E: leiv.sydnes@kj.uib.no
URL: www.icos-18.no

15 Agosto-19 Agosto 2010 em Ottawa, Canadá

3rd IUPAC Conference on Green Chemistry
E: jessop@chem.queensu.ca
URL: www.icgc2010.ca

29 Agosto-2 Setembro 2010 em Nuremberga, Alemanha

3rd EuCheMS Chemistry Congress
URL: www.euchems-congress2010.org

29 Agosto-2 Setembro 2010 em Praga

19th International Congress of Chemical and Process Engineering (CHISA 2010)
7th European Congress of Chemical Engineering (ECCE-7)
E: org@chisa.cz
URL: www.chisa.cz/2010

8-10 Setembro 2010 em Lisboa

XXXV Reunião Ibérica de Adsorção (RIA)
E: ria-lisboa@fc.ul.pt
URL: ria2010.fc.ul.pt

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

Secção compilada por Helder Gomes