

ÍNDICE

EDITORIAL	2
NOTICIÁRIO SPQ	3
OUTRA QUÍMICA	9
<i>Mário Nuno M.S. Berberan e Santos</i>	
ARTIGO PYCA	
Nanomedicina: da utopia à realidade	13
<i>Carina Crucho</i>	
ARTIGOS	
Mecanoquímica: Moer, Esmagar... Reacção!	17
<i>Vasco D.B. Bonifácio</i>	
Gilbert Newton Lewis - O Átomo e a Molécula	23
<i>Raquel Gonçalves-Maia</i>	
História Breve dos Pigmentos: 6 - Época Barroca (1. ^a Parte)	27
<i>João M. Peixoto Cabral</i>	
ANO INTERNACIONAL DA LUZ	
Reflexões da Luz Sobre a Luz	39
<i>Jorge C.G. Calado</i>	
Luz, Ciência e Arte ou Três Santos Em (Mais de) Quatro Actos	45
<i>João Paulo André</i>	
QUÍMICA E ENSINO	
Remoção de Contaminantes em Meio Aquoso Usando Carvão Ativado. Influência do Adsorvato, Força Iónica e Química Superficial	55
<i>Nelson Nunes e Angela Martins</i>	
QUÍMICA PARA OS MAIS NOVOS	61
<i>Marta C. Corvo</i>	
DESTAQUES	65
AGENDA	68



No passado dia 23 de Abril fez 400 anos que morreu o dramaturgo e poeta inglês William Shakespeare, na mesma localidade onde nascera, Stratford-upon-Avon, no condado de Warwickshire.

Que terá Shakespeare a ver com Química? A resposta não é difícil: nas suas tragédias, repletas de homicídios e suicídios, os venenos são frequentemente convocados.

É verdade que, maioritariamente, as *mortes* em cena são a poder de golpe de punhal ou espada, mas os assassinatos mais intrigantes são sempre perpetrados recorrendo a poções venenosas - armas bem mais péfidas, preferidas pelos assassinos com imaginação e sangue frio. Alguns dos personagens mais inesquecíveis de Shakespeare - uns completamente imorais, outros meramente apaixonados - recorrem a elas para atingir os seus intentos ou para dar um fim a vidas atormentadas.

O elevado conhecimento de plantas tóxicas que o bardo inglês possuía foi posto ao serviço da dramaturgia, sendo elas que, muitas vezes, desencadeiam os acontecimentos. Shakespeare terá, sem dúvida, lido *Herball, or Generall Historie of Plants* (1597), o livro de botânica em língua inglesa que maior circulação teve ao longo do século XVII, da autoria do famoso herbalista John Gerard. Acresce que, por terem vivido ambos em Londres na mesma época, muito próximos um do outro, é provável que se conhecessem e que o dramaturgo tenha mesmo visitado o jardim do herbalista.

De acordo com *The Plant-lore and Garden-craft of Shakespeare* (1884), de Henry N. Ellacombe, na obra de Shakespeare há referência a duas centenas de ervas, flores, frutos e vegetais. De entre as espécies tóxicas - acónito, cicuta, papoila dormideira, teixo,... - merecem especial destaque as Solanáceas, de que fazem parte a mandrágora (*Mandragora officinarum*) e o meimendo (*Hyoscyamus niger*), ambas ricas em alcalóides tropânicos anticolinérgicos (hiosciamina, escopolamina,...). A toxicidade destes compostos deve-se à sua ligação aos receptores celulares da acetilcolina, bloqueando a transmissão dos impulsos nervosos.

A mandrágora aparece referida em *Romeo and Juliet* (Julietta alude aos gritos lendários da mandrágora ao ser arrancada da terra: “*And shrieks like mandrakes torn out the earth*” - nada que os livros de Harry Potter não tenham repescado), *Henry VI*, *Antony and Cleopatra*, *Othello* e *Henry IV*. Por sua vez, em *Macbeth*, Banquo menciona o meimendo (“*insane root that takes the reason prisoner*”), e em *Hamlet* é com extracto desta planta, introduzido no canal auditivo do Rei da Dinamarca, que Claudius, o irmão, o mata.

A quem interessem os venenos do bardo de Avon - objecto de várias análises e discussões -, recomendo, por exemplo, o artigo “*O True Apothecary: How Forensic Science Helps Solve a Classic Crime*”, *J. Chem. Educ.* **89** (2012) 629.

João Paulo André

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 141, Abril – Junho 2016

Redacção e Administração

Av. da República, 45 - 3.º Esq. – 1050-187 Lisboa
Tel.: 217 934 637 ▪ Fax: 217 952 349
bquimica@quimica.uminho.pt
www.spq.pt

Editor

João Paulo André

Editores-Adjuntos

Ana Paula Esteves, António Mendonça,
Carlos Baleizão, Paulo Mendes

Comissão Editorial

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

Publicidade

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

Design Gráfico e Paginação

Paula Martins

Impressão e Acabamento

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

Tiragem

1 500 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 Direção do QUÍMICA.

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

A Orientação Editorial e as Normas de Colaboração podem ser encontradas no fascículo de outubro-dezembro de cada ano e no sítio *web* da SPQ.

Publicação subsidiada pela

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

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



INTERNATIONAL CONFERENCE ON CHEMISTRY AND THE ENVIRONMENT

A *International Conference on Chemistry and the Environment* (ICCE 2015) realizou-se em Leipzig, de 20 a 24 de setembro de 2015, tendo contado com a participação ativa dos membros da *Division of Chemistry and the Environment*, (DCE) da EuCheMS. Estiveram presentes cerca de 450 participantes, provenientes da Alemanha (230), Bélgica (44), Espanha (18), República Checa (15), Suíça (15), França (13), Portugal (13), entre outros. Esta conferência realiza-se a cada dois anos e a próxima, o ICCE 2017, terá lugar em Oslo, entre os dias 18 e 22 de junho de 2017.



Division of Chemistry and the Environment – Reunião anual em Leipzig

Durante o ICCE 2015, realizou-se a reunião anual dos delegados da DCE, que contou com a presença do Presidente da EuCheMS, David Cole-Hamilton, e onde foram discutidos, entre outros, assuntos relacionados com a organização do ICCE 2017, com a participação da DCE no 6th EuCheMS Chemistry Congress e com a revista oficial da DCE, *Environmental Science and Pollution Research* (ESPR), cujo fator de impacto tem vindo a subir, sendo atualmente classificada como Q1. O Editor da ESPR, Philippe Garrigues, é o atual delegado francês. À semelhança do que sucedeu em anteriores edições de ICCEs, está atualmente em preparação um número especial da revista, contendo artigos completos sobre alguns dos trabalhos apresentados no ICCE 2015.

Ana Maria Carreira Lopes

1.º CONGRESSO INTERNACIONAL DE QUÍMICA DA UNIVERSIDADE DE CABO VERDE

A Universidade de Cabo Verde organizou o 1.º Congresso Internacional de Química, sob o tema "A Sociedade e o Desenvolvimento Sustentável: o papel da Química", que



ocorreu de 12 a 14 de Novembro de 2015 no Campo do Palmarejo, na cidade da Praia. O congresso, em português, nas variantes Europeia e Brasileira, contou com a participação de docentes e investigadores do Brasil, Moçambique, Portugal e Cabo Verde. Teve uma participação média diária de cerca de 70 pessoas (Figura 1), nas quais se incluem, além dos docentes e investigadores estrangeiros inscritos no congresso, os docentes, investigadores e alunos da própria universidade e também docentes dos ensinos básico e secundário.



Figura 1 – Aspeto geral da assistência na sessão de abertura do 1.º Congresso Internacional de Química da Universidade de Cabo Verde

A sessão solene de abertura ocorreu no dia 12 de Novembro e contou com a presença da Reitora da Universidade de Cabo Verde (Professora Doutora Judite Medina do Nascimento), do Presidente do Departamento de Ciências e Tecnologia da Universidade de Cabo Verde (Mestre Jorge Tavares) e do Ministro do Ensino Superior, Ciência e Inovação (Doutor António Correia e Silva) (Figura 2).



Figura 2 – Momento do discurso do Ministro do Ensino Superior, Ciência e Inovação na sessão de abertura com a presença da Magnífica Reitora da Universidade de Cabo Verde e do Presidente do Departamento de Ciências e Tecnologia da Universidade de Cabo Verde

Sendo a Universidade de Cabo Verde uma instituição ainda muito jovem, tendo sido formalmente criada em 2006, a maioria das comunicações apresentadas pelos docentes e investigadores da Universidade de Cabo Verde, centraram-se nos trabalhos desenvolvidos no âmbito dos respetivos cursos de mestrado e de doutoramento, mostrando uma

diversidade de interesses e de áreas de investigação. Neste congresso abordaram-se os seguintes domínios: desafios da sustentabilidade ambiental, desenvolvimento industrial, ensino e investigação, novas tecnologias, saúde e segurança alimentar. É de realçar a forte ligação de muitos dos temas com a realidade e os problemas de Cabo Verde. Citam-se a título de exemplo, a plenária sobre a avaliação das propriedades larvicidas, de óleos essenciais extraídos de plantas oriundas tanto de Portugal como de Cabo Verde, sobre o principal vetor da dengue (*Aedes aegypti* Linnaeus, 1762); as comunicações orais sobre a caracterização centesimal e microbiológica do queijo tipo coalho de Cabo Verde com o objetivo da sua valorização comercial, a promoção das pequenas atividades artesanais, e o estudo da poeira mineral oriunda do deserto do Sara presente na atmosfera do arquipélago de Cabo Verde, com vista a avaliar o impacto potencial do aerossol atmosférico sobre a saúde da população de Cabo Verde; ou ainda a comunicação em painel sobre o nível de poluentes na atmosfera da cidade de São Filipe, na ilha do Fogo, durante a atividade do vulcão do Fogo em 2014.

Um dos objetivos do congresso era *contribuir para o fortalecimento da investigação aplicada e desenvolvimento do ensino na área de Química em Cabo Verde* o que cremos foi plenamente conseguido. Do ponto de vista da história da Química em português este foi um congresso marcante, não só por ser o primeiro congresso internacional de Química realizado em Cabo Verde, mas porque conseguiu congregiar investigadores provenientes de países pertencentes à Comunidade dos Países de Língua Portuguesa (CPLP), mostrou que é possível realizar congressos científicos em que a língua oficial é o português e que Cabo Verde tem uma posição geográfica privilegiada, podendo servir de ponte e de traço de união entre os povos da CPLP de três continentes: África, América e Europa. Todos os conferencistas presentes elogiaram a organização exemplar do congresso, com um realce especial pelo trabalho desenvolvido pela Doutora Sandra Freire que foi o pilar de toda a organização, e fizeram votos que este tenha sido o primeiro de muitos congressos envolvendo os químicos da Comunidade de Países de Língua Portuguesa.

Diara Rocha e Clara Magalhães

OLIMPIADAS DE QUÍMICA JÚNIOR – UNIVERSIDADE DO MINHO

O Departamento de Química da Universidade do Minho e a Sociedade Portuguesa de Química organizaram no dia 9 de abril de 2016 as “Olimpiadas de Química Júnior”. O evento pretende dinamizar o estudo e ensino da Química nas escolas básicas, despertar interesse por esta ciência, cativar vocações para carreiras científico-tecnológicas entre os alunos dos 8.º e 9.º anos e, também, aproximar as escolas básicas e as universidades. Estiveram envolvidas na organização as professoras Manuela Raposo, Susana Costa, Maria José Medeiros, Manuela Silva e Sílvia Lima, tendo participado 30 equipas de três alunos de diferentes escolas da região. Foi efetuada uma prova teórica com questões sobre imagens, filmes e/ou animações projetadas e uma prova laboratorial com questões baseadas na observação de montagens exper-

imentais. As provas decorreram no anfiteatro da Escola de Ciências e nos laboratórios do Departamento de Química.



Medalha de ouro: Colégio D. Diogo de Sousa, Braga. Os alunos Luís Guilherme Carvalho de Sousa da Quinta e Costa, Nuno Afonso Anjo Pereira e Rui Pedro Esteves Vasques Correia de Oliveira acompanhados pelas Professoras Maria Teresa de Almeida Rodrigues Rocha e Sofia Alexandra Sousa Rodrigues.



Medalha de prata: Escola Básica dos 2.º e 3.º Ciclos Júlio Brandão, Vila Nova de Famalicão. Os alunos Beatriz Ferreira Pereira, Afonso Oliveira Magalhães e André Costa Lima acompanhados pela Professora Maria de Fátima da Silva Ferreira.



Medalha de bronze: Externato Delfim Ferreira, Riba de Ave. Os alunos Marco António Leal Oliveira Ribeiro, Maria Inês Lemos Sampaio e Gonçalo Vaz Vieira de Castro acompanhados pelos Professores Carlos Folhadela Simões e José Leão.

**A comissão organizadora
Manuela Raposo, Susana Costa, Sílvia Lima,
Manuela Silva e Maria José Medeiros**

GRUPO DE HISTÓRIA DA SPQ – ALGUMAS NOTÍCIAS

O *Working Party for the History of Chemistry* reuniu em 11 de Setembro de 2015, na Universidade de Aveiro, durante a *10th International Conference on the History of Chemistry*. Salientam-se algumas informações importantes:

– O novo *website* do *Working Party* encontra-se em:
<http://www.euchems.eu/divisions/history-of-chemistry-2/>

Pretende-se fazer ligação a cada uma das sociedades nacionais, em particular a cada grupo, se possível.

– O *EuChemS Survey: History of Science in Europe*, 2015 está a ser elaborado por Ignacio Suay-Mattallana com informação reunida junto de delegados nacionais, tendo-se produzido uma primeira versão ainda não finalizada.

– A escolha do local da próxima conferência – 11ICHC – recaiu sobre Trondheim, na Noruega, em 2017.

– O *EuChemS Executive committee* está a considerar desenvolver um programa de *European Landmarks of Chemistry*, e pretende associar o *Working Party for History of Chemistry*. Pediu-se indicação sobre a existência de eventuais programas específicos existentes em cada uma das sociedades nacionais (por exemplo: *lists of places/people honored yet, leaflet published...*) e como funcionam (*process of selection, type of output and outreach...*).

– Celebram-se, em 2016, os 250 anos de John Dalton.

– Próximas conferências:

7th International Conference of the European Society for the History of Science, Praga, República Checa, 22-24 Setembro de 2016

<http://www.7eshs2016.cz> | <http://www.7eshs2016.cz/call-forpapers/>

ICOHTEC Symposium 2016: Porto, Portugal, 26-30 Julho de 2016

<http://icohtec2016.ciuhtc.org/>

Isabel Malaquias

INQUÉRITO SPQ – “A QUÍMICA EM PORTUGAL”

A Sociedade Portuguesa de Química está a elaborar um estudo visando a caracterização do Químico Português. O estudo versa cidadãos portugueses que tenham concluído com sucesso um curso que confira grau (nível superior a 3) em Química, Engenharia Química, Bioquímica e áreas afins; ou cidadãos estrangeiros, com igual formação, que exerçam atividade profissional em Portugal na área da Química.

Uma vez que não existem dados estatísticos oficiais, que relacionem a formação académica com a função desempenhada a nível profissional, a SPQ vem por este meio propor aos Químicos que partilhem informação sobre a sua situação académica e profissional por meio do preenchimento

de um inquérito on-line, que está disponível no sítio inquerito.spq.pt.

A SPQ muito lhe agradece se puder dispensar 5 minutos do seu tempo e preencher o inquérito. Estes dados podem ser relevantes na proposta, pela SPQ, de orientações sobre o futuro da Química em Portugal.

5TH PORTUGUESE YOUNG CHEMISTS MEETING (5TH PYCHEM) & 1ST EUROPEAN YOUNG CHEMISTS MEETING (1ST EYCHEM)

O *5th Portuguese Young Chemists Meeting (5th PYCHEM)* e o *1st European Young Chemists Meeting (1st EYCHEM)*, cuja organização esteve a cargo do Grupo de Químicos Jovens (GQJ) da Sociedade Portuguesa de Química (SPQ), do Grupo de Investigação 3B's (Biomateriais, Biodegradáveis & Biomiméticos) e do Departamento de Química da Universidade do Minho, decorreu no Centro Cultural Vila Flor, em Guimarães, de 26 a 29 de abril de 2016.

À semelhança dos PYCHEMs precedentes, que decorreram por respetiva ordem cronológica em Lisboa, Aveiro, Porto e Coimbra, o *5th PYCHEM* teve como principal objetivo privilegiar a divulgação do trabalho científico em diversas áreas da Química (Orgânica, Inorgânica, Analítica, Eletroquímica, etc.) e da interface da Química com outras áreas científicas (Biologia, Física, Medicina, Nanotecnologia, etc.). No entanto, é de salientar que este evento abraçou um novo desafio, contando com a realização pioneira e em paralelo do *1st EYCHEM* que se apresentou como uma oportunidade única e incontornável para promover a discussão científica, interação e colaboração entre os jovens químicos nacionais e cientistas provenientes de toda a Europa.

O evento incluiu 6 lições plenárias e 10 comunicações orais convidadas (3 das quais no âmbito do simpósio subordinado ao tema “*Chemical strategies for the modifica-*



Durante as lições plenárias/apresentações orais

tion of natural-origin materials” patrocinado pelo projeto CHEM2NATURE (H2020-Twinning-2015 project), assim como 47 comunicações orais e 177 em painel. O evento contou com mais de 210 participantes a desempenhar a sua atividade científica/profissional em Portugal assim como em outros países europeus (Alemanha, Áustria, Croácia, Espanha, Finlândia, França, Polónia, Roménia, Suécia, etc.) e mesmo mundiais (Argentina, Brasil, Colômbia, Estados Unidos da América, etc.), que nos presentearam com excelentes comunicações orais e em painel. De entre todos os participantes do evento, é de enaltecer a participação ativa e massiva de jovens químicos e Investigadores a realizarem trabalhos de mestrado, doutoramento e pós-doutoramento, assim como de inúmeras empresas.

As apresentações orais incidiram sobre as diferentes áreas da Química, nomeadamente: Química Orgânica, Química Inorgânica, Química Verde, Química dos Produtos Naturais, Química Medicinal, Bioquímica, Química Analítica, Química Física, Química dos Materiais, Eletroquímica, entre outras.



Durante o passeio pela cidade de Guimarães

As lições plenárias tiveram um cariz mais tutorial e incidiram sobre temas transversais às mais variadas áreas da Química e da interface da Química com outras áreas científicas igualmente relevantes e foram proferidas por cientistas seniores de renome e de reconhecido mérito pela comunidade científica, como sendo o Prof. Dr. Ei-ichi Negishi (Purdue University, USA) laureado com o Prémio Nobel da Química em 2010, Prof. Dr. Buddy Ratner (University of Washington, USA), Prof. Dr. Martyn Poliakoff (The University of Nottingham, UK), Prof. Dr. Peter H. Seeberger (Max Planck Institute of Colloids and Interfaces, DE), Prof. Dr. Nuno Maulide (University of Vienna, AT), e o Prof. Dr. Hélder Santos (University of Helsinki, FI). As lições convidadas foram igualmente proferidas por cientistas nacionais e internacionais que em muito nos honraram com a sua presença e que contribuíram para a divulgação ativa da Química e para desmistificar a visão estereotipada e deturpada que muitos jovens ainda tem da mesma.

Durante o 5th PYChem e 1st EYChem foram atribuídos 2 prémios, patrocinados pela Norleq, para a melhor apresentação oral e melhor poster de entre os jovens Investigado-

res presentes no evento. O prémio de melhor comunicação oral foi atribuído a **Noelia Guldreis** (Laboratório Ibérico Internacional de Nanotecnologia (INL) – Braga) com a apresentação intitulada “*Iron oxide Nanoparticles with Glucosamine-Modified Coating for Highly Efficient Labelling of Mesenchymal Stem Cells*” e o premiado para melhor poster foi **João Avó** (REQUIMTE/LAQV – Lisboa) com o trabalho intitulado “*Photoresponsive Ionic Liquids*”.

O 5th PYChem e 1st EYChem contou ainda com uma sessão especial intitulada “*Challenges and Opportunities for Better Partnership Between Academy and Industry*”, que teve como moderador o Prof. Dr. Artur Silva (Universidade de Aveiro) e como intervenientes elementos associados à academia e indústria, e cujo objetivo primordial foi promover uma discussão aberta e salutar (academia vs. indústria) em que diferentes pontos de vista foram apresentados com o intuito de identificar os principais desafios, obstáculos e melhorar e/ou promover a transferência de conhecimento e *know-how* da academia para a indústria, tendo a Química como pano de fundo.

A Comissão Organizadora do 5th PYChem e 1st EYChem enaltece e agradece a presença e o envolvimento ativo de toda a comunidade científica nacional e internacional no evento, que em muito nos honraram pela excelência das apresentações e discussões científicas proporcionadas, assim como a todos os patrocinadores pelo contributo fulcral para que este evento tivesse lugar. Estamos em crer que este evento foi um sucesso e que, com certeza, estimulará o interesse crescente dos jovens investigadores nacionais e internacionais para com a Química e suas implicações diretas no nosso dia-a-dia.



Sessão de encerramento

O 6th PYChem terá lugar na cidade de Lisboa, em 2018, perspectivando-se que o mesmo seja também um êxito e que se institua, cada vez mais, como um fórum de discussão singular, incontornável e que fomente o interesse e a paixão da comunidade científica pela Química no panorama nacional e internacional.

A Comissão Organizadora
João Borges, Catarina Custódio, Ana Rita Araújo e Sara Amorim

SIMPÓSIO DOS 80 ANOS DE MALCOLM L. H. GREEN

A influência de Oxford no pensar e fazer a Química em Portugal durante a segunda metade do século XX é soberanamente reconhecida [1,2]. No que respeita à Química Inorgânica e Química-Física, a construção do que se veio a denominar de “Escola de Química de Oxford” teve na sua génese o Professor Fraústo da Silva (Instituto Superior Técnico, IST) e três docentes do Inorganic Chemistry Laboratory (ICL), Universidade de Oxford, nomeadamente Lionel Staveley, Robert J. P. Williams e Malcolm L. H. Green. Este último foi, em grande parte, o impulsor da Química Organometálica no nosso país ao receber e educar no seu grupo o falecido Professor Alberto Romão Dias, então um jovem assistente de Química no IST. Findo o seu doutoramento em 1970, Romão Dias regressa a Portugal e inicia uma colaboração com Malcolm Green, tendo assim origem um movimento notável de intercâmbio de investigadores que perdurou cerca de quatro décadas. O desenvolvimento da Química Organometálica no nosso país está bem patente na publicação de um número especial do *Journal of Organometallic Chemistry* em 2001 (ver volume 632), que celebrou o sexagésimo aniversário de Romão Dias e é exclusivamente constituído por artigos de grupos de investigação portugueses. O culminar da relação IST-Oxford deu-se em 1996 com a atribuição do título de Doutor *Honoris Causa* pela Universidade Técnica de Lisboa aos três docentes britânicos.

No dia 14 de Maio de 2016, celebrou-se no ICL o 80.º aniversário do Professor Malcolm L. H. Green FRS. Oriundos dos quatro cantos do mundo, cerca de 100 ex-membros do grupo de Green homenagearam aquele que é um dos maiores vultos da Química Inorgânica e Organometálica da nossa geração. Este impressionante número revela que, para além da sua excelência científica, Malcolm Green criou laços afectivos duradouros com todos os que passaram pelo seu Laboratório. Os autores desta nota estiveram presentes representando assim a memorável ligação deste grupo a Portugal. As 15 apresentações do Simpósio versaram sobre uma grande variedade de temas, desde as contribuições fundamentais para a Química Organometálica com origem no grupo de Green (*e.g.* reacções reversíveis de eliminação de hidrogénio α e β em ligações metal-alquilo, activação C-H em hidrocarbonetos alifáticos e aromáticos com metais de transição, ligações C-H “agósticas” e a origem deste termo, química de metais zero-valentes da esquerda do bloco-d pela técnica de MVS, mecanismo da polimerização de Ziegler-Natta de polimerização de olefinas), passando por assuntos relacionados com química verde até a métodos para a destruição de armas químicas na Síria. Este simpósio serviu como tal para relembrar que o legado de Malcolm Green estende-se bastante para além da Química Organometálica. De facto, a partir da década de 90, o seu grupo iniciou actividade nos campos da catálise heterogénea e na química de materiais de carbono, rapidamente impondo-se na cena mundial. Compreende-se assim que, em quatro décadas de actividade, o número de doutorados formados por Malcolm Green tenha excedido largamente a centena, a que se juntam inúmeros colaboradores pós-dou-

torados que com ele completaram a sua formação científica. Muitos destes doutores singraram no meio académico, industrial e empresarial tornando-se também eles líderes globais nas suas áreas profissionais. De referir ainda que à realização deste Simpósio se juntará também, em breve, um número especial da revista *Polyhedron*.



(foto: Karl Harrison)

Da nossa parte, queremos deixar aqui um agradecimento muito especial pela dedicação demonstrada pelo Prof. Malcolm Green tanto a Portugal como à Química em geral. Estamos certos que muitos dos portugueses que pertenceram a esta grande família, ou que com ele privaram, se nos juntarão num grande bem-haja a este memorável e inspirador académico britânico.

[1] M.L.H. Green, R.J.P. Williams, *Inorg. Chim. Acta* **356** (2003) 6-7

[2] J. Calado, *Rev. Port. Química* **25** (1983) 115-117

Pedro M. F. J. Costa,^{1,2} Teresa Avilés,³ Pedro T. Gomes,⁴ M. Helena Garcia⁵

¹ King Abdullah University of Science and Technology, Physical Science and Engineering Division, 23955-6900 Thuwal, Saudi Arabia

² Universidade de Aveiro, Departamento de Engenharia de Materiais e Cerâmica

³ Universidade Nova de Lisboa, Faculdade de Ciências e Tecnologia, LAQV, REQUIMTE, Departamento de Química

⁴ Universidade de Lisboa, Instituto Superior Técnico, Departamento de Engenharia Química, Centro de Química Estrutural

⁵ Universidade de Lisboa, Faculdade de Ciências, Departamento de Química e Bioquímica, Centro de Química Estrutural-FCUL

10.º ENCONTRO NACIONAL DE CATÁLISE E MATERIAIS POROSOS (10ENCMP)

Decorreu de 19 a 20 de Maio, no Instituto Superior Técnico em Lisboa, o 10.º Encontro Nacional de Catálise e Materiais Porosos, organizado conjuntamente pelo Instituto Superior Técnico e pela Divisão de Catálise e Materiais Porosos (DCMP) da Sociedade Portuguesa de Química (SPQ). O encontro decorreu num ambiente muito agradável-

vel e imbuído do espírito de intercâmbio de conhecimento dos encontros anteriores.

Esta edição contou com a presença de mais de 100 investigadores, na sua maioria jovens investigadores e estudantes, o que realça bem o carácter aglutinador dos encontros da DCMP e o papel que estes eventos poderão ter para promover o intercâmbio de conhecimento entre investigadores, formar os jovens estudantes, e ainda potenciar novas colaborações. Foram submetidos setenta e sete resumos, diversificados pelas áreas da catálise heterogénea, homogénea, fotocatalise; síntese, preparação e fabrico de novos materiais porosos; métodos de caracterização de materiais catalíticos e porosos; materiais porosos para energia e ambiente e aplicações medicinais e farmacológicas. Destes trabalhos, vinte foram apresentados oralmente e os restantes em duas sessões de posters que tiveram lugar no Museu Décio Thadeu, integrado nos Museus de Geociências do IST. O encontro contou ainda com cinco comunicações orais convidadas e duas conferências plenárias, uma das quais apresentada pelo Prof. Avelino Corma,



Cerimónia de abertura do 10ENCMP (em cima à esquerda), entrega do Prémio Luso-Espanhol de Química 2015 ao Prof. Avelino Corma (em cima à direita), sessão de posters no Museu Décio Thadeu (em baixo à esquerda) e entrega do Prémio Fernando Ramôa Ribeiro 2016 ao Dr. Adrián Silva (em baixo à direita), entregue pelo sobrinho do Prof. Ramôa Ribeiro, Dr. João Ramôa Ribeiro Correia.

um dos vencedores do Prémio Luso-Espanhol de Química atribuído no ano de 2015 pela SPQ. A cerimónia de entrega do prémio foi feita pela Presidente da SPQ. Contámos ainda com uma comunicação oral proferida pelo vencedor do Prémio Ramôa Ribeiro 2016, o Dr. Adrián Silva (FEUP). Este prémio foi instituído este ano, e passará a ser atribuído a cada Encontro da DCMP a um investigador com menos de 40 anos que, pela obra científica produzida em Portugal, tenha contribuído significativamente para o avanço da catálise e materiais porosos, em qualquer das suas áreas de intervenção.

Durante a assembleia da DCMP que se realizou durante o Encontro, foi eleito o novo presidente da DCMP, que para o biénio 2016-2018 ficará a cargo do colega Helder Gomes do Instituto Politécnico de Bragança. Foram ainda decididas as representações nacionais nas diversas sociedades de catálise: Iberoamericana (FISOCAT), Europeia (EFCATS); a Federação Europeia de Associações de Zeólitos (FEZA); e a Associação Internacional de Sociedades de Catálise (IACS). Ficou ainda decidido que a DCMP e a SPQ na próxima assembleia geral da FISOCAT a decorrer em Setembro no Uruguai, iriam propor Portugal para sede do XXVI Congresso Iberoamericano de Catálise em 2018, que será organizado em Coimbra.

A comissão organizadora agradece o empenho por parte da Comissão Científica na preparação do programa e o esforço do comité organizador local, bem como do Leonardo Mendes e da Cristina Campos da SPQ. Gostaríamos ainda de expressar a nossa gratidão aos patrocinadores que apoiaram o evento (LaborSpirit, CUF, Qlabo, IBEROL, Izasa Scientific, Paralab, Enzymatic, CGD e BPI).

Para terminar, o nosso agradecimento a todos os participantes, cuja presença e contribuições científicas fizeram deste encontro um evento memorável.

**A comissão Organizadora
Filipa Ribeiro, Carlos Baleizão, Auguste Fernandes**



**SOCIEDADE
PORTUGUESA
DE QUÍMICA**



**ChemPubSoc
Europe**

ALÉM DA ÓBVIA, EXISTIRÁ OUTRA QUÍMICA QUE A COMPLEMENTA, NEM QUE SEJA PELA ATRACÇÃO OU PELA REACÇÃO ÀS COISAS MAIS PROSAICAS E MUNDANAS DA VIDA



Mário Nuno M.S. Berberan e Santos

Mário Nuno M. S. Berberan e Santos (n. Lisboa, 1961) é licenciado em Engenharia Química pelo IST, tendo aí também obtido o seu doutoramento (supervisor: Manuel Prieto) e a sua Agregação, ambos em Química. Fez o pós-doutoramento no CNAM (Paris) e na Université Paris-Sud (Orsay) com Bernard Valeur. É Professor Catedrático de Química-Física, Materiais e Nanociências no IST e realiza investigação no Centro de Química-Física Molecular. É Fellow da Royal Society of Chemistry. Foi Secretário-Geral e Presidente da SPQ. Os seus interesses científicos incidem principalmente sobre a luminescência (fluorescência e fosforescência) e sobre a dinâmica de processos envolvendo estados electrónicos excitados, incluindo a transferência de energia electrónica (radiativa e não radiativa) e a fluorescência retardada, e respectivas aplicações, que incluem sensores e dispositivos. É autor de dois livros e mais de duzentas publicações (artigos e capítulos de livros).

Não sabe quando se interessou pela primeira vez por Química, mas por alturas do 10.º ano (então 1.º Complementar), divertiu-se a preparar – e a usar, com os amigos – pólvora, algodão-pólvora, H_2S , etc. seguindo um velho manual de Química que encontrara em casa (os reagentes compravam-se em drogas e farmácias). Nessa altura já lera Júlio Verne (saltando as descrições maçudas) e praticamente todos os livros da Coleção Argonauta (então umas duas centenas, os favoritos – como os de Ray Bradbury e do bioquímico Isaac Asimov – várias vezes). Também teve o clássico estojo de Química. Os trabalhos práticos realizados nos excelentes laboratórios de Química e de Física do Colégio Marista de Carcavelos (parcialmente Escola Secundária, e que já frequentara na 4.ª Classe), e as respectivas aulas e compêndios, foram provavelmente decisivos para a escolha do curso.

O que costuma fazer quando as suas moléculas estão cheias de energia? E qual costuma ser a sua dinâmica nos momentos de maior relaxação?

(i) «Moléculas cheias de energia» foi o título de uma série de palestras para escolas em que falava de moléculas em estados electrónicos excitados. Felizmente nunca chego inteiramente a esse ponto (desintegrar-me-ia), ficando-me por uma excitação superficial, principalmente de melanina, heme, algum ADN, triptofano e ainda de quinurenina e retinal. Nenhuma destas moléculas brilha muito, pelo que a minha autofluorescência é baixa. Poderia transformar-me – transitoriamente – numa luminária, pintando-me com tintas fluorescentes ou besuntando-me com fósforo ou bactérias luminosas. Ainda não me atrevi a tanto. Apenas tenho uma *t-shirt* com um fulereno fosforescente estampado, que uso muito raramente, de preferência em noites sem luar, mas falta-me a companhia do molosso dos Baskervilles.

(ii) Os momentos de maior relaxação correspondem às férias familiares. A dinâmica é trivial: viajar, andar, fotografar, visitar. Nadar e mergulhar, unicamente em águas temperadas ou tropicais. E ler alguma coisa (principalmente não ficção), incluindo alfarrábios. Mas sempre com acesso ao *email*, para evitar a sensação de privação.

De que forma transfere a sua energia para as várias tarefas quotidianas que costuma ter pela frente? Consegue obter um bom rendimento no processo?

(i) A transferência de energia electrónica molecular mais comum é a que resulta da interacção de dois dipolos de transição, sendo desde há uns anos referida pelo acrónimo FRET (*Förster Resonance Energy Transfer*), o que em inglês é divertido mas em português soa tal e qual como «frete». Algumas tarefas – felizmente poucas, principalmente administrativas – são, para mim, verdadeiros fretes. O que já não acontece quando me dedico à FRET.

(ii) Procuo cumprir, nem sempre conseguindo, a antiga máxima: «Primeiro as obrigações, depois as devoções» (o que Freud justificou através dos princípios da realidade e do prazer). O rendimento da transferência de energia resulta da competição entre este processo e o decaimento intrínseco. Da mesma forma, as obrigações competem com as devoções (*super-ego* vs. *id*). Em algumas profissões, as obrigações podem também ser devoções. Fala-se, então, de vocações realizadas. Não me posso queixar. O problema maior com o meu rendimento é, para além de limites próprios, a competição entre as várias devoções pelo tempo disponível...

Quer partilhar com os leitores as suas preferências nos domínios das artes performativas e artes plásticas? O artista Beo Beyond faz parte das suas escolhas?

(i) Das musas, prefiro Euterpe. Música da Renascença e barroca, religiosa e profana, mas também de outros períodos, consoante o estado de espírito. Há ainda uma imensidão de compositores quase desconhecidos, sem o merecerem, e as obras gravadas são uma pequena fracção do

que se compôs (e vai compondo). Tal como sucede com os livros, a música é um manancial inesgotável. Todos os anos há bons festivais, mas não esqueço a extinta Festa da Música (vinda de França, ainda lá continua a celebrar-se). Era um acontecimento extraordinário! Noutra registo, temos agora a *Lisboa Open House*, que não perco, e espero não desapareça tão cedo!

(ii) Nunca tinha ouvido falar desse obscuro «artista da luz». Graças a este inquérito, pude conhecer a sua página na *internet*, e fiquei esclarecido.

Indique uma personalidade que gostaria de conhecer e outra que gostaria de ter conhecido, caso tivesse vivido no tempo dela.

(i) O que sei sobre certas *personae (non gratae)* que nos entram pela casa dentro chega-me, sem desejar conhecê-las em carne e osso. Quanto às que admiro mas nunca encontrei, por que haveria de as incomodar? Não o faria, nem que pudesse usar um feitiço ou um *transporter* («Beam them up, Scotty») para as convocar instantaneamente. Deixemos os encontros e os desencontros ao acaso e ao tempo, que dizem ser sábios. As reacções químicas resultam de colisões aleatórias...

(ii) Lamento não ter podido privar com o meu bisavô Gustavo, falecido era eu muito pequeno. De resto, quem não gostaria de ter estado na Galileia e na Judeia, *in illo tempore* (mesmo que não fosse senão para aquilatar da verdade histórica)?

Refira um lugar de eleição onde já esteve e outro onde gostaria de ter estado e um acontecimento importante que já presenciou e outro que gostaria de presenciar.

(i) *Locais de eleição*: Um dos que mais me impressionou até hoje foi o deserto de Sonora, imensidão silenciosa e escavada, habitada por conspícuos cactos antropomórficos, os saguaros, cujo primeiro braço cresce por volta dos setenta anos de idade. Pareceu-me estar na Terra primitiva, muito antes do aparecimento do ser humano. O outro lugar foi Roma (descoberta tardia, só lá passara de fugida), pelo latino e pelo barroco, isto sem menosprezar o quotidiano. Alguém disse – quando o multiculturalismo ainda não se tinha imposto - que ser-se ocidental é entrar-se na catedral de Chartres e sentir-se parte de um todo. Aconteceu-me isso em Roma (mas menos em Atenas e nas ilhas gregas, excepto em Rodas). Talvez pelos meus primeiro e último nomes... E não é a língua portuguesa a «última flor do Lácio»?

(ii) *Lugar que gostaria de conhecer*: Ao acaso, refiro o lago Baikal, profundíssimo e quase tão grande como Portugal, que se recortava com nitidez quando o sobrevoei de noite, a grande altitude. Claro que o conhecimento *en touriste* (uma impressão, com sorte um *coup de foudre*) e o conhecimento verdadeiro não são a mesma coisa. E cada um tem a sua visão, forjada pelo tempo, pela vivência e pela cultura absorvida, que pode incluir a memória familiar.

(iii) *Acontecimento importante presenciado*: Escolho um alegre, o nascimento da minha primeira filha (por condicionalismos do hospital, tive de acompanhar o da segunda a umas portas de distância).

(iv) *Acontecimento que gostaria de presenciar*: Depois de ter visto dois eclipses totais do Sol e, muito recentemente, nuvens madre-pérola, falta-me uma aurora (boreal ou austral, não tenho preferência). Ainda não consegui observar nenhuma ao vivo, nem mesmo a bordo de um avião. Está na minha *bucket list*!

Os seus gostos gastronómicos situam-se mais em terra ou levam-no mais para o mar? O que é para si uma boa refeição? Onde?

A comida é obviamente importante para uma boa refeição, mas a companhia, o local e as circunstâncias são-no muito mais. Prefiro um farnel rústico ao ar livre, depois de uma longa caminhada, a um restaurante pretensioso, caro e apinhado, ainda que «avermelhado» ou «estrelado». Já tive a minha conta de *chefs*, escanções e empregados solícitos, e recorro, como ameaça permanente, as três idades de Camilo (*Coração, Cabeça e Estômago*) que poderiam, aliás, ser ingredientes de um prato imaginário, não necessariamente de antropófagos: *bucho recheado com mioleira e miudezas* (talvez manipulado com um pouco de azoto líquido, para um toque de modernidade).

Quanto a gastronomia, fico-me pelo europeu clássico, com algumas incursões sino-indianas. Há tempos, no Japão, fui convidado (juntamente com outros oradores) para um jantar de peixe cru (incluindo *fugu*) em sítio de renome, com preparação à vista. Lá fui engolindo tudo, à força de saqué. Um desperdício... A meio dessa noite, acordo bruscamente, com a cama a ser sacudida por um *oni* (diabo nipónico). Pesadelo devido a indigestão e álcool? Não, fora um sismo violento.

Não enjeito um bom prato tradicional, seja ele de peixe ou de carne, nem dispenso a velha doçaria lusitana. O que é doce... Em casa, o guia para os dias festivos continua a ser a *Cozinha Tradicional Portuguesa*, tendo também na prateleira, como memória de tempos idos, uma pequena coleção que vai de um Domingos Rodrigues de bolso, encontrado em Madrid (!), a um *Pantagrue* herdado. No dia-a-dia, recorro mais à cozinha de descongelação do que à cozinha de fusão, por vezes usando micro-ondas, como é natural num espectroscopista.

O que é preciso para ensinar? E para aprender?

Questões magnas e ponderosas. Para estes assuntos, cujos cabal esclarecimento e resolução nos vão escapando, há ministros, ministérios, comissões, conselheiros, assessores, consultores, observatórios, observadores, institutos, associações, cursos, congressos, periódicos, tratados, tradistas e, até, tratantes. Como professor com alguns anos de tarimba, posso apenas expender umas ideias de base empírica, quase de certeza inúteis, pois ou coincidem com resultados já conhecidos e são redundantes, ou estarão provavelmente erradas, levando ao descrédito e ao opróbrio – embora um colega basco diga, com ironia, que, sendo professor catedrático, pode falar com autoridade sobre tudo.

Na minha opinião, são precisas duas coisas para ensinar e para aprender: *aplicação* (esforço) e *aptidão* (uma combinação de *talento* e de *preparação*). Faltando uma delas, a outra de pouco serve. E em faltando as duas... O resultado final é medido pelo *desempenho* que, no caso da aprendizagem,

gem, deve traduzir a aquisição de algo novo (conhecimento ou/e capacidades), que irá aumentar a aptidão, pela melhoria da preparação. Quase se pode dizer que o desempenho é o produto da aplicação pela aptidão – admitindo que estas podem ser traduzidas numa escala numérica –, o que será aliás válido para qualquer profissão, incluindo a de investigador, embora aqui o aleatório também tenha um papel. É de sublinhar que aptidão para aprender e aptidão para ensinar não são a mesma coisa, e que o desempenho do estudante é, em geral, condicionado pelo desempenho do docente, embora, como é sabido, se possa «fazer uma cadeira» com boa classificação sem nunca se ter visto o *profe*.

Concordo com a avaliação dos docentes universitários pelos seus alunos, desde que se reconheça que esta avaliação é necessariamente incompleta. O estudante não sabe – nem isso lhe interessa – se o docente tem conhecimentos em primeira mão sobre as matérias que ensina e se é original no ensino, ou se está simplesmente a repetir – por melhor que o faça – o que outros pensaram, estudaram, prepararam e organizaram.

Para lá da actividade científica, a que situações da vida é que gostaria de aplicar os seguintes termos: retardar, estimular, retractar, aplicar.

(i) *Retardar*: Para lá da fluorescência retardada, a florescência retardada (*late blooming*). É sempre uma esperança. Tal como adiar, e adiar sucessivamente (procrastinar). Quem atira a primeira pedra?

(ii) *Estimular*: Para lá da emissão estimulada (celebram-se este ano os 100 anos da sua introdução teórica, por Einstein, embora a versão mais conhecida seja de 1917), a emissão espontânea, origem de quase toda a luz que nos rodeia.

(iii) *Retractar*: A retractação (com o novo acordo «ortográfico» fica retratação, uma confusão desnecessária) é um caso muito sério em Ciência, se resultar da exposição de uma fraude. Já na vida corrente só raríssimas *personalidades* se afirmam – ao que se diz, mas pode haver engano – imunes ao erro. No que errarão. Muito pior do que os erros involuntários, são os erros intencionais, para benefício próprio, quase sempre dissimulados por falsidades.

(iv) *Aplicar*: Para lá da investigação aplicada (muitas vezes inaplicável, como é patente em tantas patentes), a ciência pura, pelo seu valor intrínseco, e da qual decorrem as aplicações mais inovadoras.

ACTUALIDADES CIENTÍFICAS

CATALISADOR DE RUTÉNIO COM PAPEL RELEVANTE EM CÉLULAS DE COMBUSTÍVEL

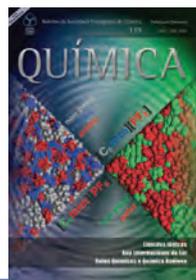
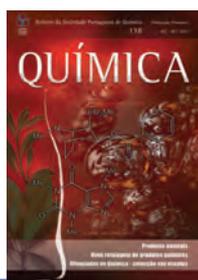
A comunidade científica deu mais um passo em direcção ao uso mais eficiente de células de combustível, baseadas na molécula de H_3NBH_3 , graças a um catalisador de ruténio que liberta uma quantidade sem precedentes de hidrogénio.

Em teoria, cada molécula de H_3NBH_3 pode libertar três moléculas de H_2 . Esta elevada densidade de hidrogénio faz deste composto um material ideal para utilização em células de combustível. Até hoje, apenas um número limitado de catalisadores revelou permitir a desidrogenação de H_3NBH_3 além de 2 equivalentes de H_2 em condições suaves. No entanto, nenhum deles mostrou ser capaz de derivatizar a borazina, o composto formado após a libertação de 2 equivalentes de H_2 . O problema da borazina é que é resistente a uma maior libertação de hidrogénio e, além disso, pode envenenar também as células de combustível desactivando o catalisador.

Uma equipa liderada por Travis J. Williams, da Universidade de Southern Califórnia, desenvolveu agora um catalisador de ruténio que produz 2,7 equivalentes de H_2 a partir de H_3NBH_3 , a 70 °C. O catalisador mostrou actividade semelhante após vários ciclos, além de ser estável ao ar e à água. Demonstraram ainda que o catalisador tem a capacidade de polimerizar a borazina, produzindo poliborazileno e libertando mais hidrogénio. Assim, a formação de borazina deixa de ser um entrave a uma libertação mais eficiente de hidrogénio a partir de H_3NBH_3 .

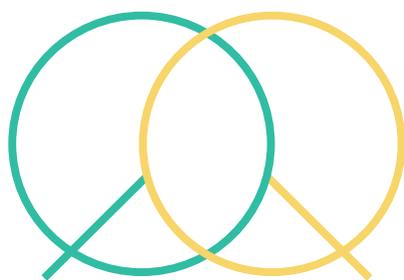
(adaptado de “Goodbye borazine, hello hydrogen”, <http://www.rsc.org/chemistryworld/2016/04/borane-fuel-cells-ruthenium-catalyst-hydrogen> e de X. Zhang, L. Kama, T.J. Williams., *Dalton Trans.* 45 (2016) 7672-7677)

Paulo Mendes
(pjgm@uevora.pt)



SPQ

ENVIE-NOS O SEU CONTRIBUTO PARA: bquimica@quimica.uminho.pt



XXII Encontro Luso-Galego
Química

9 a 11 novembro 2016

Instituto Politécnico de Bragança | BRAGANÇA - PORTUGAL



<http://xxiilgq.eventos.chemistry.pt>

DATAS IMPORTANTES

Limite para submissão de resumos
26/09/2016

Confirmação da aceitação das comunicações
11/10/2016

Limite para inscrição no encontro
21/10/2016

MAIS INFORMAÇÕES
xxiilgq@chemistry.pt



NANOMEDICINA: DA UTOPIA À REALIDADE

Carina Crucho

Centro de Química-Física Molecular e Instituto de Nanociência e Nanotecnologia,
Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa

carina.crucho@tecnico.ulisboa.pt

Nanomedicine: from utopia to reality – *A very small particle can cast a very large shadow if we change the scale we see the world. With this new look, we will see armies of nanoparticles fighting sick cells with precision, leaving the healthy ones to follow its natural course. Between nanoparticles and grains of sugar, this PhD was focused in the synthesis and characterization of polymeric nanoparticles (PNPs), compounds with increasing pharmaceutical interest. However if medicine continues to be the keystone of the well-being of society, nanomedicine is already a reality. In the near future, we will undoubtedly see significant advances in the battle man vs disease.*

Uma partícula muito pequena pode projectar uma sombra muito grande, se mudarmos a escala com que vemos o mundo. Com este novo olhar, veremos exércitos de nanopartículas a combater de forma precisa células enfermas, deixando as saudáveis seguir o seu curso natural. Por entre nanopartículas e grãos de açúcar, este doutoramento teve como abordagem central a síntese e caracterização de nanopartículas poliméricas (NPPs), compostos de crescente interesse farmacêutico. Contudo se a medicina continua a ser a pedra basilar do bem-estar da sociedade, a nanomedicina já é uma realidade. Num futuro próximo, assistiremos indubitavelmente a avanços significativos no combate homem *versus* doença.

NANOTECNOLOGIA E A VISÃO FUTURISTA DE RICHARD FEYNMAN

No dia 29 de Dezembro de 1959, Richard Feynman lançou as primeiras ideias sobre a miniaturização. Durante a sua palestra, intitulada, “Há muito espaço lá em baixo”, Feynman visualizou uma tecnologia capaz de construir objectos átomo a átomo e inclusive chegou a propor que um dia os pacientes poderiam engolir o médico na forma de minúsculas máquinas. No entanto, as inúmeras possibilidades decorrentes da miniaturização também traziam grandes desafios para conseguir trabalhar a uma escala tão pequena.

“Os princípios da física, pelo que eu posso perceber, não falam contra a possibilidade de manipular as coisas átomo a átomo. Não seria uma violação das leis da Natureza; é algo que, teoricamente pode ser feito mas que, na prática, nunca foi levado a cabo porque somos grandes de mais” - Richard Feynman.

A mente humana estimulada pelo desafio, cedo fez desenvolver a capacidade moderna de ver e manipular átomos e moléculas através de equipamentos de alta precisão. Surgiu assim a nanotecnologia, que tem assumido um papel determinante em quase todos os aspectos da investigação científica e do desenvolvimento tecnológico.

O termo Nanotecnologia refere-se à manipulação da matéria a uma escala que varia de um átomo individual a moléculas com cerca de 100 nm. A esta escala fenómenos únicos permitem obter materiais com novas propriedades. Porém quão pequeno é um nanómetro? A escala nano representa a bilionésima parte de um metro, ou seja, cerca de 100 000 vezes mais pequeno do que a espessura de um cabelo (0,1 mm). Visualmente, a relação entre um nanómetro e uma

moeda de 1 cêntimo, seria o mesmo que comparar uma bola de futebol com a Lua! Uma escala verdadeiramente pequena. Contudo, da profecia de Feynman à realidade percorreu-se já um longo caminho e muitas aplicações da nanotecnologia estão actualmente no mercado [1].

QUERIDA, ENCOLHI OS FÁRMACOS!

Hoje em dia os avanços na nanotecnologia permitiram o aparecimento da nanomedicina que visa o diagnóstico e a terapia de doenças recorrendo à nanoescala [2]. Dentro do doseamento inteligente, o ideal é que o fármaco chegue ao sítio certo, na dose certa e no tempo certo. Mas, como é que o fármaco sabe? O fármaco não sabe e circula livremente por todo o nosso organismo. Vejamos o exemplo da aspirina. Quando tomamos uma aspirina, as suas moléculas vão para o nosso estômago, seguem para o intestino onde são absorvidas, entram na corrente sanguínea e circulam por todo o organismo. Como circulam livremente, no local onde temos a dor temos o efeito terapêutico, mas nos outros locais surgem os efeitos secundários, como por exemplo os efeitos colaterais da quimioterapia. Assim, o que os sistemas modernos de veiculação de fármacos pretendem é proporcionar alguma orientação, para que o fármaco chegue preferencialmente ao sítio de acção. Como os fármacos são geralmente moléculas pequenas, por exemplo a molécula da aspirina que tem cerca de 1 nm, é pequena o suficiente para atravessar a parede dos vasos sanguíneos em quase todas as regiões do corpo. Se a encapsularmos dentro de uma nanoestrutura com cerca de 30 a 200 nm em média, este veículo não vai ser capaz de atravessar a parede dos vasos sanguíneos em células saudáveis, porque o espaço entre estas células é de cerca de 2 a 6 nm. No entanto, nas regiões com um tumor, ou nas regiões inflamadas, estas cé-

lulas apresentam espaços entre si de até 1,2 micra. Assim, as nanoestruturas acumulam preferencialmente nestes tecidos através do efeito de permeabilidade e retenção aumentadas (EPR) (Figura 1). As nanopartículas também podem ser decoradas com moléculas que se ligam especialmente a receptores celulares sobreexpressos em células cancerígenas (Figura 1). Péptidos, açúcares e anticorpos, têm sido utilizados para aumentar a absorção celular, maximizando a concentração do fármaco no tumor. No entanto, a presença dos receptores não implica um aumento do número de nanopartículas que atingem os tumores se a biodistribuição estiver dependente do efeito de EPR.

A libertação controlada de fármacos no organismo também pode ser conseguida através do desenho de nanopartículas que alterem o seu comportamento macroscópico em resposta a estímulos específicos (Figura 1) [3]. Estes materiais podem responder ao microambiente particular de determinadas doenças, através de mudanças de pH, temperatura e força iónica. Estes gatilhos internos, juntamente com estímulos externos, como a alteração do campo magnético ou luz, permitem uma libertação temporalmente e espacialmente controlada.

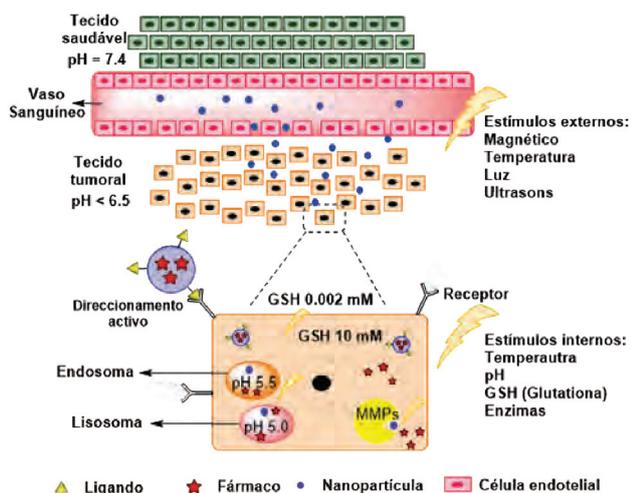


Figura 1 – Representação esquemática das várias estratégias desenvolvidas no desenho de sistemas de libertação controlada. Visão esquemática de um tecido doente apresentando ambientes intracelulares [3].

NANOPARTÍCULAS POLIMÉRICAS E A NANOMEDICINA

A nanotecnologia é ubíqua na natureza onde nanoarquitecturas poliméricas desempenham um papel central nos sistemas biológicos. A eficiência da natureza na construção e montagem dos seus blocos básicos constituintes, tem impulsionado os químicos sintéticos a desenvolver nanoestruturas e respectiva incorporação em macroestruturas, procurando mimetizar a natureza. Neste contexto, um dos sistemas de veiculação mais estudados têm sido as nanopartículas poliméricas (NPPs) [4]. NPPs são partículas coloidais, que apresentam um tamanho na ordem dos 10 a 1000 nm, embora haja algum grau de ambiguidade na literatura quanto ao limite superior. Contudo, para aplicações *in vivo*, NPPs de tamanho intermédio (20-100 nm) apresentam maior potencial, devido à sua capacidade de circular no sangue durante longos períodos de tempo, bem

como os seus padrões de biodistribuição. Fármacos ou biomoléculas podem ser aprisionados ou adsorvidos nas NPPs e dependendo do método de preparação, podem ser obtidas nanocápsulas ou nanoesferas (Figura 2). Uma nanocápsula consiste num núcleo líquido na qual o fármaco está confinado e rodeado por uma membrana de polímero. Por outro lado uma nanoesfera tem uma estrutura do tipo matriz que consiste no fármaco e polímero dispersos uniformemente.

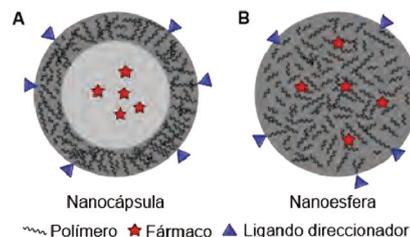


Figura 2 – Tipos de Nanopartículas Poliméricas: A, Nanocápsulas e B, Nanoesferas [3].

A escolha do polímero, o desafio de criar novos polímeros combinando propriedades hidrofílicas e lipofílicas e a capacidade de controlar a libertação do fármaco, têm sido intensivamente investigadas, de modo a modificar a distribuição do fármaco *in vivo*, ambicionando uma distribuição mais selectiva do mesmo e, assim um aumento do índice terapêutico.

Neste doutoramento prepararam-se NPPs de polietileno glicol (PEG) [5] e de poli(L-ácido láctico-co-ácido glicólico) (PLGA) [6], incorporando uma unidade de açúcar e um ácido biliar (Figura 3). A síntese dos polímeros foi conseguida utilizando a experiência anterior do grupo em glúcidos [7,8]. Todos os conjugados poliméricos foram caracterizados por espectroscopia de Ressonância Magnética Nuclear (RMN) e por calorimetria diferencial de varrimento (DSC).

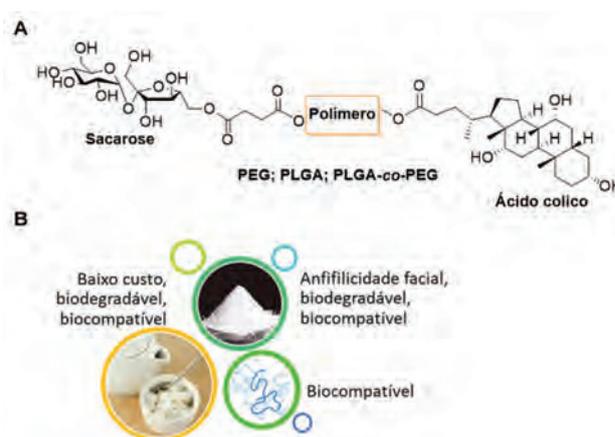


Figura 3 – A, Estrutura geral do conjugado polimérico sintetizado. B, Principais características dos blocos de construção utilizados.

A concentração de associação crítica (CAC) e a capacidade dos polímeros conjugados se auto-organizarem em meios aquosos foi estudada utilizando pireno como sonda fluorescente (Figura 4). O aumento da intensidade de emissão de fluorescência com o aumento da concentração de po-

límero indicou a incorporação de moléculas de pireno no domínio hidrofóbico dos conjugados.

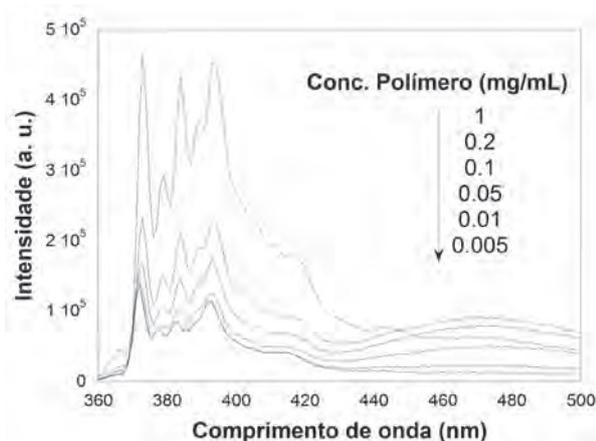


Figura 4 – Espectros de emissão de fluorescência do pireno/Sacrose-PEG-Cólico em função da concentração do polímero em água destilada [5].

A influência do método de preparação nas propriedades físico-químicas das NPPs foi analisada, assim como os efeitos de vários parâmetros experimentais inerentes. Por exemplo, as NPPs foram sintetizadas por dois métodos diferentes (Tabela 1), assim como para o melhor método estudou-se o tipo de solvente orgânico utilizado (Figura 5), a influência da concentração do polímero e a velocidade de evaporação do solvente.

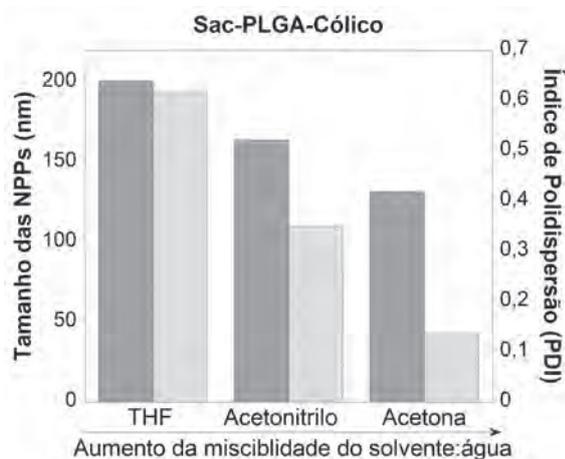


Figura 5 – Efeito da variação do solvente orgânico no tamanho (barra cinzenta) e no índice de polidispersão (barra listrada) das NPPs de Sacrose-PLGA-Cólico obtidas por nanoprecipitação [6].

O método da nanoprecipitação revelou ser o melhor procedimento para a síntese das nanopartículas. Este oferece vantagens de formulação simples à temperatura ambiente sem a utilização de tensoactivos. As NPPs apresentaram um tamanho médio pequeno e adequado em torno de 100 nm, um valor baixo de polidispersão e uma carga superficial negativa, o que garante a estabilidade a longo prazo e evita a agregação das partículas.

As NPPs foram observadas por microscopia de força atômica (AFM) e microscopia electrónica de varrimento (SEM) (Figura 6). Após a preparação das NPPs, as condições pós-síntese, tais como a centrifugação e a liofilização, influenciaram as características morfológicas das partículas. Particularmente, a centrifugação aumentava substancialmente o seu tamanho. Na literatura este efeito é normalmente atribuído à liofilização. A secagem das partículas sobre pentóxido de fósforo foi explorada como uma alternativa à liofilização.

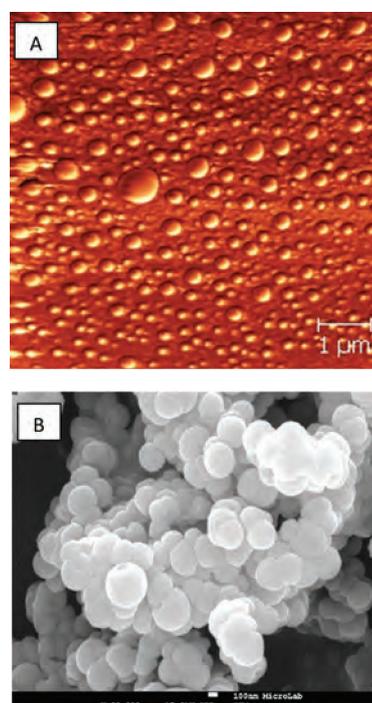


Figura 6 – A, Imagem de fase de AFM das NPPs liofilizadas de Sac-PEG2000-Cólico preparadas por nanoprecipitação, a partir de uma solução de 0,1 mg de NPPs/mL. B, Imagem de SEM das NPPs liofilizadas de Sac-PLGA-Cólico preparadas por nanoprecipitação [5,6].

Tabela 1 – Características físico-químicas das NPPs obtidas pelo método da nanoprecipitação e emulsificação - evaporação do solvente

Polímeros	Nanoprecipitação			Emulsificação - evaporação do solvente	
	Tamanho das NPPs (nm)	PDI	Potencial zeta (mV)	Tamanho das NPPs (nm)	PDI
Sac-PEG2000-Cólico	117	0,169	-26	194	0,350
Sac-PEG4000-Cólico	96	0,280	-19	205	0,400
Sac-PEG6000-Cólico	219	0,140	-12	233	0,510
PLGA	96	0,47	-12	370	1,39
Sac-PLGA-Cólico	132	0,140	-28	488	0,520

A MARY POPPINS TINHA RAZÃO?

No clássico musical da Disney de 1964, Mary Poppins cantolava que “Uma colherada de açúcar ajuda o remédio a descer de uma maneira maravilhosa”, o que não estava muito longe da verdade.

A sacarose, açúcar que colocamos habitualmente no café, é omnipresente no reino vegetal, mas a razão para esta seleção natural não é evidente. É um composto de valor acrescentado, sendo uma matéria-prima com elevado potencial devido à sua ocorrência natural, produção em larga escala, baixo preço e natureza polifuncional [8].

Polímeros feitos com unidades de açúcar apresentam um elevado potencial para o desenvolvimento de sistemas de longa circulação, uma vez que conseguem circular no nosso organismo sem serem detectados precocemente pelo nosso sistema imunitário [9].

Para estudar a influência da unidade de sacarose nas propriedades físico-químicas das NPPs, foram preparados polímeros conjugados sem a molécula de sacarose. Como os melhores resultados tinham sido obtidos pelo método da nanoprecipitação, os mesmos parâmetros experimentais foram aplicados a estes conjugados. Contudo, os polímeros sem a unidade de sacarose eram muito insolúveis. Por conseguinte, ocorria a precipitação de agregados de polímero de dimensões superiores ao tamanho coloidal. Por outro lado, a presença da molécula de sacarose nos polímeros conduziu a valores de potencial zeta mais elevados, traduzindo-se em dispersões mais estáveis.

Em 2009, Song e seus colaboradores demonstraram que lipossomas modificados com unidades de sacarose apresentavam uma maior incorporação em várias linhas celulares de cancro, através de uma endocitose mediada por lectinas (proteínas que reconhecem a unidade da sacarose) [10]. NPPs funcionalizadas com unidades de açúcar podem assim, aumentar a afinidade para as lectinas existentes na superfície das células.

NANOMEDICINA, NANODOCES E PERSPECTIVAS FUTURAS

As nanopartículas têm conseguido construir progressivamente a sua história com uma ampla variedade de aplicações. Contudo, existem muitos desafios associados à nanomedicina e, talvez, um dos desafios mais importantes seja a transição da escala de laboratório para a escala industrial mantendo as mesmas propriedades físico-químicas e com elevado rendimento. Este é um ponto-chave que normalmente não é abordado na literatura.

Os resultados obtidos neste estudo demonstraram que NPPs com unidades de sacarose constituem um sistema de veiculação de fármacos promissor. Este estudo abre ainda a possibilidade de incorporar pela primeira vez polímeros de sacarose em nanopartículas e beneficiar não só das propriedades de direcção do nanoveículo, mas também das propriedades únicas que a sacarose pode imprimir nas características físico-químicas das nanopartículas. Ademais o que propomos não é um fármaco novo, mas sim um veículo que pode transportar pelo nosso organismo alguns dos fármacos já existentes, o que constitui uma vantagem para se conseguir de forma rápida a aprovação pela FDA (*Food and Drug Administration*).

Aos poucos, a Ciência vai-se aproximando da visão futurista de Feynman. Os cientistas têm unido esforços no desenvolvimento de sistemas mais eficazes, com substâncias biocompatíveis, como por exemplo os açúcares, permitindo que o fármaco chegue na altura certa, na dose certa, ao sítio certo, aproveitando a janela da oportunidade antes de ser eliminado. Encaro com espírito entusiástico o meu futuro científico e o da nanomedicina.

AGRADECIMENTOS

À minha orientadora Prof. Maria Teresa Barros, ao Prof. Christopher D. Maycock, a todos os que me ajudaram na concretização deste trabalho, e à FCT pela concessão da bolsa de doutoramento (SFRH/BD/71648/2010).

REFERÊNCIAS

- [1] I.Y. Wong, S.N. Bhatia, M. Toner, *Genes Dev.* **27** (2013) 2397-2408
- [2] R. Duncan, R. Gaspar, *Mol. Pharmaceutics* **8** (2011) 2101-2141
- [3] C.I.C. Crucho, *ChemMedChem* **10** (2015) 24-38
- [4] M. Elsabahy, K.L. Wooley, *Chem. Soc. Rev.* **41** (2012) 2545-2561
- [5] a) C.I.C. Crucho, M.T. Barros, *J. Mater. Chem. B* **2** (2014) 3946-3955 b) C.I.C. Crucho, M.T. Barros, *Microscopy and Microanalysis* **21** (2015) (Suppl. 6) 74-75
- [6] C.I.C. Crucho, M.T. Barros, *Polymer* **68** (2015) 41-46
- [7] C.I.C. Crucho, K.T. Petrova, R.C. Pinto, M.T. Barros, *Molecules* **13** (2008) 762-770
- [8] K.T. Petrova, P. Correia-da-Silva, C.I.C. Crucho, M.T. Barros, *Current Organic Chemistry* **18** (2014) 1788-1802
- [9] C.I.C. Crucho, P. Correia-da-Silva, K.T. Petrova, M.T. Barros, *Carbohydrate Research*, **402** (2015) 124-132
- [10] C.K. Song, S.H. Jung, D.-D. Kim, K.-S. Jeong, B.C. Shin, H. Seong, *Int. J. Pharm.* **380** (2009) 161-169

Faça-se sócio da SPQ, receba o Boletim QUÍMICA e tenha acesso:

Às últimas notícias do mundo da Química ■ A artigos de relevo sobre a Química ■ A entrevistas com membros ilustres da Química ■ A uma agenda dos mais importantes eventos sobre Química aqui e além fronteiras.

MECANOQUÍMICA: MOER, ESMAGAR... REACÇÃO!

Vasco D.B. Bonifácio

CQFM e IN, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa
vasco.bonifacio@tecnico.ulisboa.pt

Mechanochemistry in action: grind and go! – *In the last few years mechanochemistry has emerged as an alternative green methodology in organic synthesis. Simple, solventless, low cost and highly efficient, the ancient process of grinding turned out as a smart tool for sustainable chemistry. From small molecules to complex systems, mechanochemistry rocks.*

A mecanoquímica ressurgiu nos últimos anos como uma alternativa muito interessante para a síntese orgânica sustentável, ou mais amiga do ambiente. A técnica de moagem é ancestral e tem sido usada em diversos processos, contudo as reações químicas em estado sólido, sob o ponto de vista da química sustentável, são uma estratégia muito inteligente. A simplicidade do método, aliada a baixos custos e elevada eficiência, sem recurso ao uso de solvente de reacção (contornando também problemas de solubilidade), são altamente atractivas. Da síntese de pequenas moléculas até aos sistemas mais complexos a mecanoquímica vai certamente agitar os químicos!

De médico e louco todos temos um pouco, diz o provérbio. Eu acrescentaria que o químico e o cozinheiro se conhecem pelo cheiro! Pelos melhores e pelos piores exemplos. Sim, porque a química não faz só perfumes e na cozinha também há distrações. Se entra bispo na panela ou enxofre na molécula, o melhor é abrir a janela. Odores à parte, o almofariz e o pilão (*mortarium* e *pistillum* em latim) estão quase sempre presentes nestas profissões. Em madeira, pedra, porcelana vidro, bronze ou ágata, só precisam de mão hábil e muita paciência. Embora sejam objectos muito antigos, com registos que datam de 35000 a.C. [1], foram associados ao longo dos séculos a mezinhas e outros imaginários (Figura 1).



Figura 1 – A arte de moer, usando almofariz e pilão em diversos materiais: A) pedra, período Neolítico, Museu de Cultura Yarmukian em Israel. B) vidro veneziano, séc. XVII-XVIII. C) porcelana, séc. XX. D) bronze, “An apothecary (a man using pestle and mortar)”, óleo sobre tela séc. XIV, Wellcome Library, Londres.

Na química estão muito associados aos laboratórios de farmácia, sendo o principal objectivo desta técnica reduzir o tamanho da partículas do fármaco de modo a facilitar a sua absorção após administração oral ou a sua biodisponibilidade usando administração nasal.

À parte de uma acção puramente mecânica existe de facto uma química muito interessante no simples acto de moer. Desde a preparação de novos co-cristais [2] até às reações mais complexas, podemos fazer quase tudo, basta juntar os reagentes certos. A procura de processos químicos mais sustentáveis foi uma alavanca no ressurgimento e crescente interesse pela mecanoquímica. Numa “química verde” a ideia de não usarmos solventes é de facto ideal, e não é só numa perspectiva ambiental. De facto um dos maiores problemas com que nós químicos nos deparamos no dia-a-dia é a solubilidade. Uma dor de cabeça! “Não é solúvel em diclorometano, nem em éter, nem acetona ou metanol... vou tentar dimetilsulfóxido”. Por vezes nem a escolha mais radical nos salva, e quando o faz traz outros problemas... então e se... não usarmos solvente? [3,4].

Embora o cientista deva ser munido de grande perspicácia, espírito crítico e outras qualidades diversas, a paciência não é apanágio de todos. Se as cozinhas já dispõem da 'Bimby', os laboratórios também já podem ter moinhos de bolas. Estes “almofarizes sofisticados” existem em diversas versões, sendo os modelo planetário e vibratório os mais usados (Figura 2), e permitem obter o produto desejado em poucos minutos

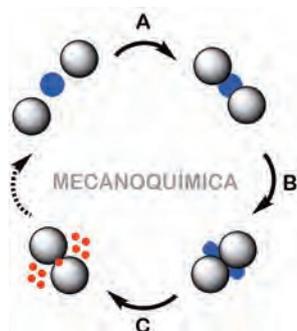


Figura 2 – Moinhos de bolas usados em mecanoquímica. A) modelo planetário e acessórios. B) modelo vibratório. Imagens retiradas do website da empresa alemã Retsch.

e sem mexer um dedo! ou quase... Da minha experiência pessoal devo confessar que o modelo vibratório, para escalas inferiores a um grama, é muito eficiente e fácil de usar.

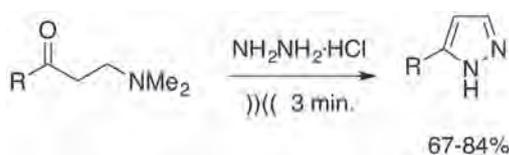
O uso destes equipamentos é relativamente recente, contudo existe já alguma literatura que nos poderá auxiliar na escolha das condições mais adequadas à nossa reacção. Não temos que nos preocupar com o solvente ou com a temperatura – as reacções são na maior parte dos casos feitas à temperatura ambiente ou a baixa temperatura por congelamento dos reagentes com azoto líquido, apenas para facilitar a moagem – mas sim com outros factores. O material do reactor e das bolas, o número de bolas por reactor e o seu diâmetro, a frequência de rotação ou vibração e o tempo são parâmetros que determinam o sucesso da reacção e que precisam de ser optimizados.

Mas... como ocorre uma reacção mecanoquímica? O processo é simples e envolve um série de eventos que conduzem à formação do produto final. O esquema 1 ilustra os vários passos envolvidos.



Esquema 1 – Etapas de uma reacção mecanoquímica: A) deformação elástica, B) deformação plástica e estiramento e C) fractura, amorfização e reacção química.

A revisão da literatura de reacções efectuadas por via mecanoquímica ilustra de forma clara o potencial desta metodologia [5,6]. O interesse despertado pela simplicidade da técnica e o seu perfil “verde” conduziu os químicos, em especial, a visitar muitas das reacções clássicas da química orgânica. Antes de mostrar alguns exemplos gostaria de sublinhar a importância das condições experimentais numa reacção por via mecanoquímica, com as quais a maioria dos químicos não está ainda familiarizado. A síntese de 1*H*-pirazolonas é um exemplo bastante elucidativo desta abordagem [7]. Neste estudo os autores verificaram que o uso de um moinho de bolas planetário com um reactor de aço (25 mL) com 5 bolas de aço (diâmetro de 10 mm) usando uma frequência de 450 rpm (rotações por minuto) durante 3 min. conduz a rendimentos entre 67 e 84% (Esquema 2).



Esquema 2 – Síntese mecanoquímica de 1*H*-pirazolonas.

Pequenas variações nestes parâmetros reduzem significativamente a eficiência da reacção. Contudo de uma forma geral os factores que influenciam o rendimento das reacções mecanoquímicas seguem a ordem: frequência > tempo > tamanho das bolas > número de bolas > material. Para facilitar o isolamento de certos produtos de reacção são adicionados auxiliares de moagem à mistura reacional. Estes auxiliares são sólidos inertes, tais como sílica gel ou NaCl, que evitam a formação de produtos pastosos ou viscosos que se possam agarrar às paredes do reactor.

Nesta altura o leitor deverá estar já a pensar se poderá realizar as suas reacções por via mecanoquímica. Aquela reacção que teima em não funcionar... ou aquele rendimento que nos estraga a via de síntese, será esta a solução?

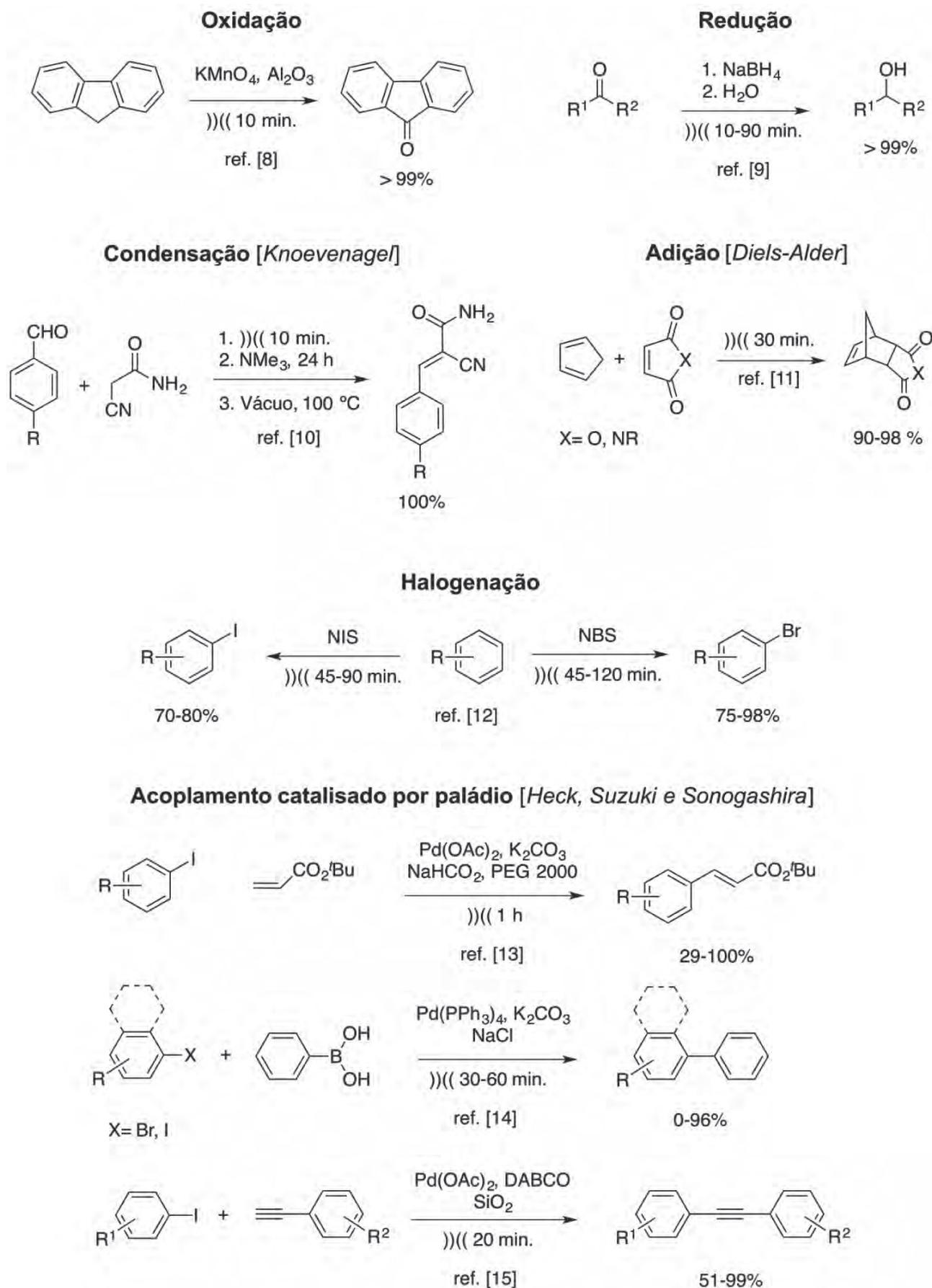
No esquema 3 estão representados apenas alguns exemplos [8-15] de reacções clássicas da química orgânica realizadas com sucesso e que poderão servir de inspiração. A mecanoquímica descrita na literatura é já bastante extensa e variada. É interessante verificar que por exemplo no caso das reacções de acoplamento de Heck e Suzuki, catalisadas por paládio, os rendimentos serem superiores aos obtidos por irradiação com micro-ondas. A metodologia também pode ser aplicada em síntese assimétrica [16], sendo portanto de extrema importância para a indústria farmacêutica.

Embora até ao momento nos tenhamos focados essencialmente na síntese de pequenas moléculas, esta metodologia pode ser igualmente usada na construção de sistemas mais complexos (Esquema 4). Alguns exemplos destes sistemas são a funcionalização de materiais [17-19], a síntese de macrociclos [20] e polímeros [21]; com aplicações diversas, da catálise [22] à preparação de baterias [23].

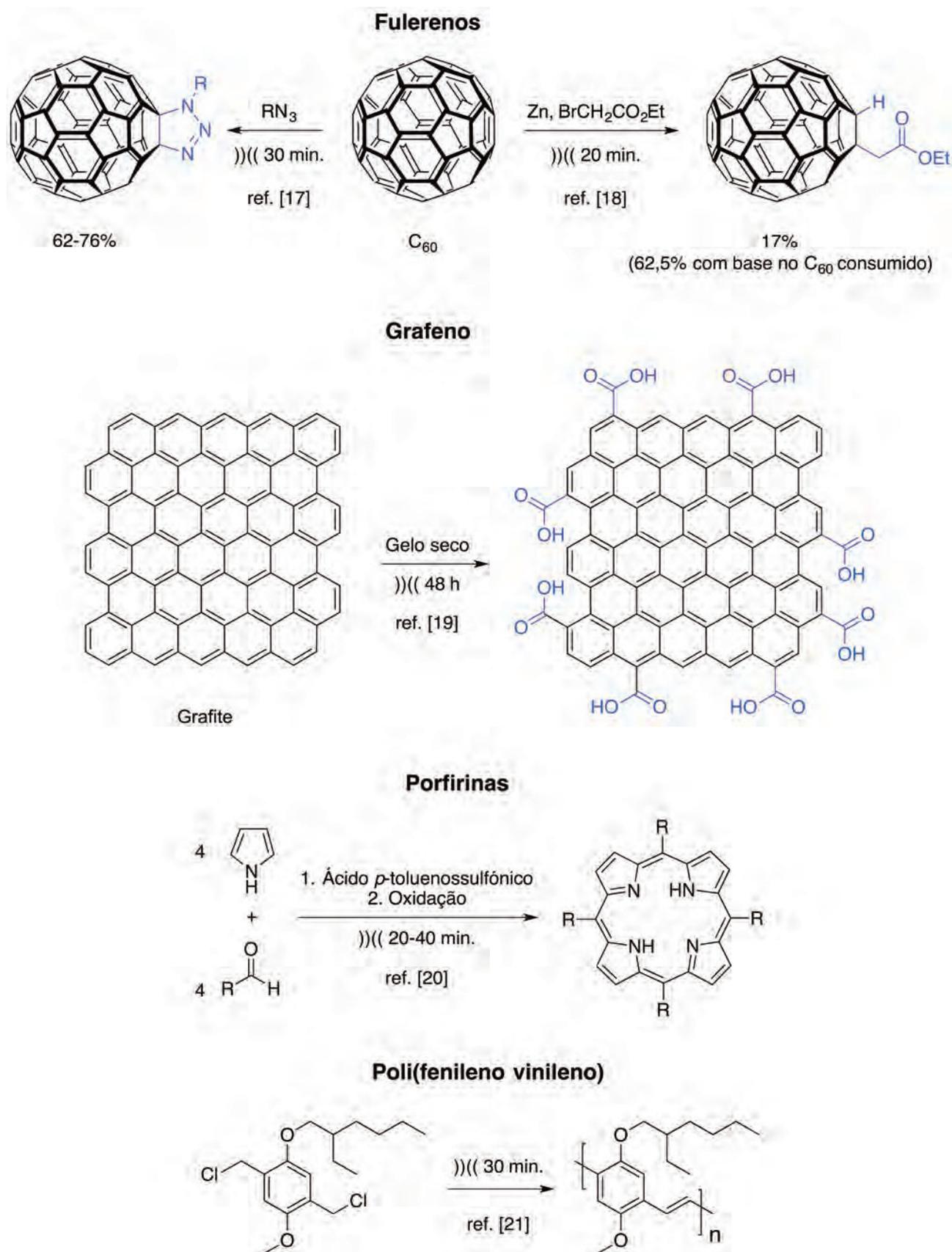
As potencialidades e a versatilidade da mecanoquímica são ilimitadas, com a vantagem de dar uma resposta efectiva à redução de custos de produção e impacto ambiental (menos solventes, menos tempo, menos energia, maior sustentabilidade). O equipamento envolvido é de fácil operação, baixo custo, pode operar em modo contínuo ou em *batch* e está disponível até à escala do kilograma. É de salientar que os moinhos de bolas são usados desde o período da revolução industrial, quando a invenção da força a vapor permitiu o seu desenvolvimento, tendo sido usados maioritariamente na indústria dos pigmentos.

Face ao exposto a mecanoquímica é sem dúvida um passo em frente na progressiva sustentabilidade da síntese química, à qual não podemos ficar indiferentes. Moer ou não... eis a (nova) questão!

Nota: O símbolo)))((foi escolhido pelo autor para representar uma reacção mecanoquímica, em analogia com simbologia))) usada nas reacções promovidas por irradiação por micro-ondas.



Esquema 3 – Exemplos de reacções químicas realizadas por via mecanoquímica.



Esquema 4 – Exemplos de funcionalização e síntese de materiais usando mecanoquímica.

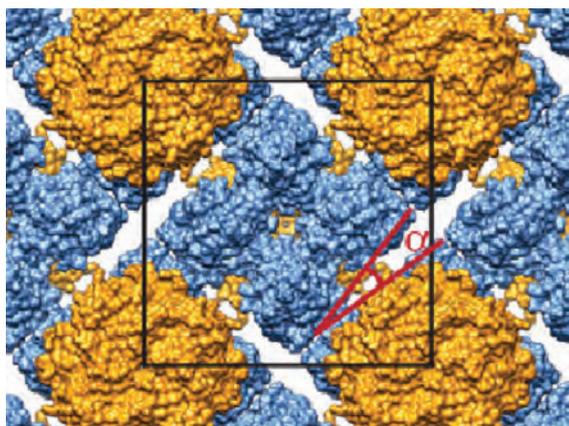
REFERÊNCIAS

- [1] K. Wright, *Paléorient* **17** (1991) 19-45
- [2] V. André, M.F.M. da Piedade, M.T. Duarte, *CrystEngComm* **14** (2012) 5005-5014
- [3] M.B. Gawande, V.D.B. Bonifácio, R. Luque, P.S. Branco, R.S. Varma, *ChemSusChem* (2014) 24-44
- [4] K. Tanaka, *Solvent-free organic synthesis, 2nd completely revised and updated edition*, WILEY-VCH, 2008.
- [5] S.L. James, C.J. Adams, C. Bolm, D. Braga, P. Collier, T. Friščić, F. Grepioni, K.D.M. Harris, G. Hyett, W. Jones, A. Krebs, J. Mack, L. Maini, A.G. Orpen, I.P. Parkin, W.C. Shearouse, J. W. Steed, D.C. Waddelli, *Chem. Soc. Rev.* **41** (2012) 413-447
- [6] G.-W. Wang, *Chem. Soc. Rev.* **42** (2013) 7668-7700
- [7] G.C. Paveglio, K. Longhi, D.N. Moreira, T.S. München, A.Z. Tier, I.M. Gindri, C.R. Bender, C.P. Frizzo, N. Zanatta, H.G. Bonacorso, M.A.P. Martins, *ACS Sustainable Chem. Eng.* **2** (2014) 1895-1901
- [8] M. Nüchter, B. Ondruschka, R. Trozki, *J. Prakt. Chem.* **342** (2000) 720-724
- [9] M.R. Naimi-Jamal, J. Mokhtari, M.G. Dekamin, G. Kaupp, *Eur. J. Org. Chem.* (2009) 3567-3572
- [10] G. Kaupp, M.R. Naimi-Jamal, J. Schmeyers, *Tetrahedron* **59** (2003) 3753-3760
- [11] Z. Zhang, Z.-W. Peng, M.-F. Hao, J.-G. Gao, *Synlett* (2010) 2895-2898
- [12] A. Bose, P. Mal, *Tetrahedron Lett.* **55** (2014) 2154-2156
- [13] V. Declerck, E. Colacino, X. Bantreil, J. Martinez, F. Lamaty, *Chem. Commun.* **48** (2012) 11778-11780
- [14] S. F. Nielsen, D. Peters, O. Axelsson, *Synth. Commun.* **30** (2000) 3501-3509
- [15] R. Thorwirth, A. Stolle, B. Ondruschka, *Green Chem.* **12** (2010) 985-991
- [16] M. Jörres, J. L. Aceña, V. A. Soloshonok, C. Bolm, *Chem-CatChem.* **7** (2015) 1265-1269
- [17] K. Komatsu, Y. Murata, G.-W. Wang, T. Tanaka, N. Kato and K. Fujiwara, *Fullerene Sci. Technol.* **7** (1999) 609-620
- [18] G.-W. Wang, Y. Murata, K. Komatsu and T.S.M. Wan, *Chem. Commun.* (1996) 2059-2060
- [19] I.-Y. Jeon, Y.-R. Shin, G.-J. Sohn, H.-J. Choi, S.-Y. Bae, J. Mahmood, S.-M. Jung, J.-M. Seo, M.-J. Kim, D. W. Chang, L. Dai, J.-B. Baek, *PNAS* **109** (2012) 5588-5593
- [20] H. Shy, P. Mackin, A.S. Orvieto, D. Gharbharan, G.R. Peterson, N. Bampos, T.D. Hamilton, *Faraday Discuss.* **170** (2014) 59-69
- [21] J.B. Ravnsbæk, T.M. Swager, *ACS Macro Lett.* **3** (2014) 305-309
- [22] C. Xu, S. De, A.M. Balu, M. Ojedad, R. Luque, *Chem. Commun.* **51** (2015) 6698-6713
- [23] B. Zhang, R. Dugas, G. Rouse, P. Rozier, A.M. Abakumov, J.-M. Tarascon, *Nature Commun.* **7** (2015) 10308.

ACTUALIDADES CIENTÍFICAS

MATERIAL PROTEICO COM PROPRIEDADES AUXÉTICAS

Um novo material proteico revela propriedades invulgares, à luz do senso comum: quando esticado numa direcção, o material torna-se mais fino na direcção perpendicular; quando comprimido numa dimensão, ele reduz-se noutra ao invés da expansão que seria teoricamente observada.

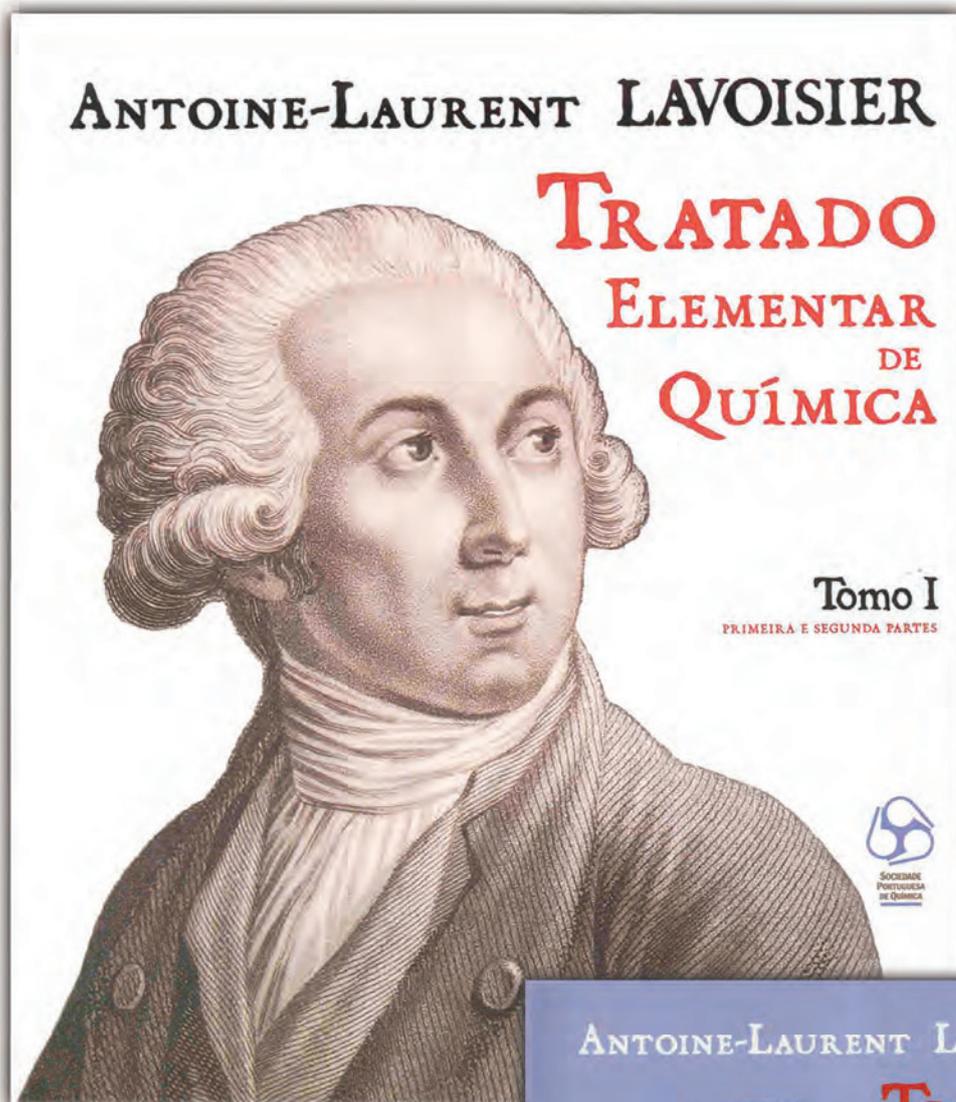


Estas propriedades invulgares são designadas por propriedades auxéticas e resultam do facto do coeficiente de Poisson, que mede a deformação transversal (em relação à direcção longitudinal da aplicação da força) de um material, ter um valor negativo.

Recentemente, um grupo de investigadores da Universidade da Califórnia - San Diego criou um material cristalino bidimensional (2D) obtido através de unidades proteicas ligadas num padrão regular. Para construírem o material recorreram à L-ramnulose 1- fosfato aldolase (RhuA), um homotetramero escolhido pela sua forma quadrangular. O material mostrou possuir um coeficiente de Poisson de -1, o menor valor termodinamicamente possível para um material isotrópico.

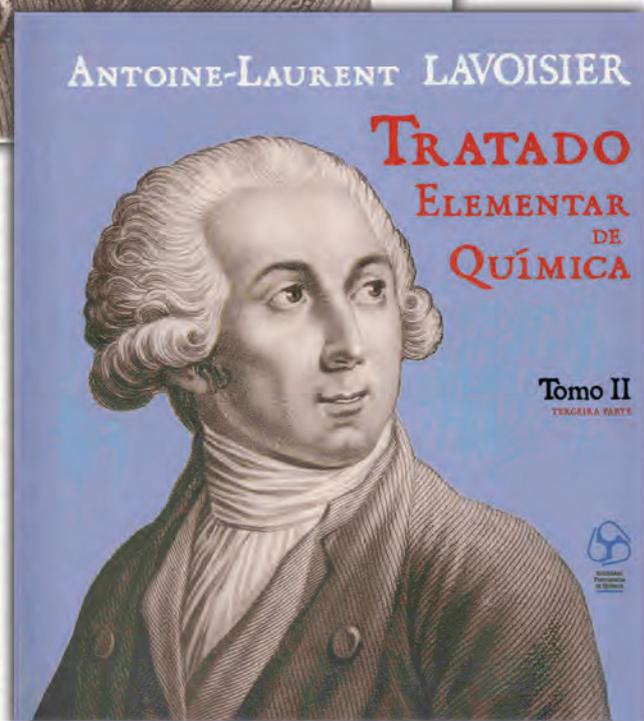
(adaptado de Protein crystals stretch knowledge of exotic materials, <http://www.rsc.org/chemistryworld/2016/05/auxetic-protein-crystal-stretches-knowledge-exotic-materials> e de Y. Suzuki, G. Cardone, D. Restrepo, P.D. Zavattieri, T.S. Baker, F.A. Tezcan, *Nature* (2016) DOI: 10.1038/nature17633)

Paulo Mendes
(pjpgm@uevora.pt)



O «Tratado Elementar de Química» de Antoine-Laurent Lavoisier (1743-1794), publicado em Paris em 1789, é um dos grandes clássicos da Química. Escrito na nova nomenclatura proposta também por Lavoisier, em conjunto com Morveau, Berthollet e Fourcroy, é a primeira obra de química moderna, abandonando-se as inadequadas designações de raízes alquímicas e a desacreditada teoria do flogisto. No tratado, ilustrado pela mulher do autor, Marie-Anne-Pierrette Paulze Lavoisier, formula-se de forma clara a conservação da matéria e define-se elemento químico de forma operacional.

No centenário da fundação da Sociedade Portuguesa de Química, publica-se finalmente uma cuidada tradução portuguesa do «Traité», modernizada e anotada.



TOMO I e II
P.V.P.: 32 euros
Sócios da SPQ: 20 euros

ENCOMENDAS À SPQ
Av. da República 45, 3º esq - 1050-187 Lisboa
Telefone: 21 793 46 37
email: sede@spq.pt

GILBERT NEWTON LEWIS – O ÁTOMO E A MOLÉCULA

Raquel Gonçalves-Maia*

Departamento de Química e Bioquímica, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa

rmcgonc@gmail.com

Gilbert Newton Lewis – The Atom and the Molecule – *Gilbert Newton Lewis was one of the most brilliant scientists of the first half of the twentieth century. However, he remains almost unknown to most citizens, though, after a century, his name continues to appear explicitly mentioned in the thematic "Lewis dot diagrams" and "Lewis acids and bases," topics that are included in the syllabuses of secondary and university education.*

*Lewis published many articles throughout his career. Nevertheless, one of them stands out by the impact produced in the scientific community. This is *The Atom and the Molecule*, published in 1916 in the *Journal of the American Chemical Society*, vol. 38 (4), pages 762-785. One hundred years are elapsed after this historical fact of great importance. He also wrote two books, whose content influenced most deeply the study of chemistry and physics, viz. *Thermodynamics and the Free Energy of Chemical Substances*, in collaboration with Merle Randall, and *Valence and the Structure of Atoms and Molecules*, both published in 1923. In 1926, he published a third book, the unpredictable *The Anatomy of Science*.*

Gilbert Lewis was nominated 35 times for the Nobel Prize in Chemistry, the scientist who was named more times; however, he always failed to be elected.

Saturday, March 23, 1946. On this day, Lewis was found dead on the floor of his laboratory at the University of Berkeley, surrounded by a cloud of hydrogen cyanide. Speculation was inevitable and the conclusion remained nebulous to the present day.

Gilbert Newton Lewis foi um dos mais brilhantes cientistas da primeira metade do século XX. Contudo, permanece quase desconhecido para a generalidade dos cidadãos, apesar de, passado um século, o seu nome continuar a surgir explicitamente mencionado nas temáticas “notação de Lewis” e “ácidos e bases de Lewis”, matérias curriculares a nível do ensino secundário e universitário.

Lewis publicou muitos artigos ao longo da sua carreira. Um, porém, destaca-se pelo impacto produzido na comunidade científica. Trata-se de *The Atom and the Molecule*, publicado no *Journal of the American Chemical Society*, vol. 38(4), páginas 762 a 785, em 1916. Cem anos são decorridos sobre este facto histórico de grande relevância.

Escreveu também dois livros, cujo conteúdo veio a influenciar profundamente o estudo da química e da física: *Thermodynamics and the Free Energy of Chemical Substances*, em colaboração com Merle Randall, e *Valence and the Structure of Atoms and Molecules*, ambos publicados em 1923. Em 1926, publicou um terceiro livro, o imprevisível *The Anatomy of Science*.

Gilbert Lewis foi nomeado 35 vezes para o Prémio Nobel da Química, o cientista que mais vezes foi nomeado; nunca, porém, tal lhe foi outorgado.

Sábado, 23 de março de 1946. Nesse dia, Lewis foi encontrado sem vida, no chão do seu laboratório na Universidade de Berkeley, envolto numa nuvem de cianeto de hidrogénio. A especulação foi inevitável e a conclusão nebulosa até aos dias de hoje.

1. O ÁTOMO E A MOLÉCULA

Com Berzelius entendeu-se que a ligação química teria lugar por atrações de caráter elétrico – corpúsculos com cargas positivas atrairiam corpúsculos com cargas negativas e vice-versa. Quando J.J. Thomson descobriu o eletrão foi apenas fazer a revisão da matéria. A teoria, dita dualística, explicava que um átomo de sódio, por exemplo, transferia uma carga negativa, um eletrão, para um átomo de cloro e os iões assim formados, com carga positiva o primeiro e com negativa o segundo, atrair-se-iam mutuamente. A ligação química era, pois, consequência de uma “transferência” de carga.

No artigo *The Atom and the Molecule* Lewis contrapõe a “partilha” à “transferência” [1]. A diferença de conceito não é pequena. Antes, teríamos, no mínimo, de pensar em dois tipos de ligação – a ligação iónica, que era compreensível com o contributo da transferência eletrónica e que gerava moléculas polares – e outra, algo estranha, que acontecia entre átomos da mesma espécie e que gerava moléculas apolares.

Com Lewis tudo encaixa. A partilha de um par de eletrões não determina a origem de cada um dos eletrões do par. É tão admissível o caso extremo de ambos serem originários do mesmo átomo como cada átomo contribuir igualmente com um eletrão, o que seria a situação normal para a ligação entre átomos iguais. Genial! Nem tudo é tão simples como as palavras parecem indicar – basta pensar por que

¹ Professora Catedrática aposentada

não se repelem os dois elétrons do par de ligação se possuem cargas do mesmo sinal? Seria, talvez, por ação de forças magnéticas, propôs Lewis... não é bem assim, mas a mecânica quântica virá a explicar.

Lewis retoma o esquema de átomo que propusera em 1902, o “átomo cúbico”. Verificara já que na dita “transferência” eletrônica para formação atrativa de uma ligação ela ocorreria tendencialmente de forma a que os vértices dos seus cubos atômicos ficassem atestados ou vazios; isto é, ficassem com a estrutura de gás nobre.

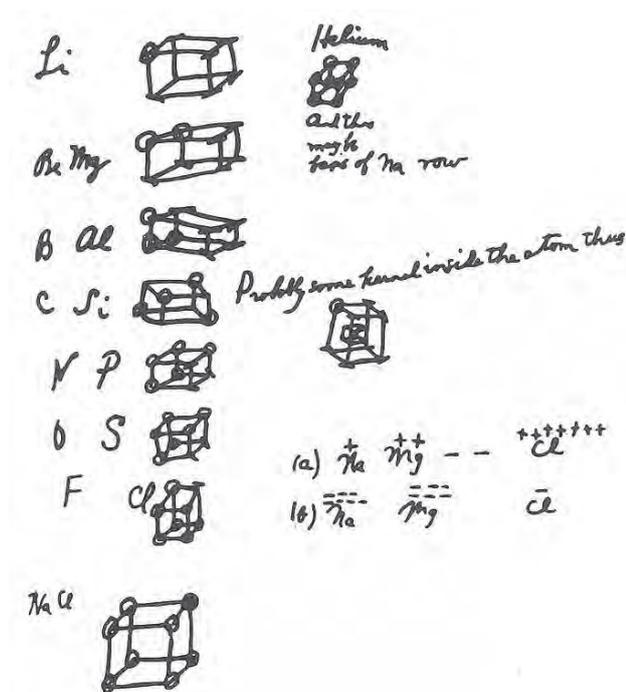


Figura 1 – Os “átomos cúbicos” de Lewis (1902)

Juntando as peças deste puzzle, Lewis deu ainda mais um passo: se aproximasse dois cubos por uma aresta, a partilha era de um par de elétrons, mas, se o fizesse por uma face, era de dois pares. *Eureka!* Há ligações simples... e, eventualmente, também existiriam triplas. E nada melhor para o expressar do que construir um modelo: um elétron de ligação pode representar-se por um pequeno círculo ou por uma cruzinha, dependendo da sua origem atômica se se desejar; ou podem os elétrons ser identificados usando diferentes cores. Todos conhecemos o aspeto que as configurações eletrônicas de valência tomam segundo a famosa “notação de Lewis”, tão familiar aos alunos do ensino secundário.

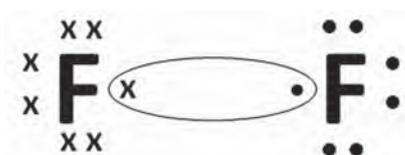


Figura 2 – A molécula de flúor



Figura 3 – Formação da molécula de dióxido de carbono

Não se pense, porém, que quando Lewis lançou o seu artigo em 1916 este foi acolhido com entusiasmo. Durante vários anos parecia que ninguém dava por ele, até que Irving Langmuir (1881-1957; Prémio Nobel da Química em 1932) o leu e ficou agradavelmente perturbado. Corroborou as ideias de Lewis, desenvolveu algumas que já lá estavam em embrião e, em larga medida, deu-as a conhecer ao mundo [2].

Em 1923, Gilbert Lewis publicou o livro *Valence and the Structure of Atoms and Molecules* que resume e abraça todos os seus estudos neste domínio [3]. Não deixa de ser interessante reproduzir aqui a primeira frase do seu Prefácio: *I take it that a monograph of this sort belongs to the ephemeral literature of science.* Quem diria!, um século é passado e tanta atualidade que ainda tem...

2. O ÁCIDO E A BASE

Estreitamente ligado com o conceito de ligação química por partilha eletrônica, Lewis lança um novo conceito, abrangente, do que é um ácido – uma espécie que recebe pares de elétrons – e do que é uma base – uma espécie que os cede. Consequentemente, liberta as suas definições dos iões H^+ e OH^- , ao mesmo tempo que estende à química orgânica o conceito de ácido e de base. A espécie trifluoreto de boro (BF_3), por exemplo, é um ácido de Lewis, e só de Lewis.

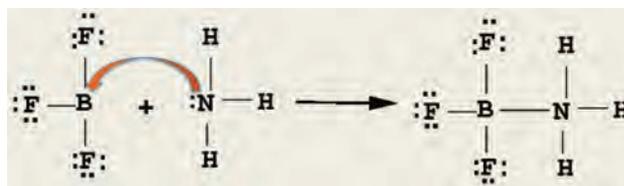


Figura 4 – Reação ácido-base do trifluoreto de boro com o amoníaco

Esta extensão da teoria da ligação de valência e dos pares de elétrons, de forma a incluir a remodelação dos conceitos de ácido e de base, só veio a nascer por volta de 1938. Nesta época, Lewis trabalhou com o seu novo assistente de investigação Glenn Seaborg (1912-1999; Prémio Nobel da Química em 1951). Também os “novos” ácidos e as “novas” bases não obtiveram reconhecimento imediato. Apenas em 1947, com o livro *The Electronic Theory of Acids and Bases*, livro dedicado a Gilbert Lewis, os químicos William Luder e Saverio Zuffanti foram eficazes na demonstração da vasta e útil aplicabilidade dos novos conceitos [4].

3. A ATIVIDADE E A FUGACIDADE

Gilbert Lewis nasceu em Weymouth, no estado de Massachusetts (EUA) no dia 23 de outubro de 1875. Era filho do casal Frank Wesley Lewis e Mary Burr White (Lewis),

ambos de esmerada educação. Senhor de uma precocidade evidente, inteligente e auto-disciplinado, foi submetido a uma educação informal que apenas foi quebrada na adolescência com a entrada na Universidade de Nebraska para estudos preparatórios, seguindo-se a sua transferência para o *Harvard College*, em 1892, onde veio a graduar-se em química em 1896. Em 1898 obteve o grau *Master of Arts* e, em 1899, o de *Doctor of Philosophy*.



Figura 5 – Gilbert Newton Lewis (≈1888)
Cortesia de Gilbert Newton Lewis

Em 1902 vamos encontrar Lewis em Harvard, com funções de instrutor no Departamento de Química e, em 1903 em Manila (Ilhas Filipinas) com o cargo de superintendente no Instituto de Pesos e Medidas e de químico na Secretaria de Ciências. Em 1905 regressa aos Estados Unidos e, durante os sete anos seguintes, fará parte do grupo de químico-físicos do *Massachusetts Institute of Technology* (Boston).

Dedica-se à termodinâmica. O seu interesse fundamental vai consistir em tornar esta disciplina, rigorosa, num instrumento acessível e útil aos químicos, o que muito viria a contribuir para valorizar a química como ciência exata. Para tal, baseou-se em dois conceitos que considerou fundamentais: a “atividade” e a “fugacidade”.

A atividade é uma grandeza proporcional à concentração, mas que tem em conta a dissociação/ionização sofrida pela espécie. As constantes de equilíbrio e as velocidades das reações, por exemplo, ganharam rigor com a introdução das atividades das espécies envolvidas. A “fugacidade” que Lewis propôs vai no mesmo sentido. A fugacidade de um gás real é a sua pressão efetiva, grandeza que deve ser utilizada em cálculos rigorosos de constantes de equilíbrio, entre outros. Lewis acreditava que a fugacidade era uma medida da tendência que uma substância apresentava de passar de um estado a outro, de líquido para vapor, por exemplo. A importância que lhe atribuiu terá sido excessiva.

Entre 1906 e 1912, no MIT, Lewis publica mais de três dezenas de artigos científicos, um número muito considerável para a época, e atinge a categoria de *full professor*. Entretanto, a Universidade da Califórnia, em Berkeley, chama

por ele. É-lhe oferecida a presidência do Departamento de Química e a direção (“*dean*”) do *College of Chemistry*.

Não vai só. Acompanha-o Mary Hinckley Sheldon, com quem contrairá matrimónio.



Figura 6 – O casal Lewis e os filhos, Edward, Margery e Richard, em Inverness (EUA) - Cortesia de Gilbert Newton Lewis

Em Berkeley, Gilbert Lewis vai poder ser ele próprio, plenamente. Introduce a investigação logo nos primeiros estádios do ensino universitário. Abre as portas da investigação aos alunos graduados; encoraja-os mesmo a desenvolverem as suas próprias ideias de pesquisa. No pequeno auditório da sala 101 do *Gilman Hall*, na *smoke filled room*, misturava-se semanalmente o fumo denso dos seus charutos com as informações científicas pertinentes.

O seu interesse capital continuou a ser a termodinâmica. Porém, após a publicação do livro *Thermodynamics and the Free Energy of Chemical Substances*, em colaboração com Randall, em 1923, o seu empenho no tema caiu a pique. O livro foi repetidamente editado, uma verdadeira bíblia de ensino para professores universitários [5].

4. A ANATOMIA DA CIÊNCIA

É particularmente interessante verificar que o mesmo cientista tanto nos ofereceu uma obra de dedução exata, rigidamente fundamentado nos princípios fundamentais da física [5], como outra onde a estrutura atómico-molecular surge por axioma indutivo, baseado todo ele no comportamento químico, experimental e observável [3]. Finalmente, o seu livro *The Anatomy of Science*, publicado em 1926, toma contornos sociológicos e filosóficos na análise dos métodos e dos produtos da ciência, diferindo do “materialismo tradicionalmente atribuído aos cientistas”.

O livro reflete muito do desafio que os avanços da física teórica no primeiro quartel do século XX impunham. Lewis, com elevado cariz filosófico, espalhou-se pelos assuntos que acarinava no momento, com ênfase particular na natureza da radiação e na potencial simetria espaço-tempo. Química, física, matemática e mesmo biologia...

Life; Body and Mind, é o título de um dos capítulos. O que significa a vida? Conhecemos uma boa parte da sua física, da sua química... mas o que é a inteligência, o instinto, a livre vontade? É o pensamento de Gilbert Lewis no “fio da navalha”, sem resvalar para um vitalismo que seria inadmissível. Interessante, mesmo muito interessante.

5. O PRÉMIO NOBEL

Não, a Gilbert Lewis não foi outorgado o Prémio Nobel da Química. No entanto, quando examinamos a sua vida e obra compreendemos como tanto ele tinha a seu favor! Inteligente e criativo, começou fulgurantemente a sua carreira de investigação por volta de 1900 e, vinte anos depois, era um dos cientistas mais consagrados dos EUA. Lewis fez, indiscutivelmente, trabalho proeminente em três áreas bem demarcadas na química: “termodinâmica”, “ligação química” e “isótopos”. Mas pode colocar-se a questão: seria o seu trabalho, em qualquer das áreas citadas, suficientemente relevante para ter sido galardoado com o Nobel? Pelo menos a reformulação termodinâmica que introduziu e a contribuição para o conhecimento da ligação química não deixam quaisquer dúvidas.

Entre 1922 e 1944 foi nomeado 35 vezes, sem nunca passar à sua efetivação! Podemos especular sobre as causas: vicissitudes circunstanciais, dispersão de trabalho, isolamento territorial, inimizadas acumuladas? Quando cientistas da estirpe de um Gilbert Newton Lewis nunca recebem um Prémio Nobel algo vai mal no sistema de seleção dos galardoados...

Lewis atinge a idade de reforma e enfrenta uma profunda depressão.

6. EPILOGO

O que se seguiu envolve-se num pacto de silêncio ensurdecedor. Lewis morre no seu laboratório no decurso de uma experiência que efetua envolvendo cianeto de hidrogénio no dia 23 de março de 1946. Momentos antes, almoçara com a nova direção do seu Departamento e com o seu mais direto rival, Irving Langmuir. O seu corpo, já sem vida,

estende-se por detrás da bancada de trabalho. Apesar de uma nuvem do poderoso tóxico tudo envolver, não apresenta sinais de cianose. A queda de Lewis bem pode ter produzido o descontrolo da aparelhagem e a consequente libertação do veneno. Não houve autópsia. O seu fim ficará para sempre incerto.

Gilbert Newton Lewis foi uma das mentes mais fecundas, tão racional quanto intuitiva, surgidas na primeira metade do século xx. Senhor de uma vasta cultura e de interesses variados, foi contudo a ciência química que mais lucrou com as suas investigações. A propósito, vale a pena lembrar as palavras de Sir Christopher Ingold (1893-1970): “Lewis foi o grande mestre que deu coerência à ciência química como um todo, com a sua modelação da teoria eletrónica da estrutura de átomos e moléculas” [7].

AGRADECIMENTO

A Gilbert Newton Lewis, professor emérito de matemática na *Michigan Technological University*, filho de Richard Newton Lewis e neto de Gilbert Newton Lewis, pela gentil cedência de algumas fotografias que ilustram este artigo.

REFERÊNCIAS

- [1] G.N. Lewis, *J. Am. Chem. Soc.*, **38** (1916) 762-785
- [2] I. Langmuir, *J. Am. Chem. Soc.*, **41** (1919) 868-934
- [3] G.N. Lewis, *Valence and the Structure of Atoms and Molecules*, American Chemical Society, Monograph Series, The Chemical Catalog Company, Nova Iorque 1923
- [4] W.F. Luder, S. Zuffanti, *The Electronic Theory of Acids and Bases*, John Wiley and Sons, Nova Iorque, 1947
- [5] G.N. Lewis, M. Randall, *Thermodynamics and the Free Energy of Chemical Substances*, McGraw-Hill, Nova Iorque 1923
- [6] G.N. Lewis, *The Anatomy of Science*, Yale University Press, New Haven, 1926
<https://archive.org/details/anatomyofscience00lewi> (acedido a 21-04-2016)
- [7] Gonçalves-Maia, R., *Lewis*, Série “Dos Átomos e das Moléculas”, nº 1, LF Editorial, São Paulo 2016

HISTÓRIA BREVE DOS PIGMENTOS: 6 – ÉPOCA BARROCA (1.^a PARTE)

João M. Peixoto Cabral*

Instituto Superior Técnico

peixotocabral@sapo.pt

A Brief History of Pigments: 6 - Baroque Period – From the late 16th century to the early 18th there has been a huge development of arts and science, whose main actors and works are mentioned, especially in regard to painting. We discuss the pigments used, their main characteristics and preparation methods, principally focusing attention on new pigments.

Do final do século XVI a inícios do XVIII assistiu-se a um enorme desenvolvimento das artes e da ciência, cujos principais atores e obras se mencionam, especialmente no respeitante à pintura. Discutem-se os pigmentos usados, as suas principais características e métodos de preparação, focando sobretudo a atenção nos novos pigmentos.

1. INTRODUÇÃO

O Barroco é um estilo que se desenvolveu nas artes plásticas, na literatura e na música entre o final do século XVI e o início do XVIII¹, período durante o qual ocorreram na Europa graves conflitos derivados quer do antagonismo entre católicos e protestantes, quer da disputa entre as grandes potências pelo poder, quer ainda da rivalidade entre elas no que toca ao comércio e colonização de novas terras noutros continentes. Foi a Revolta dos Países Baixos contra a Espanha, que terminou com a independência da República das Sete Províncias Unidas (hoje Países Baixos) e a sua emergência como grande potência; foi a Guerra dos Trinta Anos, que envolveu cidades e principados de língua alemã, o Sacro Império Romano-Germânico, a Dinamarca, a Suécia, os Países Baixos, a França e a Espanha; foi a Guerra Civil Inglesa, que conduziu à vitória dos parlamentaristas e à execução de Carlos I; foi a Guerra da Restauração entre Portugal e a Espanha, e a Guerra de Devolução entre a Espanha e a França; foram as Guerras entre a Inglaterra e os Países Baixos e entre estes e a França. No entanto, o período do Barroco foi magnífico no que respeita às artes, à literatura, à música, e também à ciência.

No campo literário assistiu-se a um extraordinário desenvolvimento do teatro, cujos expoentes máximos foram William Shakespeare (Figura 1), Lope de Vega e Molière. Miguel de Cervantes, com o *Dom Quixote* (Figura 2), eleva a novela a um nível tal que só raras vezes viria a ser alcançado. John Milton, defensor dos princípios republicanos durante a Guerra Civil Inglesa, compõe o célebre poema épico *Paraíso Perdido*, inspirado no *Génesis*.

Na música assistiu-se igualmente a um desenvolvimento excepcional, em particular na ópera, graças sobretudo a Claudio

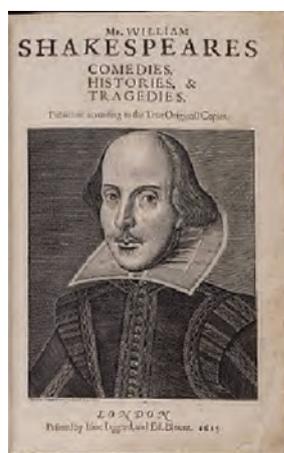


Figura 1 – William Shakespeare, *Comedies, Histories & Tragedies*, 1623. Frontispício da 1ª edição do conjunto de 36 peças do escritor, que inclui a sua efígie feita pelo gravador Martin Droeshout.



Figura 2 – Miguel de Cervantes, *El ingenioso hidalgo don Quixote de la Mancha*, 1605. Primeira edição da 1ª parte. A 2ª parte só veio a ser publicada em 1615.

Monteverdi (Figura 3), que a fez acompanhar de uma orquestra completa (para a época) e lhe introduziu elementos do madrigal e da música religiosa. Foram ainda desenvolvidas novas formas musicais – a sonata, o concerto grosso, a oratória, a fuga e a cantata – para o que contribuiram vários compositores dos quais se destacaram, no século XVII, Arcangelo Corelli, Henry Purcell e Alessandro Scarlatti, e na primeira metade do século XVIII, Antonio Vivaldi, Johann Sebastian Bach, Domenico Scarlatti e George Frideric Handel.

Na ciência fizeram-se também progressos enormes, especialmente nos campos da física, da astronomia e da matemática, os quais provocaram uma mudança radical do modo como se via o Mundo e, por outro lado, abriram novos caminhos para uma melhor compreensão dos fenómenos da luz e da cor, tão caros aos pintores, justificando-se que lhes demos aqui algum realce.

Em 1609, Johannes Kepler (Figura 4) publica a *Astronomia Nova* onde, baseado em medições precisas da posi-

* Professor Catedrático Convidado Jubilado

¹ A data final do Barroco é polémica, sendo para alguns a viragem do século XVII para o XVIII, para outros o meado do século XVIII, para outros ainda uma data mais tardia.



Figura 3 – Bernardo Strozzi. *Claudio Monteverdi*. Óleo sobre tela, 1640. 84 x 70 cm. Tiroler Landesmuseum, Innsbruck.

ção das estrelas e dos planetas, efetuadas por Tycho Brahe, demonstra que a trajetória de Marte no seu movimento é descrita por uma elipse, em que o Sol ocupa um dos focos, e estabelece as duas primeiras leis do movimento planetário². Em 1610, Galileu Galilei dá a lume o *Mensageiro das Estrelas* onde descreve as suas descobertas ao observar o céu com o telescópio que ele próprio construíra, a saber: que Júpiter tem satélites, que a Lua tem montanhas e vales, que a Via Láctea é formada por uma imensidade de estrelas relativamente próximas, e que há muito mais estrelas fixas do que as que se conseguem ver a olho nu. Pouco depois, descobre que, à semelhança da Lua, Vénus passa por um ciclo de fases, sugerindo que, tal como Marte, se deslocaria em torno do Sol. Assim, com esta descoberta, consolida a sua posição na defesa da teoria heliocêntrica, desenvolvida por Nicolau Copérnico no seu livro *As Revoluções dos Orbes Celestes* publicado em 1543. Porém, em 1616, sucedeu que o heliocentrismo é censurado pelo Santo Ofício, que o livro de Copérnico é posto no *Índice*, e que Galileu é admoestado verbalmente pelo cardeal Belarmino.

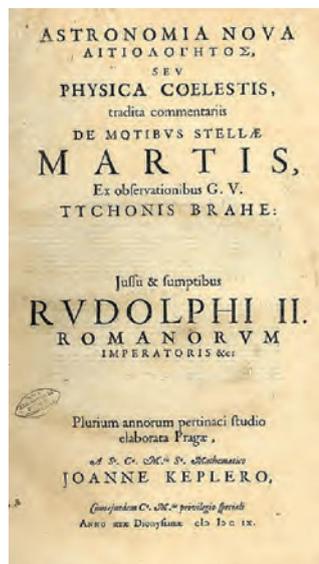


Figura 4 – Johannes Kepler, *Astronomia Nova*, Praga, 1609.

² A terceira lei só viria a ser publicada em 1619.

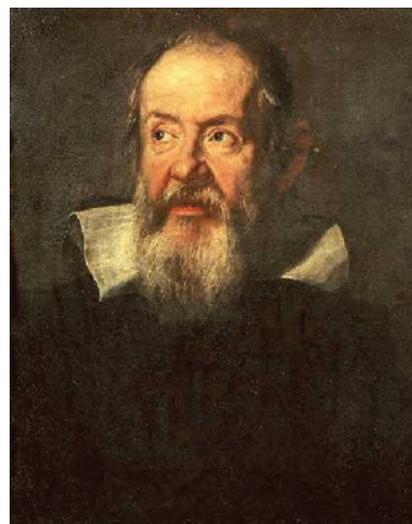


Figura 5 – Justus Sustermans. *Galileu Galilei*. Óleo sobre tela, 1636. 66 x 56 cm. Galeria dos Ofícios, Florença.

Não obstante, em 1632, respondendo a um pedido do Papa Urbano VIII, Galileu (Figura 5) publica o *Diálogo em Torno dos Dois Máximos Sistemas do Mundo*, onde deixa transparecer de novo a sua preferência pelo sistema heliocêntrico. Isso bastou para que, seis meses depois, a venda do livro fosse suspensa e Galileu intimado a comparecer no Santo Ofício, que o condena obrigando-o a abjurar publicamente as suas ideias.

Pela mesma altura, René Descartes (Figura 6) conclui o seu primeiro escrito científico – *O Mundo, ou o Tratado da Luz* – mas, por nele defender também o heliocentrismo e ter sabido que o Santo Ofício condenara Galileu por tal motivo, achou prudente não o dar a lume, o que só veio a ocorrer postumamente em 1664. Daí que a sua primeira obra impressa sobre Filosofia Natural e Matemática fosse o *Discurso do Método, a Dióptrica, os Meteoros e a Geometria, que são os Ensaios deste Método*, saído em 1637, onde inseriu alguns trechos de *O Mundo*. Por sua vez, em 1638, Galileu publica o seu último livro – *Discursos e Demonstrações Matemáticas em Torno das Duas Novas Ciências* – no qual dá a conhecer a lei da queda dos graves, a trajetória dos projéteis e a lei da inércia. É interessante notar que a *Dióptrica* de Descartes foi refutada por Pierre de Fermat, especialmente na parte relativa à demonstração da lei de Snell da refração onde Descartes admite a hipótese de que a velocidade da luz é maior no meio mais denso, gerando uma polémica que, depois da morte de Descartes em 1650, Fermat reacende contra os seus seguidores. Expõe então uma nova demonstração, baseada no princípio do tempo mínimo³, chegando à conclusão, contrária à hipótese de Descartes, de que a velocidade de propagação da luz seria menor no meio mais denso.

³ Segundo Fermat, a natureza opera de acordo com os meios e percursos mais fáceis e convenientes. Assim, a trajetória seguida por um raio luminoso entre dois pontos é aquela que é percorrida no menor tempo. Note-se que este princípio já havia sido usado por Herão de Alexandria (10-70 d.C.) na sua *Catoptrica* para demonstrar a lei da reflexão, sendo nele que atualmente se coloca a gênese do importante Princípio da Menor Ação.



Figura 6 – Anônimo, *René Descartes*. Óleo sobre tela, cópia dum quadro de Frans Hals de 1649. 78 x 69 cm. Museu do Louvre, Paris.



Figura 7 – Caspar Netscher, *Christian Huygens*. Óleo sobre tela, c.1671. 30 x 24 cm. Haags Historisch Museum, Haia.

Quem promoveu o contacto de Fermat com Descartes foi o matemático e filósofo Marin Mersenne, que organizara em 1635 a chamada *Academia Parisiensis*, uma espécie de sociedade científica precursora da *Académie Royale des Sciences*, estabelecida em 1666. Tal como se verificou com outras sociedades científicas criadas no século XVII e início do XVIII – *Accademia dei Lincei* (1603), *Royal Society* (1660) e *Königlich-Preußische Akademie der Wissenschaften* (1700) –, a Sociedade formada por Mersenne desempenhou um papel muito importante na divulgação do conhecimento e troca de informações. Nela participaram vários outros insígnos filósofos e matemáticos, entre os quais Evangelista Torricelli, inventor do barómetro de mercúrio, Pierre Gassendi, o primeiro a confirmar as previsões de Kepler sobre o Trânsito de Mercúrio, Blaise Pascal, criador da teoria das probabilidades, Thomas Hobbes, fundador da filosofia política moderna, particularmente da teoria do contrato social, e Christian Huygens, descobridor do satélite Titã de Saturno, inventor do relógio de pêndulo e autor do princípio (a que foi posto o seu nome) segundo o qual uma fonte luminosa pontual gera uma onda esférica num processo que depois se reproduz em todos os pontos do espaço atingidos por ela. No seu *Tratado da Luz* de 1690, baseado neste princípio, Huygens (Figura 7) explicou os fenómenos da reflexão e refração, contribuindo para afirmar a teoria ondulatória da luz que havia sido proposta pouco antes por Robert Hooke⁴.

⁴ Hooke começou por ser assistente de Robert Boyle, que o contratou em 1658, sendo ele quem construiu a bomba (ou máquina pneumática) usada nas experiências de Boyle sobre a “mola do ar” e os seus efeitos. Em 1662 foi contratado pela *Royal Society* como curador de experiências, em 1663 foi eleito *Fellow* da *Royal Society*, e em 1664 curador vitalício. Pouco depois, foi convidado para professor de geometria do *Gresham College*, sucedendo a Isaac Barrow que se mudara para Cambridge a fim de tomar posse da cátedra lucasiana de matemática (a qual foi depois ocupada por Newton). Após o Grande Incêndio de Londres em 1666 desempenhou, juntamente com Christopher Wren, um papel de relevo nos trabalhos de reconstrução da cidade. Em 1677, após o falecimento de Henry Oldenburg, primeiro secretário da *Royal Society*, foi escolhido para o substituir, função que começou a exercer em Outubro desse ano.

Progressos significativos foram igualmente realizados em microscopia ótica, graças aos melhoramentos introduzidos no microscópio sobretudo por Anton van Leeuwenhoek⁵, os quais lhe permitiram, bem como a Hooke, fazer observações sensacionais de seres e objetos minúsculos, que o primeiro deu a conhecer em comunicações à *Royal Society* e à *Académie Royale des Sciences* e o segundo no seu famoso livro *Micrographia* de 1665. Outro facto importante na área da ótica foi a descoberta do fenómeno da difração, feita por Francesco Grimaldi e publicada postumamente nesse mesmo ano. Todavia, o principal avanço nesta área foi talvez a descoberta de Isaac Newton, também em 1665 mas só comunicada à *Royal Society* em 1672, de que a luz do sol (dita branca) é uma mistura heterogénea de raios de todas as cores que se refratam por um prisma diferentemente uns dos outros. É de notar que esta comunicação gerou uma longa polémica com vários filósofos naturais, nomeadamente Hooke (Figura 8) e Huygens, na qual foram questionadas quer a validade das experiências realizadas, quer a interpretação que Newton (Figura 9) fez dos resultados obtidos. Hooke, que era um excelente experimentador, não pondo em causa tal validade – ele próprio reproduziu essas experiências –, considerou que não seria possível concluir, com base nos referidos resultados, que as cores observadas fossem propriedades intrínsecas dos raios de luz. Para Hooke, a luz branca seria homogénea, os “raios coloridos” resultariam de alterações provocadas pelo prisma e, uma vez produzidos, manteriam a cor e a refrangibilidade características.

Em 1675 Newton fez duas novas comunicações à *Royal Society* na área da ótica: a primeira, sobre uma hipótese explicativa das propriedades da luz, apresentada anteriormente; e a segunda, sobre o fenómeno da formação de anéis coloridos em lâminas delgadas, fenómeno esse que já havia sido abordado por Hooke na sua *Micrographia*.

⁵ É curioso que Anton van Leeuwenhoek era da mesma idade do pintor Vermeer (nasceram em 1632, com poucos dias de diferença) e que ambos viviam em Delft em casas muito próximas, sendo amigos desde muito cedo. De acordo com o próprio Leeuwenhoek, foi Vermeer quem o treinou a fazer os desenhos das imagens que observava ao microscópio.

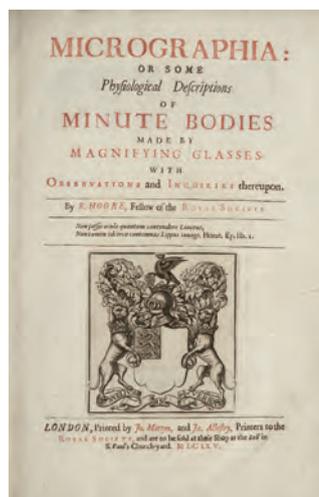


Figura 8 – Robert Hooke, *Micrographia*, Londres, 1665.



Figura 9 – Godfrey Kneller. *Retrato de Isaac Newton*. Óleo sobre tela, 1702. 75 x 62 cm. National Portrait Gallery, Londres.

Tais comunicações vieram reativar a polémica com Hooke, tanto mais que a referida hipótese se baseava num modelo corpuscular – os raios de luz eram interpretados como corpúsculos – enquanto a interpretação de Hooke se alicerçava num modelo ondulatório. E, dado que a teoria ondulatória foi a que mais apoio teve inicialmente, Newton só se atreveu a publicar a sua teoria da luz e das cores em 1704, um ano após a morte de Hooke, no *Ótica*.

Entretanto, decorrida uma década durante a qual se entregou à alquimia, à teologia e à exegese bíblica, Newton dedicou-se ao estudo da mecânica celeste que culmina em 1687 com a publicação dos famosos *Principia* contendo a lei da gravitação universal – a primeira obra sistemática e rigorosa do ponto de vista matemático⁶ sobre a perceção do Mundo. Adquire por isso um enorme prestígio, o que contribuiu para que no século XVIII a teoria corpuscular da luz viesse a ser a preferida.

Um outro filósofo natural que se entregou à alquimia foi Robert Boyle (Figura 10). No início da década de 1660 dá a lume dois livros notáveis – as *Novas Experiências* e o

Químico Cético – onde demonstra que para uma dada massa de ar, num recipiente fechado a temperatura constante, o volume varia inversamente com a pressão ($pV = \text{Constante}$). Define ainda elemento e demonstra que o ar não é um elemento mas sim uma mistura de pelo menos três substâncias, que não chega a identificar. Por outro lado, efetua várias experiências sobre o comportamento de extratos de plantas na presença de ácidos e bases, cujos resultados publica no livro *Experiências e Considerações acerca das Cores*, promovendo o uso de alguns desses extratos como indicadores ácido-base. Propõe, além disso, uma teoria sobre a cor dos corpos naturais baseada na hipótese corpuscular, segundo a qual a cor não seria uma propriedade intrínseca dos corpos mas sim uma consequência de certas alterações da luz ao refletir-se ou refratar-se neles. É curioso notar que este livro foi lido atentamente por Newton ao terminar o seu curso, como revelam as notas que registou num dos seus primeiros cadernos de apontamentos. Segundo Shapiro⁷ e Newman⁸, teria sido tal livro que despertou o interesse de Newton pelo estudo da cor.



Figura 10 – Johann Kerseboom. *Robert Boyle*. Óleo sobre tela, 1689. 127 x 102 cm. CHF Collections, Filadélfia.

Nas artes plásticas assistiu-se igualmente a um enorme progresso. As primeiras obras de arquitetura de estilo barroco surgiram em Roma em finais do século XVI, a mais importante das quais foi a conclusão da Basílica de S. Pedro dirigida inicialmente pelo arquiteto Carlo Maderno, que traçou o desenho da fachada, e depois pelo seu sucessor – arquiteto e escultor Gian Lorenzo Bernini (Figura 11) –, que levou a cabo as obras de construção, decoração e escultura no interior da igreja, designadamente, o espetacular *Baldacchino* que cobre o altar principal. Foi também Bernini quem projetou a praça ovalada em frente da fachada, rodeada por uma colunata, e ele ainda o autor de belíssimas esculturas espalhadas pela cidade, como a *Santa Teresa em Êxtase* na Capela Cornaro da Igreja de Santa Maria della Vittoria. O seu maior rival na arquitetura foi Francesco Borromini, a quem se deve o traçado de várias igrejas, nomeadamente

⁶ Newton foi o primeiro a aplicar o cálculo infinitesimal à física, o qual havia sido criado por ele e por Gottfried Leibniz independentemente.

⁷ A. E. Shapiro, *The Optical Papers of Isaac Newton*, Vol. I, *The Optical Lectures 1670-1672*, Cambridge, 1984, p. 4-7.

⁸ W. R. Newman, em D. Jacquart, M. Hochmann (Editores), *Lumière et vision dans les sciences et dans les arts: de l'Antiquité au XVIIIe siècle*, Genève, Librairie Droz, 2010, p. 283-307.

Sant'Ivo alla Sapienza, que foi construída na extremidade dum claustro da antiga universidade pontifícia (*Studium Urbis Sapientiae*) onde está hoje a Sapienza – Universidade de Roma. Grande arquiteto do Barroco italiano foi também Guarino Guarini, que na segunda metade do século XVII realizou magníficas obras em Turim.

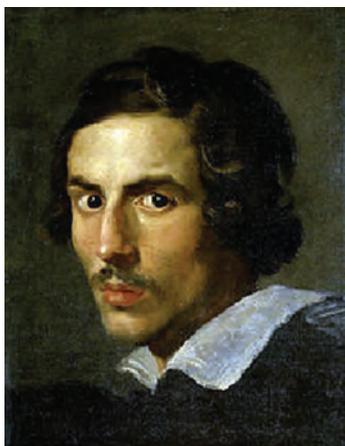


Figura 11 – Gian Lorenzo Bernini. *Autorretrato*. Óleo sobre tela, c. 1623. 30 x 28 cm. Galleria Borghese, Roma.

Em França, o estilo predominante foi o Barroco Clássico, sendo a obra mais notável o Palácio de Versalhes, mandado edificar por Luís XIV, cuja construção foi iniciada em 1669 sob a direção de Louis Le Vau – autor do primeiro alçado da fachada principal – e após a sua morte, em 1670, continuada pelo arquiteto Jules Hardouin-Mansart, o qual, obrigado a ampliar o edifício para acolher uma corte cada vez maior, alterou o alçado de Le Vau alargando consideravelmente a fachada mas mantendo os elementos arquitetónicos. A decoração das salas e galerias do Palácio foi dirigida por Charles Le Brun, primeiro pintor do rei e diretor da *Académie royale de peinture et de sculpture*⁹, e a decoração da parte exterior, em particular da área contígua à referida fachada, foi entregue ao arquiteto paisagista André Le Nôtre que delineou um conjunto de belíssimos jardins seguidos por um parque, onde intervieram também vários artistas designadamente Le Brun, Hardouin-Mansart e Antoine Coysevox. Digna de nota é ainda a Igreja dos Inválidos em Paris, com traça de Hardouin-Mansart.

Em Inglaterra, tal como em França, a arquitetura do Barroco foi dominada pelo classicismo, principalmente durante a primeira metade do século XVII, sendo Inigo Jones, autor dos planos do Palácio dos Banquetes no Whitehall, o arquiteto que mais se destacou nesse período. Na segunda metade do século, sobretudo depois do Grande Incêndio de Londres de 1666, o ator principal foi Christopher Wren,

o qual, tendo começado a sua carreira como professor de astronomia no Gresham College de Londres e depois na Universidade de Oxford, e sido um dos fundadores da *Royal Society*, instituições essas onde desenvolveu vários trabalhos científicos em diversas áreas, acabou por se dedicar à arquitetura. Nomeado em 1669 *Surveyor of the King's Works*, Wren contribuiu significativamente para a reconstrução da cidade projetando numerosas igrejas e monumentos, das quais a mais majestosa é a Catedral de S. Paulo.

Em Portugal, a arquitetura só deu mostras do estilo barroco no último quartel do século XVII, sendo a sua principal figura o arquiteto João Antunes, que em 1683 projetou a Igreja de Santa Engrácia, atual Panteão Nacional, e posteriormente a Igreja do Menino Deus de Lisboa. O mais importante monumento barroco – o Palácio-Convento de Mafra – só viria a ser construído na primeira metade do século XVIII, sob a direção de João Frederico Ludovice, ourives e arquiteto de origem alemã, que foi também o autor do projeto. Na obra colaboraram vários artistas estrangeiros e portugueses, entre os quais o arquiteto Custódio Vieira que traçou a notável escadaria dupla da portaria-mor conventual. Na escultura, o Barroco também só chegou em finais do século XVII, e foi Claude de Laprade o escultor que mais se distinguiu, sobretudo pelo seu magnífico Túmulo do Bispo de Miranda, na Capela da Vista Alegre em Ílhavo.

2. PINTURA BARROCA

Surgida em Roma, a pintura barroca teve como precursores Michelangelo Merisi da Caravaggio e Annibale Carraci, os quais, na viragem para o século XVII, foram muito falados: Caravaggio, pelas três admiráveis telas que pintou para a Capela Contarelli da igreja de S. Luís dos Franceses, representando cenas da vida de S. Mateus (Figura 12), cujas características principais são os jogos de luz, o realismo das figuras e a sua teatralidade, sem contudo deixarem de nos dar a sensação de um ambiente religioso; Carraci, pelos frescos que pintou na abóbada da galeria do Palácio Farnese – *Os Amores dos Deuses* (Figura 13) –, cuja excelência chegou a ser comparada à dos magníficos murais de Miguel Ângelo e Rafael no Vaticano. Mas não foram só os Farnese que fizeram avultadas encomendas de obras de arte. Outras famílias romanas ricas e poderosas – Barberini e Pamphili – e certas ordens religiosas as fizeram também, levando a que numerosos frescos e quadros no mesmo estilo viessem a ser pintados em diversos palácios de Roma por vários artistas italianos, dos quais se distinguiram Guido Reni, Giovanni Francesco Barbieri (mais conhecido por Guercino), Pietro da Cortona e Giovanni Battista Gaulli. De salientar, ainda, é a obra da artista Artemísia Gentileschi, que se celebrou pelas pinturas de personagens bíblicas.

Não tardou que o novo estilo começasse a ser seguido por artistas doutros países, designadamente, o flamengo Peter Paul Rubens (Figura 14), que em 1598, pouco depois de ter sido admitido como mestre na Guilda de S. Lucas de Antuérpia, partiu para Itália onde permaneceu oito anos sob os auspícios do duque de Mântua, grande mecenas das

⁹ A Academia Real de Pintura e Escultura foi fundada em 1648, na regência de Ana de Áustria, mãe de Luís XIV, por um grupo de artistas a fim de se subtraírem à autoridade da corporação dos pintores e escultores, detentora do monopólio da produção e venda de obras de arte, e chamarem a si a regulação do ensino da pintura e da escultura. Isso levou a que a corporação reagisse, lançando um curso dirigido pelo pintor Simon Vouet, competitivo com o da Academia. Em 1665, já depois de Luís XIV ter assumido o poder, a Academia foi reorganizada por Charles Le Brun, sob o mando do ministro Colbert, transformando-se num instrumento de controlo absoluto das artes.



Figura 12 – Caravaggio. *Vocação de S. Mateus*. Óleo sobre tela, 340 x 350 cm. Capela Contarelli, Igreja de São Luís dos Franceses, Roma.



Figura 13 – Annibale Carracci. *Os Amores dos Deuses*. Fresco do teto da Galeria do Palácio Farnese, Roma.

artes e das ciências. Logo após o seu regresso, Rubens foi nomeado pintor da corte do arquiduque Alberto e da arquiduesa Isabel (filha de Filipe II de Espanha), que governavam então os Países Baixos do Sul, com o privilégio de poder trabalhar também para o município de Antuérpia e diversos patronos. Possuidor duma criatividade prodigiosa, tornou-se rapidamente um pintor de fama internacional, de tal modo procurado que se viu na necessidade de organizar uma grande oficina para a qual convidou outros artistas flamengos – Jean Brueghel, *o Velho*, Jan Wildens, Frans Snyders, Paul de Vos, Jacob Jordaens e Anthony van Dyck

(Figura 15) – dos quais os que mais se distinguiram foram os dois últimos, sendo van Dyck o preferido do mestre e aquele que, tal como Rubens, ganhou fama internacional, devido sobretudo aos retratos que pintou para o rei Carlos I de Inglaterra e a sua corte.



Figura 14 – Peter Paul Rubens. *Autorretrato*. Óleo sobre tela, 1638-1640. 109 x 85 cm. Kunsthistorisches Museum, Viena.



Figura 15 – Anthony van Dyck. *Autorretrato*. Óleo sobre tela, 1620-1621. 120 x 88 cm. The Metropolitan Museum of Art, Nova Iorque.

Nos Países Baixos do Norte, os pintores que mais de perto seguiram o estilo de Caravaggio foram Hendrick ter Brugghen e Gerard van Honthorst, da Escola de Utreque, que estagiaram em Roma durante alguns anos. Mas os mais prestigiados foram Frans Hals e Rembrandt van Rijn (Figura 16), de Leida, sobretudo o último, que depois de 1631 passou a trabalhar em Amesterdão. Hals dedicou-se principalmente ao retrato, que soube combinar de modo magnífico com a pintura de género. Rembrandt dedicou-se também à gravura, mas foi sobretudo como retratista que se celebrou. É de notar, todavia, que outros temas – paisagens, vistas arquitetónicas e naturezas-mortas – começaram a agradar à classe média-rica holandesa, o que levou a uma grande procura destes géneros de pintura e, por isso, à especialização dos artistas. O tema mais requi-

sitado foi a paisagem, e daí que tenha havido um número muito significativo de paisagistas, dos quais os que mais se distinguiram foram Jan van Goyen e Jacob van Ruisdael. Importantes foram ainda os pintores Jan Steen, Jan Vermeer e Gerard ter Borch, que se dedicaram principalmente à pintura de género.



Figura 16 – Rembrandt van Rijn. *Autorretrato*. Óleo sobre tela, 1660. 80 x 67 cm. The Metropolitan Museum of Art, Nova Iorque.

O Barroco chegou a Espanha através de obras de Jusepe de Ribera, pintor e gravador que fez a sua formação e carreira em Itália, sobretudo em Nápoles, então sob o domínio espanhol, sendo muito influenciado pelo estilo e temas de Caravaggio. Embora não tenha voltado a Espanha, alguns dos seus quadros acabaram por ser levados para lá por nobres espanhóis que os haviam adquirido em Nápoles, indo por sua vez influenciar os seus colegas sevillanos Diego Velásquez (Figura 17) e Francisco de Zurbarán, influência essa que é bem visível nas primeiras obras destes dois artistas. Em 1623, Velásquez foi nomeado pintor régio de Filipe IV, o que lhe permitiu conviver com a magnífica Coleção Real de pintura (hoje conservada maioritariamente no Prado), muito rica em quadros de Ticiano, Veronese e Tintoretto. Esta circunstância e o facto de ter presenciado Rubens a fazer cópias de alguns desses quadros durante a sua visita a Madrid em 1628, de ter trocado impressões com ele e de, seguindo o seu conselho, ter ido visitar a Itália em 1629-30, contribuíram para que viesse a renovar o estilo e a aperfeiçoar a técnica, em particular no que respeita ao tratamento da luz em que se tornou exímio. Zurbarán dedicou-se principalmente à pintura religiosa, ganhando desde logo grande notoriedade, de tal modo que se tornou o artista mais solicitado pelas numerosas Ordens religiosas e Conventos de Espanha. À pintura religiosa dedicou-se também o artista sevillano Bartolomé Esteban Murillo, o qual no começo foi muito influenciado por Zurbarán e mais tarde por Rubens, van Dick e Ticiano, acabando por ganhar enorme popularidade.

Influenciados pelo estilo de Caravaggio foram ainda, no início do século XVII, vários pintores franceses dos quais se destacaram Georges de la Tour, Simon Vouet e Claude Lorrain. La Tour era natural da Lorena, contígua dos Países Baixos, admitindo-se que tal influência possa ter sido



Figura 17 – Diego Velásquez. *Las meninas*. Óleo sobre tela, 1656. 318 x 276 cm. Museu do Prado, Madrid. Presume-se que o pintor reproduzido no quadro seja o próprio Velásquez.

contraída através dos dois artistas da Escola de Utreque acima referidos. Vouet foi muito jovem para Itália, onde trabalhou durante quinze anos, desde 1612 a 1627, quase sempre em Roma, tendo alcançado grande prestígio a ponto de em 1624 ser eleito diretor da Academia de São Lucas. Em 1627, convidado por Luís XIII, regressou a França não tardando a mudar de estilo, particularmente no que diz respeito ao uso da luz e ao colorido, os quais passou a fazer à maneira dos pintores venezianos. Nomeado primeiro pintor do rei, acabou por dominar a pintura francesa durante as décadas de 30 e 40. Claude Lorrain¹⁰ partiu também muito jovem para Roma, onde fez a sua aprendizagem, vindo a criar um estilo próprio caracterizado por efeitos de luz especiais e um forte idealismo, que conferem à sua pintura um cunho verdadeiramente poético. Na sua última fase, começou a orientar-se para um certo classicismo, tornado evidente pela inclusão de ruínas antigas e figuras vestidas com togas. O maior representante francês do classicismo pictorial foi, contudo, Nicolas Poussin (Figura 18), que em 1624 se instalou em Roma onde fez toda a sua carreira, salvo nos anos 1641-2 passados em Paris, criando, tal como Claude, um estilo próprio, inspirado em Rafael e Annibale Carracci. Os seus temas preferidos foram as histórias prodigiosas, nomeadamente, feitos heróicos da Antiguidade Clássica e cenas da mitologia greco-latina, que tratou de modo singular atendendo sobretudo à forma e à composição. Embora trabalhasse em Roma, muitas das suas pinturas foram exportadas para França obtendo grande sucesso na corte, o que contribuiu para que em 1666 a *Académie royale de peinture et de sculpture*, dirigida então pelo pin-

¹⁰ O verdadeiro apelido de Claude Lorrain era Gelée, sendo o sobrenome Lorrain derivado do facto de ter nascido na Lorena. Era também conhecido nos meios artísticos apenas por Claude, particularmente em Inglaterra.

tor Charles Le Brun, que estudara em Roma com Poussin, estabelecesse o classicismo como estilo oficial da pintura francesa. Tal não impediu, todavia, que o estilo de Vouet continuasse a ser usado por alguns pintores e se mantivesse em competição com o estilo oficial, não só no último quartel do século XVII mas também no XVIII.



Figura 18 – Nicolas Poussin. *Autorretrato*. Óleo sobre tela, 1650. 98 x 74 cm. Museu do Louvre, Paris.

Convirá lembrar, ainda, que no último quartel do século XVII, acompanhando o crescimento do poder da aristocracia, começaram a surgir em França os primeiros sinais do estilo rococó, o qual na década de 1710 teve como expoente o pintor Antoine Watteau (Figura 19), criador de um novo género – a festa galante – representando cenas idílicas da vida aristocrática ao ar livre.



Figura 19 – Rosalba Carriera. *Antoine Watteau*. Desenho a pastel, 1721. 55 x 43 cm. Museo Civico Luigi Bailo, Trevesi.

Em Portugal, ao contrário do que se verificou na arquitetura e na escultura, as primeiras tentativas de alinhamento com o estilo barroco começaram a fazer-se com plena atualidade, e daí que a primeira grande obra da pintura portuguesa do século XVII – o conjunto de vinte telas com cenas da vida de São Francisco de Xavier, da autoria de André Reinoso – tivesse surgido nos anos 1619-20. Da primeira

metade do século importa ainda referir o pintor Baltazar Gomes Figueira, que se destacou no género de natureza-morta. Natural de Óbidos, foi para Sevilha por volta de 1626, onde viveu cerca de oito anos fazendo a sua aprendizagem com ilustres artistas sevilhanos como Francisco de Herrera, *el Viejo*, Francisco Pacheco e Juan del Castillo. Forçado a abandonar Sevilha em 1634, regressa a Óbidos sendo nesta vila que desenvolve a sua atividade pictórica para igrejas e colecionismo privado e, ao mesmo tempo, inicia na arte a sua filha Josefa de Ayala, nascida e batizada em Sevilha. Mais conhecida por Josefa de Óbidos, veio a desenvolver uma atividade idêntica à do pai, ganhando grande fama sobretudo pelas suas naturezas-mortas. Mas não se limitou apenas a este género, pintando também telas e retábulos para igrejas, assim como retratos.

* * *

O presente artigo tem por objetivo expor brevemente os pigmentos que foram usados na pintura barroca, ou seja, durante o período entre finais do século XVI e inícios do XVIII. Todavia, atendendo a que o estilo rococó começou a manifestar-se nas últimas décadas do século XVII, achámos razoável considerar também os pigmentos usados na fase inicial do período Rococó, na qual se insere a pintura de Watteau. Conhecem-se bastantes documentos sobre tais usos, quer livros manuscritos ou impressos, quer registos de natureza variada, designadamente, listas de preços, inventários, faturas, notas de encomenda, notas de importação e exportação, etc., muitas das quais foram já analisadas por Rosamond Harley [1] e Jo Kirby [2]. Na secção seguinte apresentamos as fontes escritas mais importantes.

3. FONTES ESCRITAS

É curioso que o primeiro livro de pintura a ser impresso em Inglaterra tenha sido um tratado de miniatura – *A very proper treatise, wherein is briefely sett for the arte of Limning*¹¹ [3] –, de autor anónimo e datado de 1573, o qual parece ter sido muito apreciado pois foi reeditado seis vezes, sendo a última em 1605. Estava-se então no reinado de Isabel I, durante o qual a arte da miniatura atingira o seu apogeu graças ao pintor Nicholas Hilliard que se notabilizou principalmente como retratista.

Hilliard escreveu também um tratado de miniatura bem mais importante que aquele, do qual não se conhece o original mas apenas uma cópia, de 1624, que constitui a primeira parte do manuscrito Laing III 174¹², conservado

¹¹ A palavra *limning*, ou *limning*, significa pintura de miniatura, que se praticava sobre papel ou pergaminho empregando como aglutinante uma solução aquosa de goma-arábica. Usou-se nos séculos XVI e XVII, quer para decorar livros luxuosos e documentos importantes, quer para fazer retratos, quer ainda para ilustrar livros escolares e científicos, de geografia, medicina, zoologia, botânica e etnografia.

¹² O Ms. Laing III 174 é formado por duas partes, escritas em diferentes alturas e por diferentes pessoas, das quais, de acordo com Thornton e Cain [4], a primeira constitui a única cópia conhecida do tratado de Hilliard, e a segunda, ao contrário do que opinou Philip Norman em 1912, não tem que ver com esse tratado mas sim com um outro, atribuído a Edward Norgate, do qual tratamos adiante.

na Biblioteca da Universidade de Edimburgo. Este manuscrito pertencera a George Virtue, gravador e antiquário do século XVIII, que lhe acrescentou uma folha com o título *A Treatise Concerning the Arte of Limning writ by N. Hilliard at the request of R. Haydocke*¹³ who publisht in English a translation of Paulo Lomazzo on Painting 1598. Da sua leitura pôde concluir-se que o original teria sido produzido por volta de 1600. É de assinalar que Hilliard considerava a miniatura como uma arte especial (*a kind of gentle painting*), própria de cavalheiros (*none should medle with limning but gentlemen alone*), e que o artista deveria procurar imitar a realidade o melhor possível de modo a que o seu trabalho mais parecesse obra de Deus do que humana (*it seemeth [...] the work of god and not of man*). Nas suas tentativas para atingir tal objetivo, Hilliard teve sempre grande cuidado no que respeita à qualidade dos materiais utilizados, razão pela qual o seu tratado constituiu uma fonte preciosa de informações sobre a maneira de os selecionar e refinar. Contudo, só veio a ser editado (com erros) em 1912 por Philip Norman, e de forma correta em 1981 por Thornton e Cain [4].

Entretanto, nos anos 1580, tinham-se publicado em Itália dois tratados de pintura – *Trattato dell'arte della pittura*, de Giovanni Paolo Lomazzo [5a], e *De'veri preceti della pittura*, de Giovanni Armenini [6] – versando sobretudo questões teóricas como perspectiva, proporções e teoria da cor, mas pouco dizendo quanto a aspetos práticos. Ambos os tratados exerceram contudo grande influência nos meios artísticos, influência essa que se prolongou por várias décadas.

Em 1606, um ano depois do aparecimento da última edição do tratado anónimo acima referido, veio a lume em Inglaterra um segundo livro sobre miniatura – *The Art of Drawing with the Pen and Limning in Water Colors [...] for the behoofe of all young Gentlemen* – da autoria de Henry Peacham, abordando diversas questões, entre as quais o uso de pigmentos e a etimologia dos respetivos nomes. Este livro foi reeditado em 1607 e 1612 com outros títulos, respetivamente, *Graphice ...*, e *The Gentlemans Exercise ...*[7]. Mestre em artes pela Universidade de Cambridge, Peacham começou a sua vida como professor, sendo em dada altura contratado por Thomas Howard¹⁴, segundo

¹³ Richard Haydocke era *Fellow* do *New College* de Oxford, médico e um apaixonado pelas artes. Como confessou no prólogo à tradução do tratado de Lomazzo [5b], que fez quando era ainda estudante, tinha uma enorme admiração por Hilliard e achou que a melhor forma de lhe revelar seria procurar persuadi-lo a escrever um tratado de pintura como o de Lomazzo.

¹⁴ Thomas Howard, segundo conde de Arundel, foi um fidalgo muito ligado às cortes de Jaime I e do seu sucessor Carlos I, e detentor duma das maiores coleções de arte e antiguidades dessa altura. No seu círculo contavam-se várias figuras famosas, designadamente: artistas, como Rubens e Van Dyck, que lhe fizeram retratos; médicos, como William Harvey, autor do célebre *Motu Cordis* sobre a circulação sanguínea, e Théodore Turquet de Mayerne, que foi também químico e cultor de pintura; prelados, como James Ussher, primaz da Igreja da Irlanda, que, baseando-se na Bíblia, determinou o dia 23 de Outubro de 4004 a.C. para a data da criação do Mundo; juristas, como John Selden, que foi um dos parlamentaristas ingleses que redigiu a *Petição de Direitos* em 1628; e filósofos, como Francis Bacon, que viria a morrer na sua casa de Highgate. Diz-se que a sua

conde de Arundel, como tutor dos seus filhos. Parece todavia que, a partir de 1615, teria abandonado o professorado para se entregar à escrita. Dos livros que compôs, o mais célebre foi *The Compleate Gentleman*, dedicado a William Howard, filho mais novo do conde de Arundel, livro esse que veio a lume em 1622, sendo reimpresso em 1626 e 1627 e revisto e ampliado em 1634 e 1661. De acordo com G. S. Gordon [8], autor da introdução à cópia da edição de 1634, publicada pela Clarendon Press em 1906, tal livro é essencialmente um registo de boas maneiras, educação e modo de pensar da *gentry*, onde se abordam numerosos temas, entre os quais desenho, miniatura e pintura a óleo.

Do início do século XVII é também o tratado de miniatura de Mariani-Cibo, do qual se conhecem apenas três manuscritos que pertencem, respetivamente, à Universidade de Leiden¹⁵, à Universidade de Yale¹⁶ e à Biblioteca Apostólica vaticana¹⁷. Estes manuscritos foram minuciosamente estudados por Erma Hermens [9,10], a qual verificou que, apesar das diferenças de título, o de Yale é muito semelhante ao de Leyden e o de Roma só abrange uma fração dos outros dois, designadamente, a parte relativa à pintura de paisagens. Hermens acabou por concluir que o autor deste último seria Gherardo Cibo, botânico e paisagista, e que Valerio Mariani o teria incluído no seu original, do qual os manuscritos de Leiden e Yale seriam cópias. Daí que Hermens tenha chamado a estes manuscritos “tratado de Mariani-Cibo”. Trata-se de um manual técnico sobre miniatura, ilustração de plantas e desenho de paisagens, que está dividido em quatro partes, a primeira das quais contém receitas de preparação de pigmentos e corantes.

Um outro tratado de miniatura que despertou muito interesse em Inglaterra foi o do pintor Edward Norgate, protegido do conde de Arundel, de cujos filhos foi professor de heráldica. Deste tratado também não se conhece o original mas apenas cópias, que correspondem a duas versões distintas, produzidas em diferentes alturas. Da primeira, que segundo Martin Hardy [11] teria sido composta em 1621-1626, a cópia julgada mais fidedigna é a que constitui a primeira parte do Ms. Harley 6000, pertencente ao Museu Britânico. Da segunda, redigida provavelmente em 1648-1650 e dedicada ao seu ex-aluno Henry Howard¹⁸, a cópia mais creditada é o Ms. Tanner 326 da Biblioteca Bodleian. Há que destacar ainda o Ms. 136 da Royal Society, datado de 1657, o qual é também uma cópia da segunda versão e

maior ambição como colecionador teria sido a de adquirir o obelisco egípcio que no século IV d.C. fazia parte do *Circus Maxentius* e que Bernini, em 1650, acabou por incorporar na sua Fonte dos Quatro Rios localizada na Piazza Navona em Roma.

¹⁵ Intitulado *Della Miniatura, del Signor Valerio Mariani da Pesaro, Miniatore del serenissimo Signor Duca d'Urbino, del Signore Capitano Giorgio Maynwaringe, inglese, l'anno del Signore 1620, in Padova*.

¹⁶ Intitulado *Della miniatura del Signore Valerio Mariani da Pesaro, miniatore del Duca d'Urbino con aggiunte d'altre cose per l'istessa professione dal Signor D. Antonello Bertozzi scrittore e miniatore in Padova, per me Francesco Manlio Romano, l'anno MDCXX*.

¹⁷ Intitulado *Ricordi di belli colori*.

¹⁸ Henry Howard foi o segundo filho de Thomas Howard (ver nota 14) e aquele que lhe sucedeu, em 1646, como terceiro conde de Arundel.

a única onde o nome do autor aparece junto ao título. O tratado de Norgate – *Miniatura or the Art of Limning* – teve grande divulgação, quer através de cópias manuscritas, quer através do livro *Graphice* de William Sanderson [12] que inclui uma transcrição imperfeita, quer ainda através de manuais de artistas, produzidos depois de 1660. Todavia, só veio a lume pela primeira vez em 1919 numa edição de Hardy preparada com base no Ms. Tanner 326 [9]. Em 1997, Muller e Murrell [13] publicaram uma nova edição, baseada no mesmo manuscrito e ainda no Ms. 136, ou seja, correspondente igualmente à segunda versão. Por outro lado, Thornton e Cain [4] editaram em 1981, juntamente com o tratado de Hilliard, a segunda parte do Ms. Laing III 174 – *A more compendious discourse concerning ye art of liming* – a qual ambos os editores atribuem a Norgate admitindo que possa ser um resumo da primeira versão.

Por outro lado, em França, o jesuíta Étienne Binet, usando o pseudónimo René François, publicou em 1621 um livro [14] que, à semelhança do *Compleate Gentleman* de Peacham, abrange uma grande variedade de assuntos entre os quais pintura e tinturaria. Este livro teve uma enorme popularidade, e nele se baseou em 1635 o pintor Pierre Lebrun para escrever um tratado de pintura, escultura, arquitetura e perspetiva, do qual existe uma cópia, pertencente à Biblioteca Pública de Bruxelas (Ms. 15552), à qual se dá vulgarmente o nome de “manuscrito de Bruxelas”. Embora Lebrun nunca chegasse a publicá-lo, a parte relativa à pintura – *Recueil des essais des merveilles de la peinture* – acabou por sê-lo em 1849, graças a Mary Merrifield que lhe juntou uma tradução em inglês [15].

Muito importante, e talvez o documento mais útil da primeira metade do século XVII, é o Ms. Sloane 2052 do Museu Britânico – *Pictoria, Sculptoria, et quae subalternarum artium* –, composto por Théodore Turquet de Mayerne. Doutor pelas Universidades de Heidelberg e Montpellier, Turquet de Mayerne iniciou a sua carreira em Paris, chegando a ser médico da corte de Henrique IV. Em 1611, após o assassinato deste, mudou-se para Londres, passando então a exercer clínica na corte de Jaime I de Inglaterra e, mais tarde, na do seu sucessor Carlos I, com o que ganhou grande fama não só como médico mas também como químico, pois era ele quem preparava muitos dos medicamentos que prescrevia. Tal como o seu colega Richard Haydocke¹³, interessou-se bastante por pintura especialmente no tocante aos materiais e processos usados. Era amigo de Norgate, a quem persuadiu a escrever o tratado de miniatura atrás referido. Além disso, a sua posição na corte permitiu-lhe que se relacionasse com vários artistas ingleses e estrangeiros, como John Hoskins, Cornelius Johnson, Orazio Gentileschi, Paul van Somer, Daniel Mijtens, van Dyck e Rubens, o último dos quais lhe fez um retrato (Figura 20). O manuscrito de Mayerne, produzido entre 1620 e 1646, encerra uma grande diversidade de informações sobre técnicas artísticas, incluindo receitas de pigmentos e certas práticas usadas por alguns dos pintores com quem contactou, as quais foram redigidas umas vezes em inglês, outras vezes em francês e outras ainda em italiano, alemão, holandês e latim. No entanto, sendo essencialmente um documento

de trabalho para uso pessoal, teve pouca divulgação, e só em 1901 é que veio a lume em língua alemã e mais tarde noutras línguas, designadamente, holandês, francês, inglês [16] e italiano [17].



Figura 20 – Peter Paul Rubens. *Théodore Turquet de Mayerne*. Óleo sobre tela, 1630-1631. 141 x 109 cm. North Carolina Museum of Art, Raleigh.

Um outro documento que contém bastantes anotações práticas, algumas das quais teriam sido copiadas do tratado de Lomazzo, em particular as relativas aos pigmentos e à teoria das misturas, é o manuscrito *Ricette per far ogni sorte di colori*, conservado na Universidade de Pádua. Embora não traga data nem nome de autor, Merrifield considerou que ele deve ter sido produzido em Veneza, em meados do século XVII ou pouco depois. Designado vulgarmente por “manuscrito de Pádua”, veio a ser publicado em 1849 pela referida investigadora com uma tradução em inglês [18]. As anotações mais valiosas são receitas de preparação de vários produtos, sobretudo vernizes, pigmentos para aguarela, tintas e colas.

Na segunda metade do século XVII vieram também a lume vários livros, todos eles impressos, um dos quais – *Les premiers elemens de la peinture pratique* [19a], da autoria de Roger de Piles, membro da *Académie royale de peinture et de sculpture* e rubenista¹⁹ obstinado – é um manual prático de pintura para principiantes em que, além de algumas considerações sobre as técnicas da pintura a óleo, a fresco, a têmpera, a pastel, e em miniatura, descreve em cada caso os materiais utilizados, designadamente pigmentos e suportes. Este manual teria tido boa aceitação durante longo tempo, pois na década de 1760 foi de novo reeditado por Charles-Antoine Jombert [19b], refundido e ampliado.

Embora quase todas as informações técnicas divulgadas no século XVII sobre a preparação e purificação de pigmentos

¹⁹ Na década de 1660, iniciou-se na Academia Real de Pintura e Escultura um debate acerca da importância relativa do desenho e da cor na pintura, debate esse que opôs defensores do desenho (poussinistas) a partidários da cor (rubenistas) e se prolongou por quatro décadas. O rubenista que mais se distinguiu foi Roger de Piles, que publicou dois livros sobre o referido tema: *Dialogue sur le Coloris* [20] e *Conversations sur la connoissance de la peinture* [21].

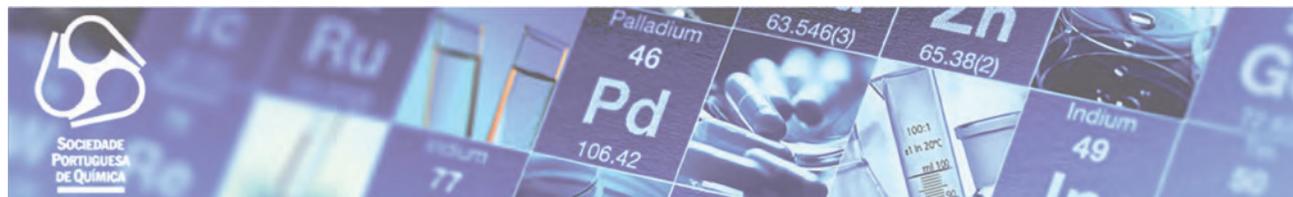
se refiram a pequenas quantidades, existem também escritos dessa época que tratam da sua produção em grande escala. É o caso, por exemplo, dos registos de Willem Peckstock, fabricante de materiais de pintura em Amesterdão, os quais se encontram reunidos num manuscrito conservado nos arquivos municipais daquela cidade (Nr N90.23), vulgarmente denominado *The Peckstock Papers* [22]. Alguns desses registos já foram traduzidos para inglês, nomeadamente, as instruções para o fabrico do vermelho²⁰ pelo célebre processo holandês [23], bem como as receitas para a preparação de algumas lacas, como a laca de pau-brasil e certas lacas amarelas que os holandeses designavam por *schijtgeel*, os ingleses por *schiet-yellow* e os franceses por *stil-de-grain*, as quais eram feitas a partir de bagas de espinheiro ou de uma mistura destas bagas com madeira-amarela²¹ e lírio-dos-tintureiros.

REFERÊNCIAS

- [1] R.D. Harley, *Artists' Pigments: c. 1600-1835, A Study in English Documentary Sources*, 2nd ed., Butterworth Scientific, London, 1982
- [2] J. Kirby, *National Gallery Technical Bulletin* **20** (1999) 5
- [3] Anónimo, *A very proper treatise wherein is briefly sett for the arte of Limning*, London, 1573
- [4] R.K.R. Thornton, T.G.S. Cain (Editores), *A treatise concerning the Arte of Limning by Nicholas Hilliard together with a more compendious discourse concerning ye art of liming by Edward Norgate, with a parallel modernized text, Mid Northumberland Arts Group, Ashington, Carcanet New Press, Manchester, 1981*
- [5] (a) G.P. Lomazzo, *Trattato dell'arte della pittura*, Milano, 1584; (b) G.P. Lomazzo, *A Tracte containing the Artes of curious Paintinge*, Caruinge Buildinge, 1598
- [6] G. Armenini, *De'veri preceti della pittura*, Ravenna, 1587
- [7] H. Peacham, *The gentlemans exercise. Or, an exquisite practice. as well for drawing all manner of Beasts in their true Portraitures: as also the making of all kinds of colours, to be used in Limning, Painting, Tricking, and Blazon of Coates, and Armes, with divers other most delightfull and pleasurable observations, for all young Gentlemen and others*. London, 1622
- [8] H. Peacham, *The Complete Gentleman*, London, 1622. Reimpresso com uma introdução de G. S. Gordon, Clarendon Press, Oxford, 1906
- [9] E. Hermens, em A. Wallert, E. Hermens, M.F.J. Peek (Editores), *Historical painting techniques, materials and studio practice*, Getty Publications, Malibu (1995) p. 48–57
- [10] E. Hermens, em *The Object in Context: Crossing Conservation Boundaries*, Proceedings IIC Symposium 28 August - 1 September, 2006, Munich, p. 260-266
- [11] M. Hardy (Editor), *Miniatura or the Art of Limning by Edward Norgate*, Clarendon Press, Oxford, 1919
- [12] W. Sanderson, *Graphice, The Use of the Pen and Pencil*, London, 1658
- [13] J.M. Muller, J. Murrell (Editores), *Miniatura or the Art of Limning by Edward Norgate*, The Paul Mellon Center for Studies in British Art, 1997
- [14] R. François (i.e., E. Binet), *Essay des merveilles de nature et des plus nobles artifices, pièce très-nécessaire à tous ceux qui font profession d'éloquence*, Rouen, 1621
- [15] P. Lebrun, em M.P. Merrifield, *Medieval and Renaissance Treatises on the Arts of Painting*, Dover Publications, Inc., Mineola, N.Y., 1999, p. 757-841
- [16] D. C. Fels (Editor), *Lost Secrets of Flemish Painting: Including the First Complete English Translation of the De Mayerne Manuscript*, B.M. Sloane 2052, Alchemist, 2001
- [17] S. Rinaldi (Editor), *Théodore Turquet de Mayerne, Pittura Scultura e delle arte minori, 1620-1646, Ms. Sloane 2052 del British Museum di Londra*, De Rubeis Editore S.r.l., 1995
- [18] Anónimo, em M.P. Merrifield, *Medieval and Renaissance Treatises on the Arts of Painting*, Dover Publications, Inc., Mineola, N.Y., 1999, p. 647-717
- [19] (a) R. de Piles, *Les premiers elemens de la peinture pratique*, Paris, Nicolas Langlois, 1684; (b) *Éléments de peinture pratique*, Paris, Charles-Antoine Jombert, 1766
- [20] R. de Piles, *Dialogue sur le Coloris*, Paris, Nicolas Langlois, 1673
- [21] R. de Piles, *Conversations sur la connoissance de la peinture, et sur le jugement qu'on doit faire des tableaux, où par occasion il est parlé de la vie de Rubens, & de quelques-uns de ses plus beaux ouvrages*, Paris, Nicolas Langlois, 1677
- [22] E. Hermens, A. Wallert, em E. Hermens, A. Ouwerkerk, N. Costaras (Editores), *Looking through Paintings: The Study of Painting Techniques and Materials in Support of Art Historical Research (Leids Kunsthistorisch Jaarboek, XI)*, Baarn and London, 1998, p. 269-294
- [23] A. F. E. van Schendel, *Studies in Conservation* **17** (1972) 70

20 Convém recordar que o vermelho é um sulfureto de mercúrio sintético, de cor vermelha e estrutura hexagonal, que não se distingue estruturalmente do produto natural equivalente – o mineral cinábrio –, sendo costume representá-lo por α -HgS. Porém, o mesmo sulfureto pode apresentar-se também com estrutura cúbica, sendo então negro, designado por metacínábrio e representado por β -HgS.

21 Madeira da espécie *Maclura tinctoria* (L.) D. Don ex Steudel.

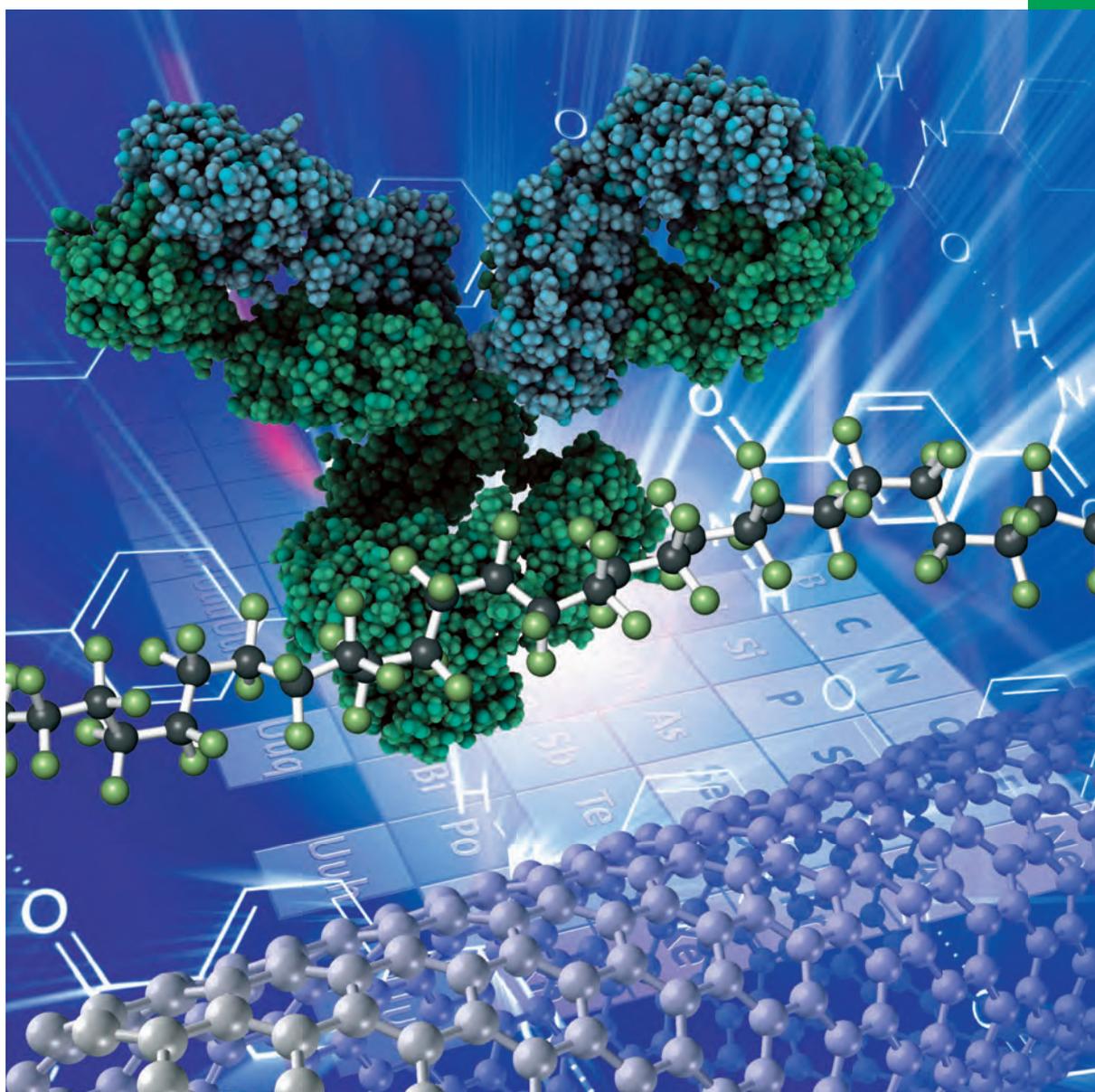


Chemistry **SELECT**



www.chemistryselect.org

A journal of



2016-01/01

REFLEXÕES DA LUZ E SOBRE A LUZ*

Jorge C.G. Calado**

Departamento de Engenharia Química
 Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa
 jcalado@tecnico.ulisboa.pt

Reflections On (Of) Light – *Taking as a starting point the scientific discoveries and inventions that led to 2015 being chosen as the International Year of Light and Light-Based Technologies, a walk in time through the multiple influences that light has had on the arts, namely on music (including opera), painting, literature, photography and architecture.*

Tomando como ponto de partida as descobertas e invenções científicas que levaram à proclamação de 2015 como o Ano Internacional da Luz e das Técnicas Baseadas na Luz, um passeio no tempo à volta da influência da luz nas artes, nomeadamente na música (ópera incluída), pintura, literatura, fotografia e arquitectura.

[Ouve-se o Coro a cantar "E o espírito de Deus movia-se sobre a superfície das águas e Deus disse: Haja luz! E a luz foi feita".]

Falar da luz é falar do princípio, do começo de todos os começos. Segundo o Génesis, a primeira coisa que Deus fez (depois dos Céus e da Terra), foi a luz. "Deus disse: 'Faça-se a luz'. E a luz foi feita. Deus viu que a luz era boa e separou a luz das trevas. Deus chamou dia à luz, e às trevas, noite. Assim surgiu a tarde e, em seguida, a manhã: foi o primeiro dia". Foi, aliás, o que acabaram de ouvir pela música de Joseph Haydn. Aquele acorde fortíssimo e esplendoroso em Dó Maior, entoado pelos *tutti* da orquestra e coro e que marca o nascimento da luz, levou o público ao rubro na primeira audição da obra-prima de Haydn a 29 de Abril de 1798. É uma luz com 217 anos, mas no final desta palestra ouviremos uma luz mais actual, mais de acordo com as nossas circunstâncias.

Luz e trevas; dia e noite; ser e não ser. Vem daqui a nossa obsessão por ver e julgar tudo a preto e branco, sem cinzentos intermédios. Charles Dickens deu o exemplo com o começo genial de "Um Conto em Duas Cidades" (1859): "Era o melhor dos tempos e era o pior dos tempos, era a idade da sabedoria e era a idade da loucura, era a época da fé e era a época da incredulidade, era a estação da LUZ e era a estação das trevas, era a Primavera da esperança e era o Inverno do desespero, tínhamos tudo à nossa frente e não tínhamos nada à nossa frente, íamos todos direitos ao céu e íamos todos para o outro lado – em suma, o período era tão semelhante aos tempos actuais que algumas das autoridades mais barulhentas insistiam que fosse considerado, para o bem e para o mal, apenas no mais superlativo grau de comparação".

* Conferência proferida nas cerimónias do encerramento do Ano Internacional da Luz (entretanto prolongado até 30 de Junho), "Haja Luz! Diálogos à Volta da Luz", no Auditório 2 da Fundação Calouste Gulbenkian, a 15 de Dezembro de 2015.

** Professor Emérito de Química-Física da Universidade de Lisboa-IST

A mais bela representação pictórica que conheço da separação da luz das trevas encontra-se na *Loggia* de Rafael, no Vaticano – uma encomenda do Papa Leão X no princípio do século XVI (Figura 1).



Figura 1 – Raffaello Sanzio, Deus a separar a luz das trevas, 1518/19

Uma das razões porque celebrámos em 2015 o Ano Internacional da Luz e das Técnicas Baseadas na Luz, está na descoberta (acidental) das micro-ondas cósmicas de fundo (CMB) há precisamente 50 anos, nos Bell Labs, por Arno Penzias e Robert Wilson, que lhes mereceu metade do Prémio Nobel de Física em 1978. (A outra metade foi para Pyotr Kapitsa pelas suas invenções e descobertas na física de baixas temperaturas.) O *big-bang* aconteceu há 13,8 biliões de anos. A CMB é o seu eco luminoso – a mais antiga luz que alguma vez poderemos ver, libertada uns meros 380 000 anos após o *big-bang*, quando o Universo se tornou suficientemente transparente para os fotões (as partículas de luz) poderem viajar livremente pelo espaço. (Note-se que nessa fase de evolução do Universo já havia átomos de hidrogénio.)

A Figura 2 mostra as flutuações de temperatura (a 2,725 K) correspondentes a regiões de densidades ligeiramente diferentes, que representam as sementes das futuras galá-

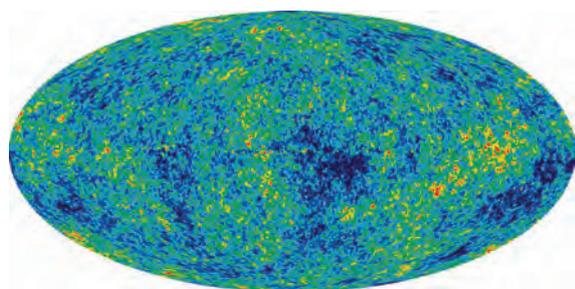


Figura 2 – Mapa actualizado da CMB, 2012

xias. É tão bela que já foi chamada o 'arrebol (afterglow) da Criação' ou mesmo a 'face de Deus'. Considero-a um equivalente moderno da representação de Rafael: uma imagem abstracto-expressionista dos anos 1960, como se Deus se entretivesse a salpicar o Universo com borrifos de luz, à maneira de Jackson Pollock.

A luz está em toda a parte. Lembram-se da adivinha "Do tamanho de uma abelha, enche a casa até à telha", nos tempos em que a chama de uma vela ou um fio de tungsténio incandescente iluminavam os lares? Para os Gregos, tudo era feito de terra, água, ar e fogo – os quatro elementos. Para a capa do meu primeiro livro escolhi uma fotografia (2013) do grande fotógrafo australiano, Phil Hart, que mostra exemplos de luz no ar do céu (estrelas e galáxias), na terra (o farol distante) e na água (a bioluminescência das algas monocelulares *Nocticula scintillans*). Só falta o fogo, roubado por Prometeu aos deuses para o oferecer à humanidade e começar a civilização (Figura 3).

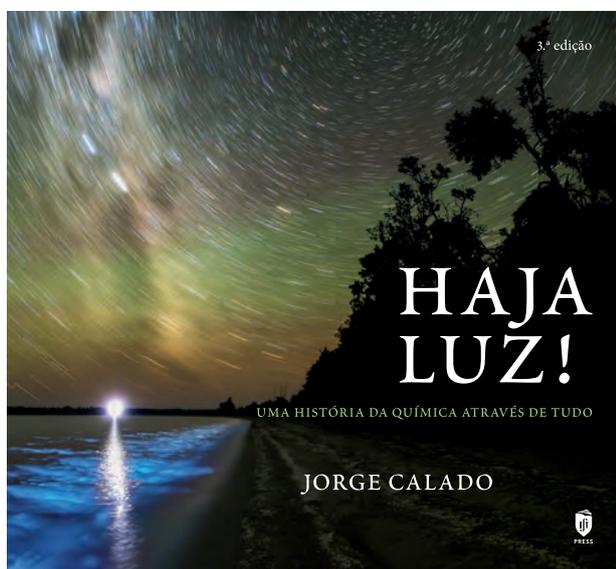


Figura 3 – Phil Hart, Capa da 3.ª edição de "Haja Luz!", 2015

A civilização significou a cozedura dos alimentos, o tratamento dos metais (metalurgia), o uso do vapor de água como fonte de energia e as transformações das formas de energia umas nas outras (da roda das noras à máquina a vapor), que nos deram a I Revolução Industrial e as que se seguiram. A luz comanda as revoluções científicas, técnicas e industriais. (Veja-se, por exemplo, o que aconteceu com os LEDs.) Só a química trouxe à baila três luzes: a do fósforo, a da combustão e a da faísca eléctrica. O povo sabe

o que diz quando chama à factura da electricidade a conta da luz! Há ainda uma quarta luz, a luz polarizada, que permitiu a Louis Pasteur mostrar que há substâncias esquerdas e direitas e que Deus era provavelmente canhoto.

A luz da combustão permitiu compreender a composição do ar e levou à descoberta do oxigénio; a electricidade permitiu a Humphry Davy isolar o potássio e o sódio. Quanto ao fósforo, descoberto em 1669, cabem-lhe as honras de ter sido o único novo elemento encontrado no corpo humano (por concentração da urina). A sua luz era considerada mágica, por ser fria. Seria a pedra filosofal? A alma? Diga-se já que, apesar do nome, não se trata de um caso de fosforescência mas sim de luminescência química: a luz do fósforo resulta de uma reacção química com o oxigénio do ar. Por razões óbvias, a luz fria da luminescência é muito mais eficiente do que a luz quente da incandescência.

Foi só no final do século XVIII que se percebeu que o fósforo era um nutriente essencial à vida. A agricultura moderna começa aqui, com a adição de adubos à base de fosfatos, PO_4^{3-} . A cereja em cima do bolo foi a descoberta de que os fosfatos formam com os açúcares a espinha lateral da estrutura do ADN (Figura 4).

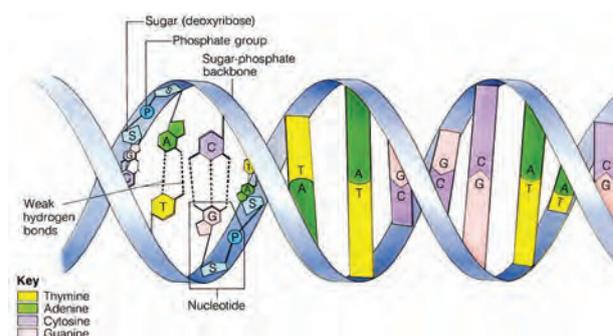


Figura 4 – Estrutura do ADN

A pedra filosofal é, afinal, o ADN que nos permite ser quem somos e o que somos (e talvez transmutar alguns átomos de metais em ouro ou, pelo menos, controlar o aquecimento global).

Foi o tratamento da luz (indirecta) que revolucionou a pintura dos séculos XVII e XVIII, com Michelangelo da Caravaggio, Georges de La Tour (luz da vela), Rembrandt e Joseph Wright of Derby. O impressionismo (século XIX) também deve muito às teorias da luz e côr (e também à invenção das tintas em bisnagas, fáceis de utilizar). Wright of Derby, o mais científico dos pintores do seu tempo, fez da luz um dos seus temas preferidos. Até representou um alquimista a descobrir o fósforo (Figura 5). Notar as três fontes luminosas da pintura: candeia, luar e fósforo!

Em termos modernos, o nosso conhecimento sobre a luz (e as cores) começou com a "Óptica" (1704) de Isaac Newton – o primeiro cientista globalmente admirado. A sua morte, em 1727, provocou uma generalizada onda de pesar e suscitou as mais diversas homenagens. Voltaire, que vivia em Londres, assistiu ao funeral de estadão e elogiou o fi-



Figura 5 – J. Wright of Derby, O Alquimista, à procura da pedra filosofal, descobre o fósforo e reza pelo êxito da conclusão dos seus trabalhos, como era costume entre os antigos astrólogos químicos, 1771

nado dizendo que Newton "não só tivera a felicidade singular de ter nascido num país de liberdades, mas também numa época em que todas as impertinências da escolástica tinham sido banidas deste mundo. Cultivava-se apenas a razão e só restava à humanidade tornar-se seu discípulo". Giambattista Pittoni, sucessor veneziano de outro João Baptista (Tiepolo) como presidente da Academia de Belas-Artes de Veneza, pintou uma notável alegoria – hoje no Museu Fitzwilliam, em Cambridge – que mostra Minerva e as chorosas Ciências a serem conduzidas à urna monumental que contém os restos mortais de Newton (Figura 6).

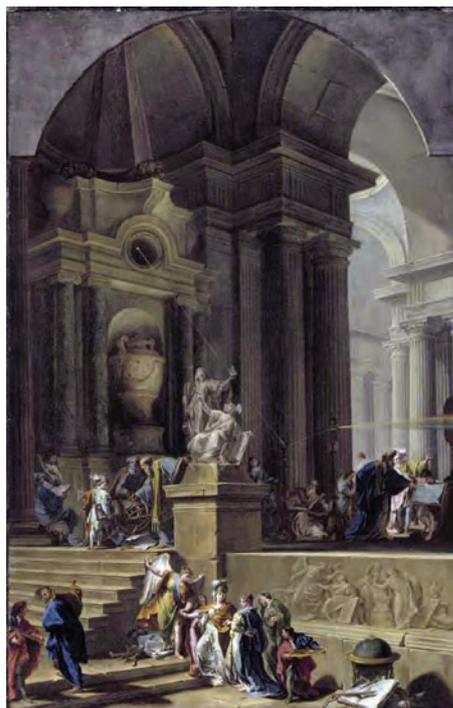


Figura 6 – Giambattista Pittoni, Monumento alegórico a Sir Isaac Newton, 1727

Como exemplo, lá está, na parte superior do quadro, a experiência da decomposição da luz através de um prisma que deu fama a Newton. (Pouco importa que o ângulo de refração esteja incorrecto; trata-se de uma liberdade pictórica.)

Ao invés do que acontecera com os "Principia" (1687), a "Óptica" de Newton foi um êxito popular (passou por várias edições, etc.), em boa parte porque estava escrita na língua vernácula, de modo claro, entendível por muitos. Houve quem pensasse que o prisma corrompia a luz, enfeitando-a com cores, mas as ideias de Newton acabaram por se impor. (Galileo passara por polémicas semelhantes com o telescópio.) O olho humano é obra de Deus, ao contrário dos instrumentos, que são obra do Homem. Não seria a última vez que as crenças religiosas interferiam no processo científico.

Foi na literatura, nomeadamente na poesia inglesa, que mais se fez sentir a óptica de Newton. No poema filosófico 'Universal Beauty' (1728), Henry Brooke refere-se à luz como "the spark, the lamp, the ray, Essence or effluence of Essential Day". Era o início da chamada "poesia científica". Alexander Pope usou três ou quatro vezes mais palavras relacionadas com a luz e a cor do que Shakespeare, e fê-lo dez vezes mais. (Shakespeare morreu antes do nascimento de Newton.) Deve-se-lhe, aliás, o mais belo epitáfio (1735) à morte de Newton:

"Nature, and Nature's Laws lay hid in Night.
God said, 'Let Newton be!' and all was *Light*."

Noutro poema (1744) dedicado à memória de Newton, James Thomson refere o arco-íris:

The last gleamings of refracted light
Died in fainting Violet away.

Um dos meus poetas de estimação, o escocês Thomas Campbell, interroga-se no seu poema "To the rainbow" (1820):

Can all that Optics teach, unfold
Thy form to please me so,
As when I dreamt of gems and gold
Hid in thy radiant bow?

Ao contrário de Christiaan Huygens, que julgava que um ponto de luz gerava uma onda esférica luminosa (em comunicação à Academia de Ciências de Paris em 1678), Newton defendia uma concepção corpuscular da luz. Ambos tinham razão, pois tudo depende da maneira como observamos as coisas. A observação, tal como a comunicação, faz-se através da luz. Sabemos que Augustin Fresnel publicou o primeiro artigo sobre a teoria ondulatória da luz em 1815 (e que em 1819 ganhou o *Grand Prix* da Academia de Ciências de Paris com a sua memória sobre a difracção) – e esta é mais uma razão para celebrarmos em 2015 o Ano Internacional da Luz. O que não devemos esquecer é que o fez na sequência dos trabalhos experimentais sobre a interferência das ondas luminosas de Thomas Young

(1800), o médico inglês que se formou em quatro universidades (Londres, Edimburgo, Göttingen e Cambridge) e se distinguiu pelos seus estudos sobre a visão e o mecanismo do olho, a parte mais exposta do cérebro.

A concepção corpuscular da luz também está certa, como sabemos pelo efeito fotoelétrico (explicado por Albert Einstein em 1905, e que lhe valeu o Prémio Nobel de Física em 1921): a capacidade de um feixe de luz arrancar electrões à superfície de um metal. Newton considerava as partículas de luz – a que hoje chamamos fotões – como pesadas, e achava que os raios de luz se afastariam da linearidade rectilínea (como acontece a qualquer projectil) não fora a extraordinariamente elevada velocidade da luz.

A confirmação experimental da acção da gravidade sobre a luz (parte da teoria da relatividade geral, publicada em 1915) foi obtida por Arthur Eddington em 1919 durante as observações de um eclipse solar total na ilha do Príncipe, então colónia portuguesa. O que é curioso é que Humphry Davy, num poema de 1815 (outra coincidência!), 'The Massy Pillars of the Earth', parece ter adivinhado essa curvatura dos raios luminosos de estrelas distantes causada pela atracção gravítica do Sol:

Nothing is lost; the ethereal fire,
Which from the farthest star descends,
Through the immensity of space
Its course by worlds attracted bends
To reach the earth;

Noto ecos destes raios luminosos encurvados no quadro do futurista Giacomo Balla, pintado em 1914, sobre o Trânsito de Mercúrio (Figura 7).



Figura 7 – Giacomo Balla, Mercúrio a passar em frente do Sol, 1914

O mesmo Balla que celebrou a lâmpada de arco na "Luz da Rua" (1909) e que evocou as figuras de interferência ondulatória nas suas ágeis pinturas de trajectórias rápidas e seqüências dinâmicas de 1913.

A dualidade luminosa onda-corpúsculo também atravessa a prosa literária. Há uma lindíssima descrição da luz quase no final do romance de William Faulkner, "O Som e a Fúria" (1929), quando o escritor se refere à luz da madrugada a iluminar o rosto de Dilsey Gibson, a velha serva preta: "O dia nasceu sombrio e gelado, como um **lençol** de luz parda vinda do nordeste que em vez de se dissolver em humidade parecia desintegrar-se em **partículas** minúsculas e pestilentas, de tal modo que quando Dilsey abriu a porta da cabana essa poalha espicaçou-lhe **lateralmente** a pele, precipitando-se não como orvalho mas como uma substância fina, uma espécie de óleo em vias de congelar". (Os destaques a **negro** são meus.) As partículas minúsculas podem bem ser os fotões; o lençol (*wall*, no original) aponta para o carácter contínuo e ondulatório da luz (que vibra segundo planos perpendiculares – laterais? – à direcção de propagação). A cena pode ser americana e sulista, mas lembra-me a luz nórdica e difusa das pinturas de Vilhelm Hammershoi: a luz difundida pelas poeiras, a luz do silêncio e da solidão (Figura 8).



Figura 8 – Vilhelm Hammershoi, Interior em Strandgade com a luz do sol batendo no soalho, 1901

Faulkner viria a receber o Prémio Nobel de Literatura em 1950, no início da Guerra Fria. Naturalmente uma parte do seu discurso Nobel tem a ver com a ameaça nuclear: "Há apenas uma questão: quando é que eu serei aniquilado? É por causa disto que hoje os escritores se esqueceram dos problemas do coração humano em conflito consigo próprio. São estes e apenas estes os problemas que podem gerar boa literatura. Só vale a pena escrever sobre isso, só isso merece a nossa agonia e suor. Temos novamente de os reaprender. Temos de nos vencer que a coisa mais vil e ordinária é o medo, para depois o esquecer para sempre, preservando apenas na nossa bancada de trabalho as velhas verdades do coração, as velhas verdades universais sem as quais qualquer história é efémera e está condenada – amor e honra, piedade e orgulho, compaixão e sacrifício".

A arte moderna é luz vista – isto é, refractada e difundida – através de uma estrutura, escreveu o escritor e crítico Robert Hughes. A estrutura tanto pode ser o prisma de Newton como a grelha de uma janela (como na pintura de

Hammershoi), a Torre Eiffel, a Torre da Rádio em Berlim, a Ponte de Brooklyn ou qualquer outra construção imaginária como o projecto de monumento à Terceira Internacional, de Vladimir Tatlin. É uma coincidência feliz termos actualmente no Centro de Arte Moderna a exposição "O Círculo Delaunay" com todas as cores do arco-íris.

É tempo de voltar ao princípio desta palestra, quando ouvimos a luz com Haydn. Som e luz são complementares. O primeiro é uma onda mecânica propagando-se através da matéria; a segunda, imaterial (mas pesada), é uma onda electromagnética. O som atinge-nos no corpo; a luz alimenta o espírito. Como nos ensinou Baudelaire num dos seus poemas de "As Flores do Mal" (1857), há correspondências entre os perfumes, as cores e os sons. Numa orquestra, são os timbres e as alturas das notas que emprestam as cores à música (e a cor é apenas uma propriedade da luz). Os sombreados das madeiras contrastam com o resplendor vivo dos metais; os agudos brilham e os graves são escuros. Não conheço tradução musical mais empolgante da luz do que aquela que é cantada por Vaudémont na última ópera de Tchaikovsky, "Iolanta" (1892) – a história de uma princesa cega, criada na ignorância de que os olhos servem para algo mais do que chorar. Para ser curada pelo médico mouro Ibn-Hakia, Iolanta tem de *querer* ver (algo que não sabe o que é), e quer ver para que o seu amante Vaudémont não seja condenado. Tal como Tristão e Isolde, Iolanta e Vaudémont conhecem-se na escuridão, mas ao contrário da ópera de Wagner, a ópera de Tchaikovsky tem um final feliz.

No "Othello" (1604), Shakespeare já nos mostrara que a luz é sinónimo de vida. Ao entrar no quarto de Desdemona na II cena do último acto, Othello murmura duas vezes a palavra *luz* antes de a sufocar: "No entanto ela tem de morrer, de outro modo atraí-ria mais homens. Apaga a luz, e depois apaga a luz". A primeira refere-se ao apagar da vela que ilumina a câmara, a segunda, à morte da esposa. Quando, no III acto, Tristan ouve finalmente a voz de Isolde, julga ouvir a Luz ('O quê, é a luz que estou a ouvir?') e a luz significa que ambos podem morrer. (A ópera termina com o *Liebestod* de Isolde.)

Para Tchaikovsky, a luz representava a vida (ou assim ele gostaria de pensar). Iolanta pergunta a Vaudémont 'O que é *ver*?', e este responde 'É conhecer a luz de Deus'; 'Bom cavaleiro, então o que é a luz?' Num arroubo de grande êxtase lírico, Vaudémont responde que a luz é

"O primeiro e maravilhoso fruto da Criação, a primeira dádiva do Senhor ao mundo, a glória de Deus tornada manifesta, a mais bela pérola da sua coroa! O Sol, o céu e as estrelas brilhantes encham o mundo, o nosso lar terreno, toda a Natureza e a criação com uma beleza indizível! Quem não conhecer o júbilo da luz não pode pois amar o mundo de Deus, agora pintado de preto, nem honrá-lo na escuridão, como fazia com a luz! Com a Sua luz, eu, alma imerecedora, vi-te, oh bela donzela, oh casta e fina figura de feições doces e expressão cativante; sim, a luz é o primeiro fruto da Criação, a melhor dádiva do Senhor ao mundo".

Gostava de acrescentar que J. M. W. Turner, outro grande pintor da luz, sabia isto: as suas últimas palavras, quando morreu em 1851, foram: "O Sol é Deus!".

Hoje sabemos que matéria é energia e luz é energia. Mais do que a matéria, a luz está em toda a parte. É omnipresente, como Deus, mesmo quando não a vemos (mas ela vê-nos). Um bom exemplo são as fotografias comprometedoras de Weegee, O Famoso, tiradas em cinemas usando *flash* de luz infra-vermelha e filme sensível aos raios infra-vermelhos. A luz é vida e amor (mesmo que este seja conduzido na escuridão). Quanto à estética da fotografia de Weegee, ela é a mesma do expressionismo alemão dos anos 1930 e do *film noir* americano dos anos 1940 e 50. O que o cinema fez – e Einstein percebeu isso – foi incorporar o tempo no espaço. E se me permitem contar uma história, lembro o encontro entusiasticamente aplaudido de Einstein com Charlie Chaplin, em Hollywood, nos anos 1930. Einstein estranhou o rebuliço e a excitação, mas Chaplin explicou-lhe: "Estão a aclamar-nos a ambos: a si porque ninguém o compreende, e a mim porque toda a gente me entende".

A fotografia analógica, com negativo e positivo, foi inventada por W. H. Fox Talbot que soube, melhor do que ninguém, aprisionar a luz. Entre 1844-46 publicou "O Lápis da Natureza", o primeiro livro comercial ilustrado com fotografias originais (Figura 9).

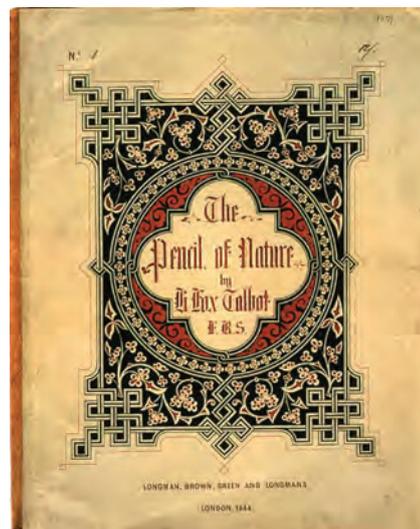


Figura 9 – W. H. Fox Talbot, O Lápis da Natureza, 1844-46

A luz é, realmente, o lápis, o pincel, a espátula da Natureza.

E se há artista que hoje, melhor que ninguém, trabalha a luz é o californiano James Turrell (n. 1943). Para ele, "a luz é um elixir assombroso", o que remete para a alquimia. E continua: "é parte da nossa vida quotidiana. É literalmente um alimento. Consumimo-la como vitamina D através da pele. Controla a quantidade de serotonina no nosso cérebro. E a luz – e especialmente a cor, que é luz separada – pode desencadear uma resposta emocional muito intensa". Ao contrário do que acontece com as tintas, com a luz, quanto mais cores se misturam mais nos aproximamos do branco – a lição de Newton. Coincidindo com o Ano Internacional da Luz, Turrell teve uma exposição, "Lightscape"

em Houghton Hall – talvez o mais belo edifício paladiano de Inglaterra – no condado de Norfolk, no Verão de 2015.

Segundo as suas palavras: "Não quero que [as minhas obras] sejam sobre a luz. Quero a própria luz. Quero invocar a qualidade sensual do olhar". Há uma revolução técnica em curso no que respeita ao uso da luz (e não me refiro apenas aos LEDs azuis que deram o Prémio Nobel de Física em 2014 a Isamu Akasaki, Hiroshi Amano e Shuji Nakamura). A iluminação das nossas casas, a definição dos espaços arquitectónicos passará a ser feita em termos muito agradáveis e higiénicos de toalhas de luz (Figura 10).

Prometi, quando comecei esta palestra, dar-vos a ouvir uma luz mais contemporânea que as de Haydn ou de Tchaikovsky. A minha escolha recaiu sobre a monumental "Licht" ou "Luz – Os Sete Dias da Semana", de Karlheinz Stockhausen: uma ópera em sete jornadas que é uma "espiral eterna" de 29 horas de música girando à volta da visão de Miguel, o amor de Eva e as habilidades de Lúcifer. Vamos ouvir duas peças curtas da 1.ª cena (Festival) do

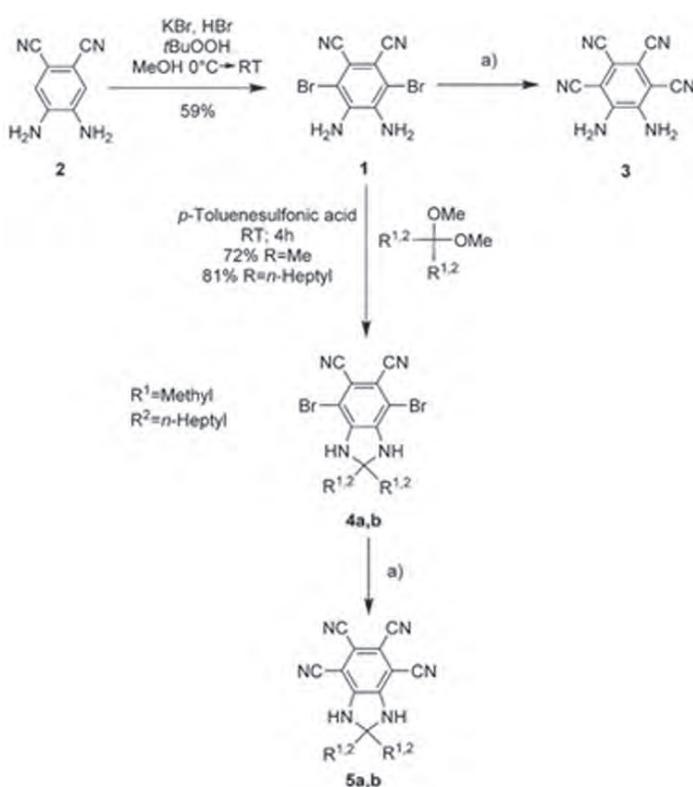
III acto de "Donnerstag aus Licht" (Quinta-Feira de Luz): 'O arco de luz maravilhoso' e 'O caos das cores'. Sei que esta música é considerada difícil, mas o espírito científico ilumina as mentes. Talvez se deliciem com as ricas harmonias e as melodias fugazes de "Licht". A CIÊNCIA É LUZ e quem não sabe ciência navega na escuridão.



Figura 10 – James Turrell, Luz Respirante, 2013

ACTUALIDADES CIENTÍFICAS

PODE SER PEQUENA MAS TEM GRANDE MOMENTO DIPOLAR



Uma equipa de investigadores na Alemanha e na Grécia sintetizou um benzeno hexa-substituído que tem o maior momento dipolarreportado até hoje numa molécula neutra.

Vários investigadores têm tentado criar compostos neutros altamente polares, nomeadamente através da síntese de benzenos substituídos com grupos aceitadores e doadores de electrões em posições opostas do anel. No entanto, a síntese de benzenos multi-substituídos, altamente impedidos estereoquimicamente, não é fácil e as tradicionais reacções de substituição electrofílica frequentemente falham nesse objectivo. Recentemente, a equipa de investigadores referida usou um método não usual, mas eficaz, de síntese de derivados de 5-6-diaminobenzene-1,2,3,4-tetracarbonitrilo através de bromação oxidativa e cianação catalisada por paládio. As moléculas obtidas mostraram possuir valores de momentos dipolares superiores a 10 Debye, comparáveis a compostos iónicos.

Os investigadores esperam que os novos compostos possam ter aplicações em sistemas fotovoltaicos e em optoelectrónica.

(adaptado de "A smallmolecule'sbigmoment, <http://www.rsc.org/chemistryworld/2016/02/benzene-dipole-moment> e de J. Wudarczyk, G. Papamokos, V. Margaritis, D. Schollmeyer, F. Hinkel, M. Baumgarten, G. Floudas, K.Müllen, *Angew. Chem., Int. Ed.*, 55 (2016) 3220-3223. DOI: 10.1002/anie.201508249)

Paulo Mendes
(pjgm@uevora.pt)

LUZ, CIÊNCIA E ARTE OU TRÊS SANTOS EM (MAIS DE) QUATRO ACTOS*

João Paulo André

Departamento/Centro de Química, Universidade do Minho - Braga
jandre@quimica.uminho.pt

Light, Science and Art or Three Saints in (more than) Four Acts – *Light, science and art – the history of the first is the history of the others; all intersect, mutually reinforcing, giving new meanings and settings to the act of creation, in itself luminous. In a long journey – divided into four acts: Representations, Fixations, Sublimations and Interiorizations – that will go from the watery reflections of Narcissus to Instagram and cancer diagnostic technologies, almost inevitably we will stop at the portrait of Gertrude Stein painted by Picasso.*

LUZ, ciência e arte – a história da primeira é a história das outras; todas se cruzam, potenciando-se mutuamente, dando novos sentidos e configurações ao acto da criação, já por si luminoso. Numa longa viagem temporal – dividida em quatro actos: Representações, Fixações, Sublimações e Interpretações –, que irá dos reflexos aquosos de Narciso ao *Instagram* e às tecnologias de diagnóstico do cancro, passar-se-á, de forma quase inevitável, pelo retrato de Gertrude Stein pintado por Picasso.

INTRODUÇÃO

Começamos por onde muita coisa começa (segundo alguns, o próprio universo): pela luz! Esta pode ser visível, invisível, reflectida, refractada, filtrada, polarizada, armazenada, deflectida, convertida em electricidade, pode induzir reacções químicas, ... Nuns casos revela comportamento ondulatório, noutros, corpuscular. Das ondas de rádio (10^4 Hz), de baixa energia, aos altamente energéticos raios gama (10^{20} Hz), há todo um intervalo de frequências que constituem o espectro electromagnético, do qual a luz visível é apenas uma estreita janela ($4,3 \times 10^{14}$ - $7,5 \times 10^{14}$ Hz).

Seria Isaac Newton, na sua obra *Opticks* (1704), que mais contribuiria para a disseminação da ideia da essência corpuscular da luz, a qual, oriunda da Antiguidade, tinha sido retomada poucas décadas antes pelo francês Pierre Gassendi, que a divulgou em *Syntagma Philosophicum* (obra publicada postumamente em 1658), em sintonia com a sua concepção atomista do universo. Devido a Newton, a interpretação corpuscular da luz dominou ao longo de mais de cem anos, apesar de, não muito antes, o holandês Christiaan Huygens, no seu *Traité de la lumière* (1690), lhe ter atribuído uma natureza ondulatória, por analogia com o som.

O ponto de viragem definitivo deu-se nos primeiros anos do século XIX, com Thomas Young e, logo de seguida, com Augustin-Jean Fresnel, ao fazerem passar luz por fendas duplas: os padrões de interferência encontrados só eram explicáveis se à luz fossem atribuídas propriedades ondulatórias. O epílogo viria em 1864, quando James Clerk Maxwell, no artigo *A dynamical theory of the electromagne-*

tic field, explicou a luz em termos de propagação de ondas electromagnéticas. Em 1873, o físico e matemático escocês desenvolveu quatro equações que descrevem a natureza ondulatória da luz, as quais, em 1887, Heinrich Hertz iria verificar experimentalmente.

O século, porém, não findaria sem antes, em 1900, Max Planck ter apresentado a lei da radiação electromagnética emitida por um corpo negro, abrindo assim o caminho para a teoria quântica. Cinco anos depois, Albert Einstein, no seguimento do estudo do efeito fotoelétrico, proporia o conceito de *quanta* de energia. Com os resultados obtidos da observação de um eclipse total do sol em 1919, presenciado na Ilha do Príncipe, em São Tomé, Arthur Eddington viria a confirmar experimentalmente uma propriedade da luz que Einstein previra em 1915, na sua Teoria Geral da Relatividade: ela é deflectida por acção da gravidade.

Nesta introdução valerá também a pena uma breve alusão ao título “Luz, Ciência e Arte ou Três Santos em (mais de) Quatro Actos”, o qual poderá de imediato sugerir as muitas relações existentes entre a luz e o divino, sobretudo as que são expressas, de forma inequívoca, através da arte (Figura 1).



Figura 1 – Esquerda: *Três divindades de Palmira* (século I) - o deus lunar Aglibol, o deus supremo Beelshaman e o deus sol Malakbel (da esquerda para a direita), provenientes de Bir Wereb, Síria - Museu do Louvre (Paris). Centro: *Conversão na estrada para Damasco* (1601); Caravaggio - Santa Maria del Popolo, Roma. *Custódia do Sacramento* (séc. XVIII) - Museu Nacional Machado de Castro (Coimbra)

* Artigo baseado na palestra com o mesmo título proferida nas cerimónias do encerramento do Ano Internacional da Luz, "Haja Luz! Diálogos à Volta da Luz", no Auditório 2 da Fundação Calouste Gulbenkian, a 15 de Dezembro de 2015.

Ao longo da História, porém, as relações entre a Ciência (que explica a luz) e o divino (que explica tudo) não têm sido muito pacíficas. Existem, obviamente, peritos nessa matéria, mas como não me posso incluir em tal categoria, não será, por conseguinte, essa a linha condutora que presidirá à apresentação dos quatro actos que se seguem.

I ACTO - REPRESENTAÇÕES

A reflexão num espelho de águas calmas terá dado ao Homem a possibilidade de *se poder ver a si mesmo*, isto é, de ter uma percepção visual do seu *eu* (Figura 2 – esquerda). Daí até surgir o Cubismo, e Pablo Picasso ter retratado uma jovem *a ver-se ao espelho* (Figura 2 – direita), seria um longo e pouco linear caminho.

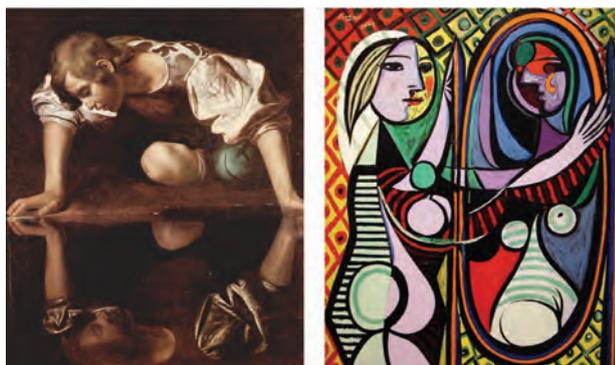


Figura 2 – Esquerda: *Narciso* (1594-1596), Caravaggio - Galleria Nazionale d'Arte Antica (Roma). Direita: *Rapariga de frente do espelho* (1932), Pablo Picasso - MoMA (Nova Iorque)

Após a constatação da imagem do próprio reflectida na água, que terá gerado a *fraqueza* pela visualização do *eu*, surgiram os espelhos obtidos a partir de materiais sólidos, tendo os primeiros sido de obsidiana (vidro vulcânico), há cerca de oito milénios, na Anatólia. Entretanto, descobertos os metais, por si de natureza reflectora, os espelhos passaram a ser produzidos a partir destes, de que se conhecem hoje exemplares em cobre com 6000 anos, provenientes da região da Mesopotâmia (no actual Iraque). Terão sido os romanos a criar os primeiros espelhos de vidro cobertos por uma fina camada metálica. Na Idade Média, a partir do momento em que se passou a dominar a arte de soprar o vidro, foi possível criar espelhos convexos: as bolhas de vidro, ainda quentes, eram preenchidas com metal fundido (chumbo, estanho, antimónio) e, depois, cortadas em calottes. O célebre retrato do casal Arnolfini, da autoria de Jan van Eyck, mostra um desses espelhos na parede, ao fundo da sala (Figura 3).

Os espelhos modernos só surgiram no século XVI, em Veneza, baseando-se o seu processo de manufatura na amalgamação com mercúrio de finas folhas de prata colocadas sobre vidro. Este procedimento manter-se-ia até finais do século XIX, altura em que os espelhos passaram a ser produzidos pelo método desenvolvido e patenteado pelo químico alemão Justus von Liebig, com base na redução de sais de prata por aldeídos. Actualmente os espelhos são obtidos por condensação de vapor de alumínio sobre vidro.



Figura 3 – Retrato do casal Arnolfini (1434), Jan van Eyck – National Gallery (Londres)

Poder-se-ia dizer que os espelhos encerram alguma *perversidade*, porque não nos dão exactamente a nossa própria imagem mas, antes, o seu simétrico. Felizmente que, na sua suprema perfeição, a Natureza é imperfeita, o que só a torna ainda mais bela (Figura 4).

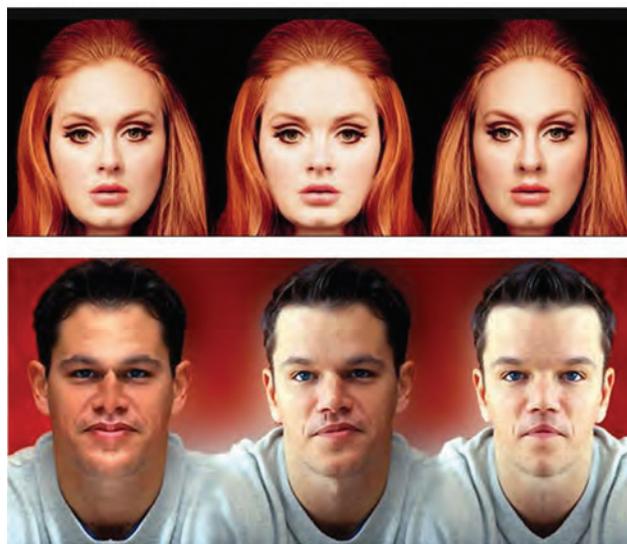


Figura 4 – Em cima: a cantora Adele (foto da esquerda). Em baixo: o actor Matt Damon (foto do meio)

O escritor inglês Lewis Carroll não foi, decerto, alheio às assimetrias do mundo, e, por isso, em *Alice do Outro Lado do Espelho* (1871), coloca a pequena Alice a perguntar-se se do lado de lá do espelho também haverá leite para o seu gatinho Kitty e se este será bom para beber. O autor, talvez sem o ter imaginado propriamente dessa forma, ou então, tendo já lido os trabalhos de Louis Pasteur, que em 1848 distinguira duas formas nos cristais do ácido tartárico – uma a imagem ao espelho da outra –, estava a remeter-nos para aquilo que em química se designa por quirali-

dade. Quando a *imagem* de uma molécula no espelho não se sobrepõe à própria molécula, diz-se que é quiral e que as duas formas moleculares, a molécula e a sua imagem, constituem um par de enantiómeros.

Veja-se o caso do açúcar do leite, a lactose. A molécula da lactose e a sua imagem ao espelho não se sobrepõem, pelo que constituem um par de enantiómeros (Figura 5). Respondendo agora à interrogação de Alice sobre a qualidade do leite existente do outro lado do espelho, poder-se-ia dizer que, no que toca à lactose, a molécula correspondente à sua imagem ao espelho eventualmente não seria nociva, mas deveria ter um sabor diferente.

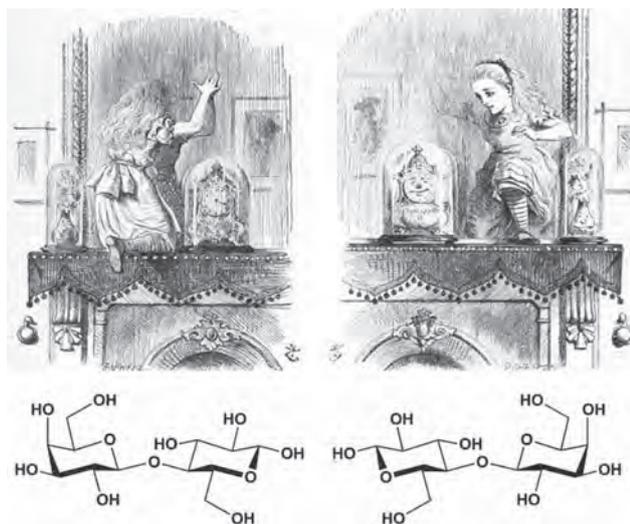


Figura 5 – Gravura de *Alice do Outro Lado do Espelho* (1871) e estrutura molecular da lactose e da sua imagem no espelho

Acresce referir – porque a luz é o tema central desta comunicação – que quando temos um par de enantiómeros, uma das formas enantioméricas roda a luz plano-polarizada por um dado ângulo e a outra forma roda-a exactamente pelo mesmo ângulo, só que em sentido oposto.

II ACTO - FIXAÇÕES

O inglês Thomas Wedgwood é universalmente considerado o pioneiro da fotografia, o que se ficou a dever às experiências que realizou, mal o século XIX tinha dado os primeiros passos, usando nitrato de prata como material fotossensível para captar silhuetas de objectos planos, tais como folhas de árvores ou rendas, sobre vários materiais (papel, couro...). Este processo haveria de ficar conhecido como ‘desenho fotogénico’ (Figura 6 – esquerda). O gran-



Figura 6 – Esquerda: *Folha* (c. 1800), Thomas Wedgwood. Centro: *Vista da janela em Le Gras* (1826), considerada a imagem *fotográfica* mais antiga de uma cena do mundo real, Nicéphore Niépce. Direita: janela em Lacock Abbey (1835), William Talbot

de problema que Wedgwood haveria de encontrar era o da conservação das imagens na presença da luz (!).

A chega seguinte para o desenvolvimento da fotografia veio do francês Joseph Nicéphore Niépce, com as suas captações de imagens sobre placas metálicas ou de vidro cobertas de betume-da-Judeia, recorrendo à *camera obscura* (dispositivo óptico conhecido desde o século VI a.C. e que foi bastante utilizada pelos pintores do Renascimento – Figura 7, à esquerda). Por acção da luz, o betume-da-Judeia, um material resinoso, endurecia e, conseqüentemente, a sua solubilidade diminuía. Assim, as zonas da placa mais afectadas pela luz tornavam-se mais difíceis de remover por acção de solventes. O baixo-relevo que se obtinha era coberto de tinta, permitindo, conseqüentemente, a impressão de múltiplas imagens em papel, os chamados ‘heliogramas’ (Figura 6 – centro).



Figura 7 – Da esquerda para a direita: *Camera obscura*; câmara Eastman (1888); filme Kodachrome e foto que foi capa da revista *National Geographic* em Junho de 1985

Outro contributo da maior importância para a génese da fotografia veio novamente de um inglês, William Henry Fox Talbot, cuja imagem de uma janela, datada de 1835, é hoje considerada o *positivo* – de um *negativo* – mais antigo que se conhece (Figura 6 – direita). O nitrato de prata ou o cloreto de prata sobre papel forneciam a Talbot um negativo, que era revelado com ácido gálico e fixado por lavagem com solução saturada de cloreto de sódio em ebulição, que removia grande parte do sal de prata que não tivesse sido fotossensibilizado. Fotografando de novo esse negativo, e repetindo o processo, obtinha-se um positivo a que se passou a chamar ‘calótipo’ ou ‘talbótipo’.

Nesta corrida entre ingleses e franceses para a invenção da fotografia, os louros oficiais acabaram por ir para França, graças aos desenvolvimentos cruciais de Louis Daguerre, que usava placas metálicas cobertas por iodeto de prata, as quais forneciam um negativo cuja grande limitação era ser único. Nesta técnica, as zonas menos afectadas pela luz ficavam mais claras e as restantes escureciam devido à formação, por foto-redução, de prata metálica finamente dividida. A razão de se obter um único positivo tinha a ver com o facto de este ser o resultado a exposição do negativo a vapores quentes de mercúrio, formando uma amálgama branca com a prata. A fixação final da imagem era conseguida removendo o iodeto de prata restante através de lavagens sucessivas com soluções quentes de cloreto de sódio. As imagens obtidas ficaram conhecidas como ‘daguerreótipos’ (Figura 8). A 7 de Janeiro de 1839 este processo de captação de imagens era comunicado à Academia de Ciências, marcando, assim, o nascimento oficial da fotografia.



Figura 8 - *Boulevard du Temple* (1838); Louis Daguerre. Este daguerreótipo, que teve um tempo de exposição de mais de dez minutos – o que explica o tráfego não ter ficado registado - mostra o que poderá ter sido o primeiro ser humano captado numa fotografia

Pouco depois, em 1842, quando, bem cedo, já se procurava obter imagens fotográficas com as cores da natureza, Sir John Herschel descobriu que aplicando sobre uma folha de papel uma mistura em partes iguais de soluções de hexacianoferrato(III) de potássio e de citrato de amónio e ferro(III), e expondo-a à luz solar, obtinha belas imagens de tons azuis. Com efeito, a luz azul e do ultra-violeta próximo induzem a redução de Fe^{III} a Fe^{II} , sendo o citrato oxidado a ácido beta-cetoglutarico. O resultado final é a formação de azul-da-prússia, $\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3$, que é insolúvel. Quem tirou de imediato partido da nova técnica foi a botânica Anna Atkins, usando-a para a captação das imagens que ilustraram o seu livro/álbum *Photographs of British Algae: Cyanotype Impressions* (1843) – Figura 9.



Figura 9 – Cianótipo (1843) de uma espécie botânica; Anna Atkins

Desde os primeiros instantes da sua génese, a fotografia afigurou-se como uma técnica de obtenção de imagens realistas, permitindo quer a representação do *eu* e da natureza, quer a *prisão do tempo*, todos eles aspectos bem caros ao Homem da época, que, saído do Romantismo, apreciava o íntimo, o privado, e a nostalgia; o indivíduo *público* que brotara do Iluminismo pertencia definitivamente ao passado.

Nas artes, o Realismo e o Naturalismo começavam a dar os primeiros passos (Honoré de Balzac na literatura, Gustave Courbet na pintura). Nas ciências, por sua vez, impunha-se o Positivismo de Auguste Comte (entre 1832 e 1840 fo-

ram publicados os seus *Cours de Philosophie Positive*). E, justamente no ano do nascimento oficial da fotografia, em 1839, Charles Darwin publicava *The Voyage of the Beagle*, o relato da expedição científica a bordo do navio *HMS Beagle*.

Apesar dos grandes avanços científicos da época, imperava a cultura da nostalgia, tão cara à sociedade vitoriana. O gosto pelo gótico, pela arqueologia e pelas antigas civilizações comandava. A fotografia, enquanto *aprisionadora do tempo*, vinha alimentar essa inclinação para o reviver o passado. O próprio William Talbot, a par do estudo da botânica (os seus extensos ‘desenhos fotogénicos’ de plantas acabariam por figurar no livro publicado em 1844 com o título de *The Pencil of Nature*), da química, da óptica e da matemática, interessou-se também pelo orientalismo e pela decifração da escrita cuneiforme e hieroglífica, tendo para o efeito contado com a colaboração do fotógrafo Roger Fenton (figura 10).



Figura 10 – Calótipo de escrita cuneiforme em argila, Roger Fenton (c. 1854)

Em 1848 teve início a Febre do Ouro da Califórnia, que, oficialmente, duraria até 1855. Tornou-se então habitual os mineiros tirarem daguerreótipos, que enviavam à família e aos amigos, que, por seu turno, faziam o mesmo. Era a fotografia a cumprir o seu papel de reparador da ausência (o Skype de então!). A procura foi tal que em 1850 já havia cerca de 10000 daguerreotipistas nos EUA.

Perto do final do século haveria de ser inventado o cinema, tendo o primeiro visionamento público de um filme – *La Sortie de l'usine Lumière à Lyon* (Figura 11) – ocorrido a 28 de Dezembro de 1895, precisamente no mesmo dia em que Wilhelm Röntgen submeteu ao *Physikalisch-Medizinische Gesellschaft* o artigo “Sobre um novo tipo de radiação: uma comunicação preliminar”. Tratava-se do anúncio da descoberta dos raios X.

O primeiro método que permitiu obter imagens fotográficas a cores foi desenvolvido logo em 1855, tendo sido seu autor o genial físico escocês James Clerk Maxwell. Para o efeito, era necessário fotografar o objecto, separadamente, através de um filtro vermelho, de um verde e de outro azul.



Figura 11 – *La Sortie de l'usine Lumière à Lyon*, dos irmãos Lumière

Ao projectar as imagens obtidas, umas sobre as outras, a partir de três fontes de luz – cada uma com um filtro da cor respectiva –, obtinha-se uma imagem que reproduzia com bastante fidelidade as cores do objecto original (Figura 12).



Figura 12 – *Fita colorida* (1861): primeira fotografia colorida, obtida pelo 'método das três cores' desenvolvido por James Clerk Maxwell em 1855

Outro método pioneiro de reprodução de cores fotograficamente foi o do físico franco-luxemburguês Gabriel Lippmann, baseado no fenómeno da interferência da luz, o qual lhe valeria o Prémio Nobel de Física em 1908 (Figura 13).



Figura 13 – *Natureza Morta* (1891-99); Gabriel Lippmann

Em 1888, o norte-americano George Eastman, fundador da Eastman Kodak Company, com a câmara lançada no mercado e o slogan “*You press the button, we do the rest*”, iria contribuir de forma irreversível para a popularização da fotografia (Figura 7 – segunda a contar da esquerda). Até então, fazer fotografia era um processo caro e complicado, que requeria que os seus executantes não só fossem abastados como também tivessem a possibilidade de revelar os negativos obtidos e de gerar os respectivos positivos.

A disponibilização comercial do filme Kodachrome, em 1935, com o qual seriam obtidas algumas das fotos mais célebres do século (Figura 7 – direita), constituiu um *highlight* da história da fotografia, e um enorme sucesso comercial para a Eastman Kodak. Esta película seria produzida até 2009. Outro momento importante da história da captação de imagens foi quando, em 1942, o norte-americano Edwin H. Land criou a primeira câmara instantânea (Polaroid), a qual, porém, só foi lançada no mercado em 1948.

Contudo, o ano que iria marcar o início da mudança de paradigma da fotografia foi 1969, ao ser inventado, na Bell Labs, o sensor CCD (*charge-coupled device*), um circuito semicondutor para imagem que iria abrir as portas à era da fotografia digital (Figura 14 – esquerda). Foram seus criadores os físicos Willard S. Boyle, canadiano, e George E. Smith, norte-americano, que, por esse feito, receberam o Prémio Nobel de Física em 2009.

Na nova senda de captação de imagens, o físico britânico Michael F. Tompsett concebeu em 1972 a primeira vídeo-câmara digital, baseada no CCD, destinada a telefones com imagem. Na Figura 14 (segunda a contar da esquerda), naquela que costuma ser considerada a primeira imagem digital obtida, pode ver-se o rosto da sua mulher.



Figura 14 – Da esquerda para a direita: CCD (*charge-coupled device*), desenvolvido em 1969 na Bell Labs (EUA); imagem captada com a vídeo-câmara digital de Michael F. Tompsett (1972); primeira câmara fotográfica digital, inventada por Steven J. Sasson em 1975 (pesava 3,6 kg e tinha 0,01 megapixels); logotipo do *Instagram*

Três anos depois, ao serviço da Eastman Kodak, o norte-americano Steven J. Sasson criou a primeira câmara fotográfica digital (Figura 14 – segunda a contar da direita). A empresa achou, no entanto, que “*digital photography is an expensive way of making bad images*”, o que poderá – agora – ajudar a compreender porque é que o outrora gigante mundial da fotografia é hoje um anão, tendo mesmo estado, em anos bem recentes, a milímetros de fechar as portas.

As primeiras câmaras digitais comerciais apareceriam só na década de noventa: a Dycam Model 1, tornada disponível a partir de 1991, e a Apple QuickTake, a partir de 1994. Em 2000 foi posto à venda o primeiro telemóvel com câmara, o Sharp J-SH04 (tinha 110000 pixels CMOS e 256 cores).

Por sua vez, em Outubro de 2010 foi lançada o *Instagram*, uma rede social de partilha de fotos e de vídeos que dois meses depois registava já um milhão de aderentes (números de Janeiro de 2016: 400 milhões).

III ACTO - SUBLIMAÇÕES

A quase simultaneidade das descobertas dos raios X, em 1895, e da radioactividade, em 1898, seguidas da publica-

ção de *A Interpretação dos sonhos* de Sigmund Freud, em 1899, não poderá ser encarada como mera coincidência. Haveria, decerto, algo no ar: um ‘espírito do tempo’, que gerava todo um súbito interesse pelo invisível. De repente, era como se o espaço estivesse repleto de raios invisíveis *assombrados* que, esvoaçando em todas as direcções, o deslindavam por completo, mesmo nas zonas mais ínfimas e recônditas. O facto era que os raios X tornavam visível em vida o que só se podia ver depois de morto (Figura 15), vindo-se a saber, pouco depois, que ao serem difractados por substâncias cristalinas revelavam a forma como os átomos destas se ligam. Consequentemente, conceitos tradicionalmente considerados opostos, como ‘opaco’ e ‘transparente’, ‘interior’ e ‘exterior’, adquiriam agora alguma ambiguidade.



Figura 15 – Radiografia da mão esquerda da senhora Röntgen, com um anel (1895)

Por sua vez, à radioactividade parecia estarem associadas quantidades de energia tais, que, na época, ninguém sabia explicar de onde podiam provir. Daí às associações das novas radiações ao sobrenatural foi um pequeno passo, tendo-se mesmo verificado um aumento do interesse pelo ocultismo (Pierre Curie foi disso exemplo!). Também o conceito de *éter* como meio de propagação das ondas electromagnéticas voltou a atrair a atenção, mesmo a de mentes muito iluminadas (James Clerk Maxwell, Heinrich Hertz, Dmitri Mendeleev, ...), e, da mesma forma, o mesmerismo também passou por uma breve ressuscitação.

Se a descoberta da radioactividade tivera impacto na obra do pintor Wassily Kandinsky, também a literatura iria testemunhar o fascínio e o temor pelas novas radiações. Quase trinta anos depois da descoberta dos raios X, n’ *A Montanha Mágica* (1924), Thomas Mann ainda descrevia em termos místicos a premonição da morte do personagem Hans Castorp, num consultório de radiologia.

Nas artes plásticas, sendo mais ou menos consensual que as raízes do Cubismo jazem em Paul Cézanne e na arte primitiva, será demasiado restritivo não reconhecer que os desenvolvimentos científicos e tecnológicos do início do século XX – Teoria da Relatividade Restrita, geometrias inéditas e *exóticas* cuja representação requeria dimensões para além das euclidianas, TSE, automóveis, aviões... en-

fim, novas concepções de espaço e de tempo – criaram um terreno fecundo para a génese de uma nova vanguarda artística. A escritora Gertrude Stein soube muito bem colocar em (poucas) palavras Pablo Picasso e o Cubismo, num artigo publicado em 1912 na revista de fotografia *Camera Work*: “*The things that Picasso could see were the things which had their own reality, reality not of things seen but of things that exist.*”



Figura 16 – *As meninas de Avignon* (1907), Pablo Picasso - MoMA (Nova Iorque)

Gertrude Stein foi uma escritora vanguardista norte-americana que viveu grande parte da vida em França. Do seu círculo social fizeram parte personalidades dos meios artísticos e literários como Pablo Picasso, Henri Matisse, Ernest Hemingway ou James Joyce, só para citar alguns. Stein, que possuía um estilo literário muito próprio, caracterizado por uma propensão para um certo *nonsense* e para as aliterações, resultantes da forma como jogava com o significado e o significante das palavras, foi a autora do libreto da ópera *Four Saints in Three Acts* de Virgil Thomson, estreada em 1934. A propósito desta obra, a escritora, no modo que lhe era tão característico (afinal era dela a famosa expressão “*A rose is a rose is a rose is a rose*”), observou que “*a saint a real saint never does anything, a martyr does something but a good saint does nothing*”.

Em 1905, Stein pediu a Picasso que lhe pintasse o retrato. Esperou muitos meses pelo resultado, e, quando finalmente o viu, disse ao pintor que achava que não se parecia nada com ela. Picasso terá retorquido: “É verdade, mas vais ver que um dia se parecerá!”. Como interpretar esta resposta de Picasso? Uma espécie de retrato de Dorian Gray mas ao contrário, que se jovializava em vez de envelhecer? (A própria palavra ‘retrato’ vem do latim *retractus*, que é o participio passado de *retrahere* = *re*, que significa ‘para trás’ + *trahere*, ou seja, ‘puxar’). Fosse como fosse, a verdade é que quando hoje se pensa em Gertrude Stein, vem-nos à mente a imagem que Pablo Picasso dela nos deixou, e que pode actualmente ser contemplada no Metropolitan Museum of Art, em Nova Iorque (Figura 17 – esquerda).

Uma certa auto-confiança de Picasso (que se sabe que era coisa que não lhe faltava) fá-lo-ia certamente pensar que a sua obra sobreviveria à imagem física de Gertrude Stein.

Da mesma forma, se olharmos para o *Auto-retrato* do pintor, de 1907 (Figura 18), quem é que também não identifica logo o rosto de Picasso? Sublimações!



Figura 17 – Esquerda: *Gertrude Stein* (1906), Pablo Picasso - Metropolitan Museum of Art (Nova Iorque). Direita: a escritora na mesma época.

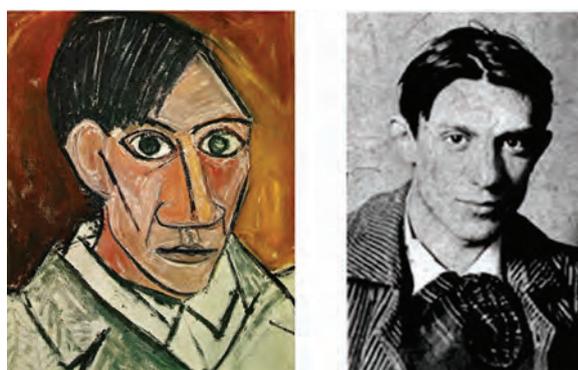


Figura 18 – Esquerda: *Auto-retrato* (1907), Pablo Picasso - Národní Galerie (Praga). Direita: o artista na mesma época.

IV ACTO - INTERIORIZAÇÕES

A curiosidade pelo aspecto do interior do corpo não deverá ter surgido muito depois do primeiro Homem se ter visto por fora, reflectido na água. Na Antiguidade, os dois grandes anatomistas foram os gregos Herófilo de Calcedónia e Erasístrato de Quios, no terceiro século antes de Cristo. No mundo latino, por sua vez, a dissecação de corpos humanos era proibida. Contudo, ao longo dos séculos, apesar de as dissecações – para ensino da medicina – terem tido altos e baixos, nunca foram proibidas de forma generalizada na Europa (Figura 19).



Figura 19 – *A lição de anatomia do Dr. Nicolaes Tulp* (1632), Rembrandt – Mauritshuis (Haia)

Os ideais humanistas e naturalistas do Renascimento, como reencontro com as referências culturais da Antiguidade Clássica, colocaram o Homem no centro das atenções. Na arte, vista como uma imitação da natureza, o corpo humano passou a assumir figura de destaque, sendo o estudo da anatomia considerado essencial para a formação dos artistas. Autores como Leonardo da Vinci ou o belga Andreas Vesalius (o pai da anatomia moderna) destacaram-se pela qualidade e rigor dos seus desenhos de detalhes anatómicos de corpos que eles próprios dissecavam (Figura 20).

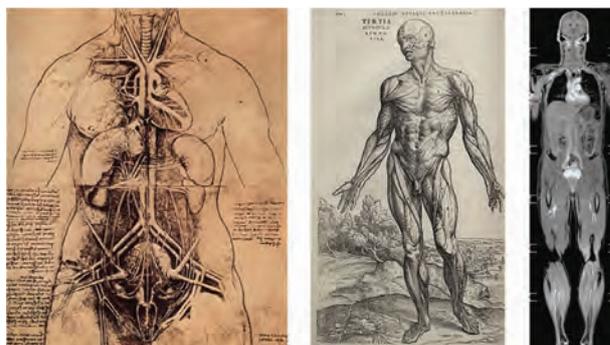


Figura 20 – Esquerda: o sistema cardiovascular e principais órgãos femininos (1509) de Leonardo da Vinci. Centro: *De humani corporis fabrica* (1543) de Andreas Vesalius. Direita: imagem de ressonância magnética de um corpo humano

No entanto, seria necessário esperar quatro séculos e meio para se poder visualizar o interior dos corpos ainda vivos, mas só os ossos, que são opacos aos raios X. Com efeito, a partir de 1896, esta radiação revelou-se um poderoso auxiliar em intervenções cirúrgicas em casos de fracturas ósseas. Já o cérebro, mais propriamente a sua vascularização, que não é opaca a esta radiação, só se tornaria visível a partir de 1927, quando Egas Moniz desenvolveu a técnica da angiografia cerebral (Figura 21), usando o dióxido de tório (opaco aos raios X) como agente de contraste.

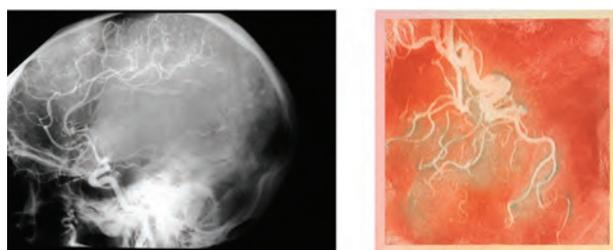


Figura 21 – Esquerda: angiografia cerebral. Direita: *Pulse I* (gravura em papel através de *solarplate*, da autoria de Elizabeth Jameson (imagem reproduzida com permissão da autora)

Na década de 70 foi desenvolvida a técnica de imagem de ressonância magnética (IRM), que, por ser uma modalidade de imagiologia médica baseada no mesmo princípio da espectroscopia de RMN, utiliza ondas de rádio. A IRM, que se revelaria um dos meios mais importantes para diagnóstico médico, a partir dos anos 80 disseminou-se por todo o mundo, estimando-se que existam actualmente uns 20000 equipamentos de IRM a operar. Os seus criadores, Paul Lauterbur e Sir Peter Mansfield receberam o Prémio Nobel de Medicina ou Fisiologia em 2003.

Acrescerá referir que nalguns casos se recorre a complexos paramagnéticos – quase sempre de gadolínio(III) – como agentes de contraste. Trata-se de compostos que acentuam as diferenças na imagem dos vários tecidos. O desenvolvimento e caracterização destes complexos constitui actualmente um intenso campo de investigação (Figura 22).

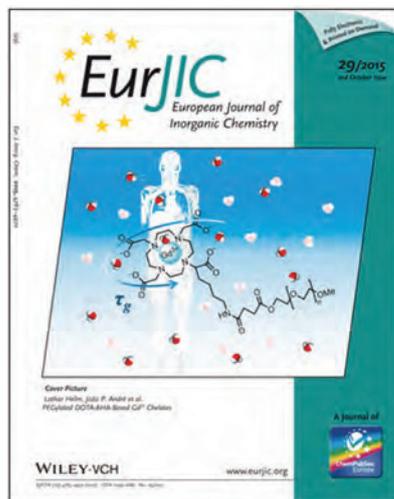


Figura 22 – Capa do *European Journal of Inorganic Chemistry* referente ao artigo “PEGylated DOTA-AHA-Based Gd^{III} Chelates: A Relaxometric Study”, A. Fontes, S. Karimi, L. Helm, P.M. Ferreira, J.P. André, *Eur. J. Inorg. Chem.* (2015) 4798-4809

Como sempre, ciência e arte continuam a caminhar a par e passo; são ‘como margens de um mesmo rio’, parafraseando Mia Couto. No campo da imagiologia médica e das artes plásticas destaca-se actualmente Elizabeth Jameson, uma artista norte-americana que trabalha com imagens de ressonância magnética e angiografias cerebrais (Figuras 21 e 23). Sobre o seu trabalho com imagens do próprio cérebro (Figura 23), a artista confessa: “*I am a visual artist using my own Magnetic Resonance Images (MRIs) to create imagery that evokes a sense of splendor when viewing my “imperfect” brain*” (in <http://www.jamesonfineart.com/about/>).

A Figura 24 central mostra uma imagem médica obtida por uma técnica combinada de tomografia axial computadorizada (TAC), que usa raios X, e tomografia de emissão de positrão (PET), que requer que seja administrado ao paciente um agente radiofarmacêutico emissor de positrões. Os positrões emitidos são aniquilados por electrões do corpo do paciente, gerando raios gama que atravessam os tecidos e são detectados exteriormente, permitindo um *scanning* das regiões do corpo onde o radiofármaco foi captado (por exemplo por tumores). A combinação da imagem de TAC

(Figura 24, à esquerda) com a imagem de PET (à direita) constitui um meio de diagnóstico de grande sensibilidade e discriminação espacial que permite detectar tumores e metástases, mesmo que apenas de alguns milímetros.

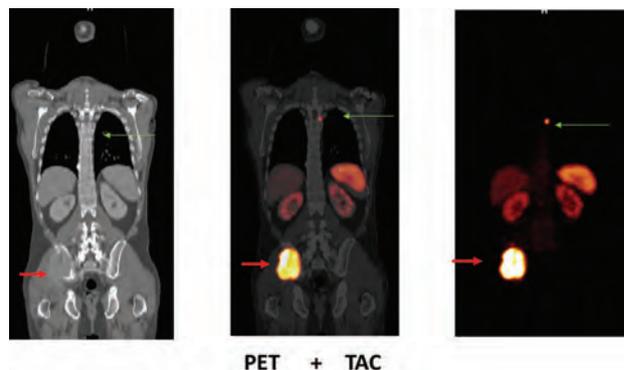


Figura 24 – Tumor neuroendócrino (assinalado com seta vermelha) com metástase na coluna vertebral (assinalada com seta verde) visualizado com TAC (imagem da esquerda) e PET (imagem da direita). O agente radiofarmacêutico usado foi o ⁶⁸Ga-DOTATOC, o qual apresenta afinidade para os receptores celulares de tumores neuroendócrinos.

Com o constante desenvolvimento médico, bem como da melhoria do nível de vida das populações e dos seus hábitos, a longevidade tem aumentado (Figura 25). Segundo a ONU, em Portugal, por exemplo, entre 1983 e 2013, a esperança de vida média à nascença aumentou em 8,1 anos (cifrando-se em 80,4 anos em 2013).



Figura 25 – *Arranjo em Cinzento e Preto N.º 1 ou Retrato da Mãe do Artista* (1871), James Abbott McNeill Whistler (Museu de Orsay, Paris)



Figura 23 – *Carousel*, colagem de imagens de ressonância magnética do cérebro da artista Elizabeth Jameson (imagem reproduzida com permissão da autora)

O reverso da medalha é que, concomitantemente com o envelhecimento da população, verifica-se também um aumento do número de casos de tumores malignos, sendo estes, actualmente, a terceira causa de morte à escala mundial. Registe-se no entanto que, graças a novas formas de diagnóstico e a terapias mais eficazes, tem igualmente aumentado a esperança de vida nestes pacientes, sendo cada vez mais comum encontrar pessoas com cancro metastáticos que vivem durante vários anos (cancro da mama e da próstata, por exemplo).

Resta saber a que santo devemos agradecer esta mudança...

AGADECIMENTOS

O autor agradece o convite da Comissão Nacional do AIL2015, Sociedade Portuguesa de Física e Fundação Calouste Gulbenkian, para proferir a palestra que esteve na base deste artigo, bem como a leitura crítica que o Professor Mário Nuno Berberan e Santos fez ao manuscrito que dela resultou.

BIBLIOGRAFIA SELECIONADA

- J.P. André *Química – Boletim da SPQ* **120** (2011) 31-37
 J.P. André *Química – Boletim da SPQ* **136** (2015) 51-53
 Y. Arnault, P. Ben Soussan, N. Prodromou, A.-C. Lacour, *Rev Francoph Psycho-Oncologie* **4** (2004)197-200
 J. Calado, “Haja Luz – Uma História da Química Através de Tudo”, IST Press, 2011
 R. Hirsh, “Seizing the Light: A History of Photography”, McGraw-Hill, Nova Iorque, 2009
 M. Medeiros, “Imagem, *Self* e nostalgia – o impacto da fotografia no contexto intimista do século XIX” (2006) in www.bocc.ubi.pt
 J.T. Mendonça, “Uma Biografia da Luz – Ou a Triste História do Fotão Cansado”, Gradiva, Lisboa, 2015
 A.I. Miller, “Einstein, Picasso - Space, Time, and the Beauty That Causes Havoc”, Basic Books, Nova Iorque, 2002
 J.C. Sournia, “Histoire de la Médecine”, La Découverte, Paris, 1992
 M. Ware, *J. Chem. Educ.* **85** (2008) 612-620

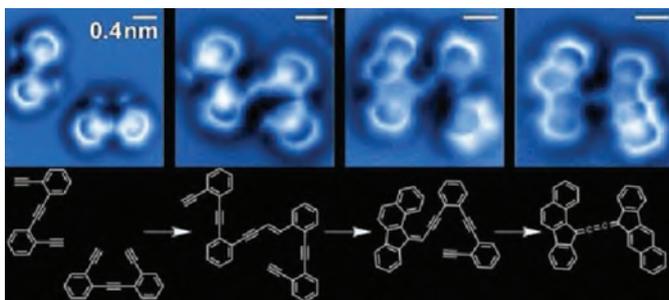
ACTUALIDADES CIENTÍFICAS

MICROSCOPIA DE FORÇA ATÓMICA REVELA MECANISMO DE REACÇÃO

A microscopia de força atómica (AFM) tem possibilitado que espécies intermediárias, formadas durante uma reacção catalisada à superfície de um material, tenham sido fotografadas, permitindo, assim, estudar o seu mecanismo. No entanto, os resultados obtidos não correspondem muitas vezes aos previstos pela teoria. Vários investigadores têm, por conseguinte, sugerido que valerá a pena reconsiderar o que sabemos acerca da catálise heterogénea. Um melhor conhecimento destas reacções poderia ajudar na concepção racional de catalisadores heterogéneos para uso em reacções industrialmente relevantes, cujo mecanismo de actuação, por vezes, não é inteiramente conhecido.

Investigadores da Universidade da Califórnia, Berkeley, estudaram o mecanismo da reacção de acoplamento de 1,2-bis(2-etinilfenil)etino e subsequente isomerização dos dímeros resultantes, catalisada numa superfície de prata, por AFM e por cálculos teóricos. Os cálculos teóricos previram que a reacção prossegue segundo um mecanismo com oito passos, tendo os investigadores lidado com as energias dos vários intermediários envolvidos. No entanto, apenas observaram dois desses intermediários por AFM. Nenhuma das aproximações geralmente usadas nos cálculos teóricos para estudos mecanísticos de reacções catalisadas por catalisadores heterogéneos previram os intermediários estáveis e as suas quantidades correctamente. Em vez disso, os investigadores tiveram de considerar, além da energia potencial dos intermediários, as diferentes velocidades às quais estes dissipam o calor para o substrato e as variações de entropia durante a reacção.

Este estudo provou que uma compreensão mais detalhada dos mecanismos em catálise heterogénea pode ser obtido através da sinergia entre os cálculos teóricos e a imagem das reacções químicas por AFM.



(adaptado de Intermediates in a chemical reaction photographed 'red-handed', <https://www.sciencedaily.com/releases/2016/05/160503130530.htm> e de A. Riss, A. Pérez Paz, S. Wickenburg, H.-Z. Tsai, D.G. De Oteyza, A.J. Bradley, M.M. Ugeda, P. Gorman, H.S. Jung, M.F. Crommie, A. Rubio, F.R. Fischer, *Nature Chemistry* (2016) DOI: 10.1038/nchem.2506)

Paulo Mendes
(pjgm@uevora.pt)

Submit to

 **EurJOC**
European Journal of
Organic Chemistry

www.eurjoc.org



Cover Picture

Peter Bäuerle et al.
A Dinuclear (bpy)Pt^{II}-Decorated Crownophane

Microreview

Chang-Hee Lee et al.
Calix[4]pyrrole-Based Anion Receptor Chemistry

A sister journal of *Asian Journal of Organic Chemistry*

A Journal of



ChemPubSoc
Europe

Supported by



WILEY-VCH

www.eurjoc.org



REMOÇÃO DE CONTAMINANTES EM MEIO AQUOSO USANDO CARVÃO ATIVADO. INFLUÊNCIA DO ADSORVATO, FORÇA IÓNICA E QUÍMICA SUPERFICIAL

Nelson Nunes e Angela Martins*

Área Departamental de Engenharia Química, Instituto Superior de Engenharia de Lisboa (ISEL), Lisboa
CQB, Universidade de Lisboa, Faculdade de Ciências, Lisboa

amartins@deq.isel.ipl.pt

Removal of Contaminants in Aqueous Medium Using Activated Carbon. The Effect of Adsorbate, Ionic Strength and Surface Chemistry – *In the presented work we intend to use simple laboratory experiments to illustrate a water treatment applying commercial activated carbon as adsorbent agent. The removal of an industrial textile dye, Mordent Blue-9 and caffeine, considered a surface water pollution marker, will be tested. The influence of the activated carbon surface chemistry will also be explored, illustrating the effect of interactions between the carbon surface and the adsorbates molecules. Moreover, the influence of solution ionic strength will be also tested, simulating different water hardnesses.*

O presente trabalho pretende ilustrar através de experiências laboratoriais simples a aplicação de um carvão ativado comercial como agente de tratamento de águas através da sua utilização na remoção de dois diferentes contaminantes, o Azul Mordente-9, um corante têxtil industrial, e a cafeína, considerada como um marcador de poluição de águas superficiais.

Pretende-se ainda explorar a influência da química superficial do carvão ativado, ilustrando assim distintas interações entre a superfície do carvão e as moléculas de adsorvato. Um outro objetivo é mostrar o efeito da força iónica da solução no processo de adsorção, simulando desta forma águas de diferentes durezas.

INTRODUÇÃO

A adsorção define-se como a interação de moléculas com a superfície de um sólido. Trata-se de um conceito chave que se encontra na base de diversas aplicações como a catálise heterogénea, a descontaminação de águas e efluentes gasosos, a análise cromatográfica, entre outras. A interação entre moléculas adsorvidas (adsorvato) e a superfície do sólido (adsorvente) pode ser tipificada em duas categorias: a fisissorção, quando as moléculas adsorvidas estabelecem com o adsorvente ligações fracas do tipo electrostático e quimissorção quando as moléculas se ligam fortemente à superfície do material, podendo até ocorrer transformações químicas, o que está na base, por exemplo, da catálise heterogénea. Os fundamentos teóricos que explicam o processo de adsorção bem como as suas aplicações assumem um papel relevante nos programas de Química-Física das Licenciaturas em Química, Engenharia Química e outros cursos relacionados, encontrando-se o capítulo de adsorção na maior parte dos livros de estudo recomendados [1,2] bem como num número significativo de artigos em revistas dedicadas ao ensino da Química, por exemplo o “*Journal of Chemical Education*” [3-6] ou em manuais de laboratório [7-8].

Existe uma grande variedade de materiais adsorventes, desde materiais naturais como carvões, carvões ativados e argilas, até materiais sintéticos com aplicações muito específicas como os zeólitos. No entanto, os carvões ativados são os adsorventes por excelência, sendo obtidos a partir da queima controlada de madeira, a uma temperatura entre 800 e 1000 °C na presença de baixo teor de oxigénio, a fim

de evitar a queima total do material e promover o desenvolvimento de porosidade. Obtêm-se assim materiais com uma capacidade de retenção de cerca de 100 vezes superior ao carvão comum, com excelente poder de clarificação, desodorização e purificação de efluentes, em particular na remoção de corantes, metabolitos de medicamentos, etc. No entanto, os elevados custos da matéria-prima têm levado à procura de fontes alternativas para obtenção de carvões ativados a partir de desperdícios de baixo custo, como por exemplo casca de coco, caroços de azeitona, serradura, etc. [9-11].

Os efluentes da indústria têxtil encontram-se entre os principais poluentes do meio aquático devido à presença de corantes têxteis, sendo um deles o corante Azul Mordente-9 (AM-9), usado no tingimento de lãs e sedas. Este corante pertence à categoria dos corantes “azo”, assim chamados devido à presença de uma ou mais ligações (-N=N-) bem como de anéis aromáticos. A estrutura molecular do corante AM-9 encontra-se representada na Figura 1(A). Os corantes azo representam cerca de 60-70% dos corantes usados na indústria química e são conhecidos pela sua toxicidade.

A cafeína é um alcaloide presente em numerosas bebidas e em alguns produtos alimentares, encontrando-se a sua estrutura molecular representada na Figura 1(B). Além de ser uma substância estimulante é também um diurético, para além de acentuar a ação de alguns medicamentos [12]. Devido ao seu elevado consumo e baixa degradação a cafeína é um dos compostos mais facilmente detetados em afluentes e efluentes de estações de tratamento de esgotos e vários estudos reportam a sua presença em águas superficiais (rios, lagos, lagoas). Devido à sua origem antropogénica, é

considerado por vários autores como um possível marcador químico para a poluição das águas superficiais proveniente de águas residuais domésticas [13,14].

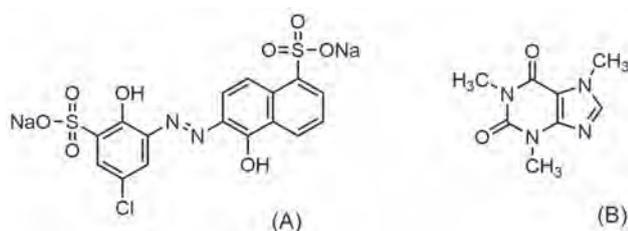


Figura 1 – Estrutura molecular dos adsorvatos utilizados: (A) Azul Mordente-9 e (B) cafeína

A capacidade de retenção de moléculas num carvão ativado é determinada não apenas pela sua estrutura porosa mas também pela sua composição química. Os grupos oxigenados superficiais (GOS) são formados durante o processo de ativação do carvão, através da interação com o oxigénio. Podem também resultar de tratamentos posteriores, por interação com agentes oxidantes gasosos como ozono, óxido nítrico, entre outros, ou líquidos como ácido nítrico, peróxido de hidrogénio, etc [15].

Existem vários tipos de grupos oxigenados superficiais, tal como se pode observar na Figura 2. A natureza destes grupos é responsável pelas propriedades básicas ou ácidas da superfície do carvão, o que do ponto de vista químico, é o parâmetro chave para a interação eficaz entre o adsorvente e as moléculas de adsorvato.

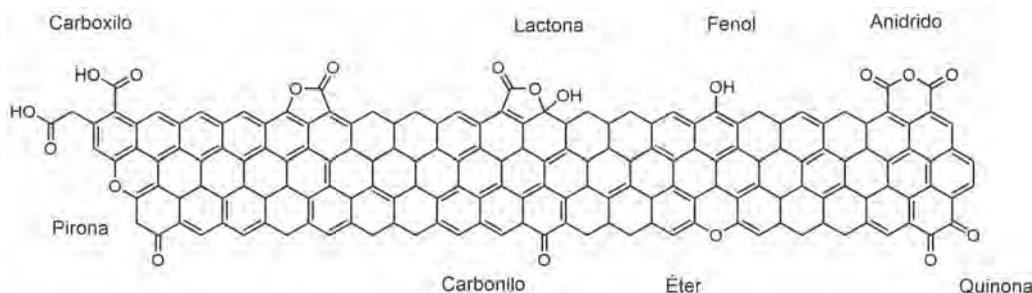


Figura 2 – Tipos de grupos oxigenados superficiais (GOS) presentes em amostras de carvão ativado.

A quantidade e tipo de GOS presente na superfície do carvão é também responsável pela presença de cargas positivas e negativas que se geram quando o carvão é colocado numa solução aquosa, dependendo do pH. Para um pH específico, a carga global da superfície será nula, sendo assim designada por ponto de carga zero, pH_{pzc} . Assim, quando $pH > pH_{pzc}$ a superfície do carvão irá atrair catiões da solução onde se encontra imerso, por outro lado, quando $pH < pH_{pzc}$ a superfície irá atrair os aniões.

DESCRIÇÃO GLOBAL DA EXPERIÊNCIA

Este trabalho, dirigido a alunos de Licenciatura em Química, Engenharia Química ou áreas afins, pretende ilustrar conceitos básicos de adsorção, usando amostras de carvão ativado comerciais na remoção de contaminantes do meio

aquático. Pretende-se que os estudantes façam a determinação experimental de isotérmicas de adsorção bem como a aplicação dos respetivos modelos, como Langmuir ou BET, que permitem estimar a capacidade de adsorção dos materiais. O tratamento de resultados poderá ser mais simplificado recorrendo a regressões lineares. Este trabalho pretende também explorar o efeito da química superficial do carvão através da realização de tratamentos oxidativos nas amostras, analisando assim as interações dos grupos oxidativos superficiais com as moléculas do adsorvente. Por outro lado, será modificada a força iónica nas soluções de corante, simulando diferentes durezas da água.

PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

REAGENTES

Corante têxtil Azul Mordente-9 ($C_{16}H_9ClN_2Na_2O_8S_2$, 502,81 g/mol, Sigma-Aldrich)

Cafeína ($C_8H_{10}N_4O_2$, 194,19 g/mol) Sigma-Aldrich, 99%

$CaCl_2 \cdot 2H_2O$ (Sigma-Aldrich, 99%) e $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ (Aldrich, 99,95%)

Carvão ativado Panreac (Lot. 0000115091)

Solução HNO_3 (Sigma-Aldrich, ACS, 70%)

EQUIPAMENTOS

Aparelho de pH (Crison GLP22); Banho termostático (Julabo MP); Agitador multi-posições (Selecta Multimatic

9-S); Centrífuga Hermle Z206A. Espectrofotómetro de UV-Visível de feixe duplo (Jasco V530); Placa de aquecimento (IKA CMagHS7).

PREPARAÇÃO DAS SOLUÇÕES

A solução concentrada de AM-9 (200 mg/L) foi preparada dissolvendo o sólido em água desionizada e foi usada como solução *stock*, AM9.

A amostra de água “dura sintética” foi preparada usando $CaCl_2 \cdot 2H_2O$ e $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ por forma a obter um nível de dureza de 200 mg/L equivalentes de $CaCO_3$.

Esta solução foi depois utilizada para dissolver o corante AM-9 e obter uma solução *stock* adicional, AM9-200.

PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS DE CARVÃO ATIVADO

Uma das amostras de carvão comercial foi usada sem qualquer tratamento adicional. A outra amostra do mesmo carvão foi sujeita a um tratamento oxidativo tendo por objetivo alterar a quantidade de grupos oxigenados superficiais (GOS). Neste tratamento, 20 mL de solução de HNO_3 4,6 M foi adicionada a 2 g da amostra de carvão ativado. A suspensão foi aquecida a 60 °C numa placa de aquecimento até se obter uma pasta, por evaporação da água. A pasta foi depois filtrada usando papel de filtro e lavada diversas vezes até o pH do filtrado ser idêntico ao da água desionizada, deixando-se a secar à temperatura ambiente por 24 h. O tempo de preparação das amostras para utilização em aulas poderá ser encurtado se as soluções *stock* bem como o tratamento oxidativo dos carvões for previamente executado.

ENSAIOS DE ADSORÇÃO

De acordo com um plano de trabalho previamente estabelecido cada grupo de alunos poderá estudar um par adsorvente/adsorvato diferente, começando por preparar entre seis a oito soluções diluídas num intervalo de concentrações entre 20 e 120 mg/L a partir da solução *stock* correspondente. Em seguida dever-se-á proceder à pesagem rigorosa de seis a oito amostras de 10 mg de carvão ativado, que serão colocados em tubos de centrífuga com cerca de 100 mL de capacidade. A cada tubo, devidamente identificado, deverá ser adicionado 80 mL das soluções diluídas previamente preparadas. Após colocado um pequeno agitador magnético os tubos são depois tapados e imersos num banho termostático a 30 °C. O banho deverá ser colocado sobre um agitador, preferencialmente com multi-posições, para assegurar a correta homogeneização de todas as suspensões em simultâneo. A Figura 3 exemplifica a montagem de termostatização e homogeneização usada neste trabalho.

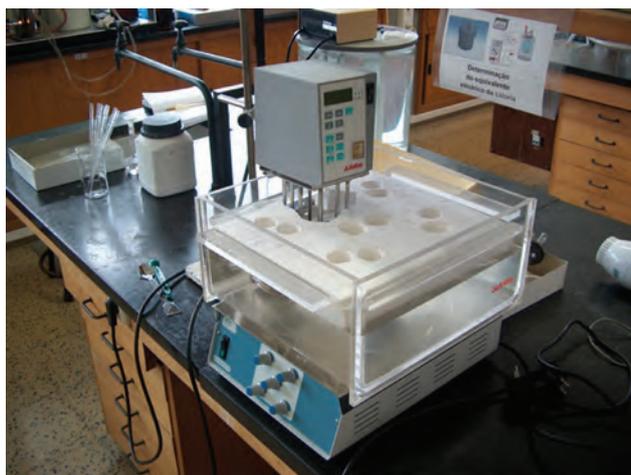


Figura 3 – Montagem de termostatização e homogeneização dos ensaios de adsorção

O tempo necessário para atingir o equilíbrio adsorção/desadsorção, é de cerca de 2 h. Durante este período os estudantes podem realizar outras tarefas, nomeadamente: (i) realização da reta de calibração com as soluções diluídas (ii) preparação das amostras de carvão para determinação do pH_{pzc} .

Após as 2 h de tempo de contacto o carvão e o corante/ cafeína as amostras de carvão são separadas da solução por centrifugação ou caso não se disponha deste equipamento por filtração. São depois retiradas alíquotas de cada solução para medir as absorvâncias no comprimento de onda máximo. Cada ponto experimental resultará de pelo menos, três alíquotas/varrimentos individuais assegurando um desvio nas leituras de absorvância inferior a 5%.

▪ Construção da reta de calibração

Na construção da curva de calibração é realizado o varrimento das soluções na gama de comprimentos de onda correspondentes às bandas de absorção características dos adsorvatos. O espectrofotómetro de duplo feixe utiliza na célula de referência água desionizada, solvente usado na preparação de todas as soluções.

No caso da cafeína o intervalo de varrimento é entre 200 e 400 nm, na região de radiação ultravioleta, podendo ser utilizado o comprimento de onda de 273 nm. No caso deste adsorvato, poderá ser necessário utilizar células de quartzo de menor percurso ótico (2 mm) para garantir a concordância com a lei de Lambert-Beer no intervalo de concentrações em estudo.

No caso do corante AM-9 o varrimento é entre 400 e 600 nm, na região do visível, podendo ser escolhida a banda com o máximo de absorvância com um comprimento de onda de 520 nm. No caso do corante esta gama de concentração permite utilizar células com 1 cm de percurso ótico.

▪ Determinação do ponto de carga zero, pH_{pzc}

Na medição dos pontos de carga zero (point of zero charge, pH_{pzc}) são adicionados 20 mL de água desionizada a 1 g da amostra de carvão (esta água deverá ser previamente fervida durante cerca de 1 h para remover o dióxido de carbono e depois deixada arrefecer à temperatura ambiente). A mistura pode ser deixada a agitar durante a atividade experimental e no final cada grupo pode realizar a medida de pH.

Mais detalhes experimentais podem ser consultados na referência [16].

RISCOS E SEGURANÇA

O reagente HNO_3 deverá ser manipulado com cuidado uma vez que é altamente corrosivo. O tratamento oxidativo deverá ser realizado preferencialmente numa *hotte*, uma vez que envolve a manipulação de soluções concentradas à temperatura de 60 °C.

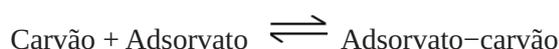
Dado que a experiência envolve a manipulação de pós muito finos (carvão ativado) ou tóxicos (corante AM-9, cafeína) os estudantes deverão utilizar equipamento individual de segurança como máscara para pós, óculos e luvas.

TRATAMENTO DE RESULTADOS

As concentrações de adsorvato presentes em solução foram calculadas usando a lei de Lambert-Beer, que relaciona as absorvâncias medidas (A) com a concentração das soluções (C) e a absorvidade molar (ϵ). A relação linear é válida para a gama de concentrações estudadas (20 -120 mg/L) e para o percurso ótico (l) utilizado (1 cm no caso do AM-9 e 0,2 cm no caso da cafeína)

$$A = \epsilon.l.c \quad (1)$$

As isotérmicas de adsorção foram obtidas conforme o procedimento acima descrito. Após 2 horas de contacto entre as soluções de adsorvato e as amostras de carvão, o equilíbrio entre as duas fases é atingido:



Uma vez que os valores experimentais obtidos através das medidas de absorvância permitem apenas determinar a concentração de adsorvato presente em solução, a quantidade de adsorvida na superfície do carvão ativado, q_e , expressa em mg de adsorvato por grama de carvão (mg/g) pode ser calculada usando a relação abaixo:

$$q_e = \frac{C_0 - C_e}{W} \cdot V \quad (2)$$

onde $C_0 - C_e$, é a diferença entre a concentração inicial e de equilíbrio do adsorvato em solução (mg/L) respetivamente, W é a massa de carvão ativado (mg) e V é o volume de solução em contacto com o carvão ativado (L).

A relação entre a quantidade adsorvida no carvão e a concentração de equilíbrio do adsorvato em solução pode ser descrita pela equação da isotérmica de Langmuir.

$$q_e = \frac{q_m \cdot K_L \cdot C_e}{1 + K_L \cdot C_e} \quad (3)$$

onde q_m é a capacidade de adsorção (mg/g), K_L é a constante de Langmuir (L/mg), que pode ser relacionada com a afinidade entre adsorvente e adsorvato. Os parâmetros q_m e K_L são característicos de cada sistema adsorvente/adsorvato e podem ser determinados através da linearização da Eq. 3:

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{q_m \cdot K_L} + \frac{C_e}{q_m} \quad (4)$$

A operação de transformar um gráfico hiperbólico (Eq. 3) num gráfico linear (Eq. 4.) é um procedimento realizado habitualmente noutras áreas de ciência. Representando C_e/q_e em função de C_e , obtém-se uma linha reta (se o sistema adsorvente/adsorvato obedecer ao comportamento previsto pela equação de Langmuir), permitindo obter os valores de K_L e q_m a partir do declive e ordenada na origem, respetivamente.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A capacidade de adsorção de materiais porosos depende fortemente das suas propriedades texturais. A Tabela 1 apresenta os parâmetros texturais do carvão ativado da marca comercial Panreac que foi usado neste estudo: volume microporoso, V_{micro} (correspondente a canais com aberturas de diâmetro inferior a 2 nm), volume mesoporoso V_{meso} (diz respeito a canais com aberturas com diâmetro compreendido entre 2 e 50 nm) e área superficial externa, A_{ext} . Os parâmetros texturais foram determinados a partir dos dados de isotérmicas de adsorção de N_2 a -196 °C obtidos num equipamento automático (ASAP 2010 da Micromeritics) e foram realizados no Laboratório de Adsorção – CQB/FCUL. As informações detalhadas relativas à determinação dos parâmetros texturais encontram-se na ref. [17]. A caracterização textural da amostra de carvão pelos estudantes está fora do âmbito deste estudo. No caso de amostras comerciais estas características são geralmente fornecidas pelo fabricantes, podendo também encontrar-se alguns dados na bibliografia.

Tabela 1 – Parâmetros texturais do carvão ativado utilizado

Amostra de carvão	V_{micro} (cm^3/g)	V_{meso} (cm^3/g)	A_{ext} (m^2/g)
Panreac	0,19	0,35	296

Os valores de pH_{pzc} relativos à amostra comercial e após o tratamento oxidativo, para a qual foi adotada a terminação “-Ox”, encontram-se na Tabela 2. O carvão comercial apresenta um valor de pH_{pzc} perto da neutralidade, o que é comum para a maioria dos carvões ativados comerciais. Após o tratamento oxidativo com HNO_3 a amostra Panreac-Ox revela um valor de pH_{pzc} mais baixo o que indica uma maior concentração de GOS. Caso se pretenda um estudo mais aprofundado do efeito da química superficial do carvão podem ser realizados tratamentos oxidativos usando soluções de HNO_3 ou H_2O_2 numa ampla gama de concentração, o que se irá traduzir numa maior variação de valores de pH_{pzc} . Em alternativa, as amostras já tratadas podem ser fornecidas aos estudantes.

A Figura 4 mostra as isotérmicas de adsorção do carvão comercial Panreac na presença dos dois adsorvatos, o corante AM-9 e a cafeína.

Comparando os dois adsorvatos, é notório que no caso do corante AM-9 a quantidade adsorvida, q_e , a baixas concentrações é maior o que reflete a maior interação entre o carvão e a molécula de AM-9, devido ao caráter iónico da molécula, o que leva a atingir valores próximos da capacidade máxima de adsorção do carvão a concentrações mais baixas.

Na Figura 5 mostra-se o efeito da força iónica e do tratamento oxidativo nas isotérmicas de adsorção do carvão Panreac usando o corante AM-9 como adsorvato.

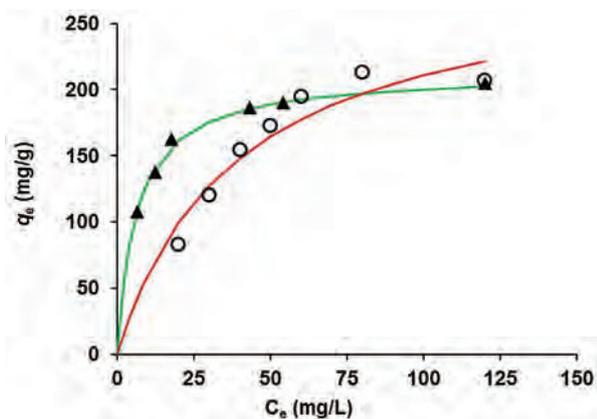


Figura 4 – Isotérmicas de adsorção dos adsorvatos AM-9 (▲) e cafeína (○), no carvão Panreac. As curvas a cores resultam da aplicação do modelo de isotérmica Langmuir.

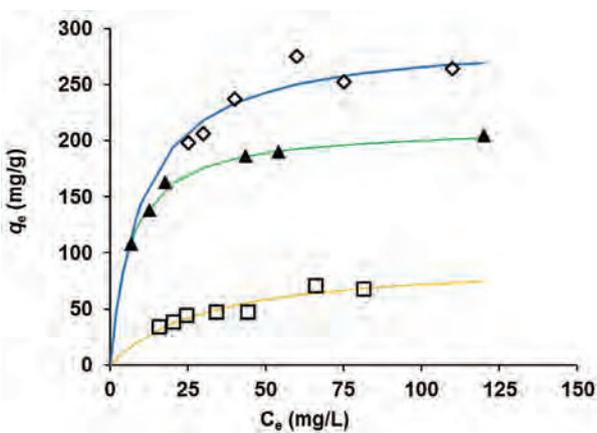


Figura 5 – Isotérmicas de adsorção do corante AM-9 no carvão Panreac: de partida (▲); na solução de dureza 200 mg/L, Panreac-200 (◇); com o carvão sujeito a tratamento oxidativo, Panreac-Ox (□). As curvas a cores resultam da aplicação do modelo de isotérmica Langmuir

A remoção do corante pelo carvão na presença de água de dureza elevada (Panreac-200) é superior em toda a gama de concentração de corante mostrando assim que a dureza da água é um parâmetro que influencia positivamente a interação com a superfície do carvão. Por outro lado a amostra sujeita a tratamento oxidativo (Panreac-Ox) mostra uma interação mais fraca com o corante o que se traduz numa menor capacidade de retenção do contaminante em toda a gama de concentração estudada.

A Figura 6 mostra a aplicação da equação de Langmuir na forma linearizada (Eq. 4) aos resultados experimentais obtidos nos vários ensaios. As equações apresentadas foram

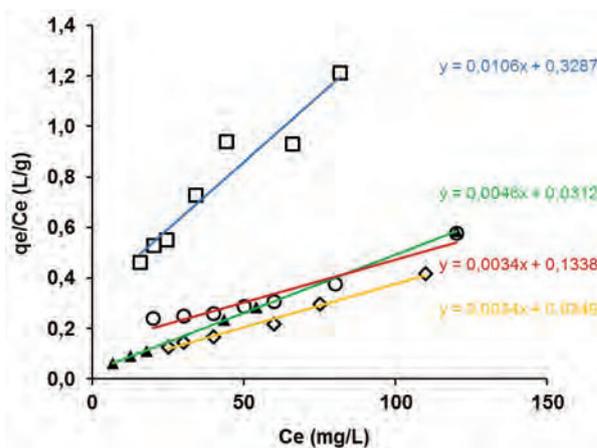


Figura 6 – Aplicação da isotérmica de Langmuir (forma linearizada) aos pontos experimentais nos diferentes ensaios: cafeína (○), AM-9 (▲), Panreac-200 (□) e Panreac-Ox (◻)

obtidas a partir de regressões lineares e os respetivos coeficientes de determinação (R^2), bem como outros parâmetros estatísticos relevantes podem ser facilmente obtidos pelos estudantes usando a ferramenta de cálculo Microsoft Excel® ou outro *software* de estatística.

Na Tabela 2 encontram-se os parâmetros K_L e q_m , calculados a partir da forma linearizada da equação de Langmuir (Eq.4) bem como os parâmetros estatísticos: coeficiente de determinação (R^2); desvio padrão do ajuste (sd_{fit}) e o parâmetro de Fisher (F). Os vários parâmetros estatísticos calculados mostram um bom ajuste entre os dados experimentais obtidos e a equação de Langmuir na forma linearizada, o que significa que este modelo de adsorção pode ser aplicado a estes sistemas adsorvente/adsorvatos.

Fazendo uma análise comparativa dos dois substratos verifica-se que no caso da cafeína a capacidade de adsorção, q_m , é significativamente superior quando comparado o mesmo parâmetro no caso da adsorção do corante AM-9, o que está certamente relacionado com a menor dimensão da molécula de cafeína. No entanto, a constante de Langmuir, K_L , relativa ao corante AM-9 é substancialmente superior o que indica uma maior afinidade entre a molécula de corante e a superfície do carvão. A influência da dureza da água e do tratamento oxidativo do carvão ativado foi estudado na remoção do corante AM-9. Verificou-se que a maior dureza da água tem um efeito benéfico na remoção do corante, o que se traduz numa maior capacidade de adsorção, q_m . Por outro lado, após o tratamento oxidativo os parâmetros

Tabela 2 – Parâmetros da equação linearizada de Langmuir, parâmetros estatísticos de ajuste e valores de pH_{pzc}

Adsorvato	Amostra Carvão	q_m (mg/g)	K_L (dm ³ /mg)	R^2	sd_{fit}	F	pH_{pzc}
Cafeína	Panreac	293	0,025	0,94	0,032	77	6,7
AM-9	Panreac	213	0,148	0,99	0,003	22947	6,7
AM-9	Panreac-Ox	93	0,032	0,92	0,083	60	2,8
AM-9	Panreac-200	292	0,097	0,99	0,013	364	-

parâmetros q_m e K_L apresentam valores mais baixos, mostrando assim que neste caso em particular, a presença de uma maior concentração de grupos oxigenados superficiais não beneficia a remoção do contaminante.

CONCLUSÕES

Esta atividade experimental permite aos estudantes de Licenciatura em Química, Engenharia Química ou áreas afins aplicar conceitos e avaliar qualitativa e quantitativamente um processo de adsorção e, simultaneamente, introduzir alguns noções sobre poluição do meio aquático e tecnologias de tratamento de efluentes. No entanto o objetivo principal da atividade é transmitir aos estudantes conhecimentos sobre (i) capacidade de remoção de um carvão ativado na presença de contaminantes com características distintas, (ii) influência da força iônica da água onde o contaminante se encontra e (iii) efeito da química superficial do carvão. A experiência proposta é versátil e, dependendo do número de estudantes e do equipamento disponível, permite estudar o comportamento de outras amostras de carvão ativado, outras moléculas de adsorvato bem como diferentes condições de dureza da água ou da química superficial do carvão.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a colaboração do Prof. Marco Ferreira, Prof.^a Maria Fátima Santos e dos alunos Daniela Nunes, Vera Santos e Daniel Neves da Escola Profissional de Setúbal. Agradecem também à Prof.^a Ana Paula Carvalho do CQB/FCUL pela caracterização da amostra de carvão por isotérmicas de adsorção de N_2 e ao Prof. José Coelho do ISEL pelo fornecimento do corante Azul Mordente-9.

REFERÊNCIAS

- [1] P. Atkins, J. de Paula, "Physical Chemistry", 8^a ed., Oxford University Press, Oxford, 2006
- [2] I. N. Levine, "Physical Chemistry", 5th ed., McGraw-Hill, Boston, 2002
- [3] B.L. Dunicz, *J. Chem. Educ.* **38** (1961) 357-358
- [4] J.H. Potgieter, *J. Chem. Educ.* **68** (1991) 349-350
- [5] L. Tribe, B.C. Barja, *J. Chem. Educ.* **81** (2004) 1624-1627
- [6] G. Guirado, J.A. Ayllón, *J. Chem. Educ.* **88** (2011) 624-628
- [7] C.W. Warland, J.W. Nibler, D.P. Shoemaker, "Experiments in Physical Chemistry" 8th ed., McGraw-Hill, New York, 2009
- [8] A.M. Halpern, "Experimental Physical Chemistry: a laboratory textbook", 2nd ed., Prentice Hall, Upper Saddle River, 1997
- [9] Y.C. Sharma, U. Upadhyay, S.N. Upadhyay, *Energy Fuels* **23** (2009) 2983-2988
- [10] A.P. Newman, A.-H. Amjad H. El-Sheikh, A.P. Newman, H. K. Al-Daffae, S. Phull, N. Cresswell, *J. Anal. Appl. Pyrolysis* **71** (2004) 151-164
- [11] D.N. Jadhav, A.K. Vanjara, *Indian J. Chem. Technol.* **11** (2004) 42-50
- [12] M.J. Glade, *Nutrition* **26** (2010) 932-938
- [13] I.J. Buerge, T. Poiger, M.D. Muller, H.-R. Buser, *Environ. Sci. Technol.* **37** (2003) 691-700
- [14] A.S. Mestre, S.C.R. Marques, A.P. Carvalho, *Ind. Eng. Chem. Res.* **51** (2012) 9850-9857
- [15] F. Rodríguez-Reinoso, *Carbon* **36** (1998) 159-175
- [16] A. Martins, N. Nunes, *J. Chem. Educ.* **92** (2015) 143-147
- [17] S.J. Greg, K.S.W. Sing, "Adsorption, Surface Area and Porosity", 2nd ed., Academic Press, London, 1982



Contribua para a
BOA QUÍMICA das
suas revistas!



Química para os mais novos

Marta C. Corvo

Faculdade de Ciências e Tecnologia
Universidade Nova de Lisboa
marta.corvo@fct.unl.pt



Introdução

Nesta edição vamos tirar partido de uns compostos químicos muito especiais - os surfactantes. Estes compostos estão presentes em diversos materiais e são muito utilizados no nosso dia-a-dia. Os detergentes são talvez a sua aplicação mais vulgar, no entanto, a presente actividade irá demonstrar uma nova utilização - como *combustível* para um veículo aquático!

Um barco movido a... detergente!

Material:

- Tesoura
- Régua
- Embalagem de esferovite
- Água
- Recipiente
- Detergentes vários
- Pimenta
- Palitos
- Copos (tantos quantos os detergentes)
- Marcador



Procedimento:

1. Com o auxílio da régua e tesoura cortar uma forma de barco com cerca de 5 cm de comprimento de acordo com a **figura 1**.

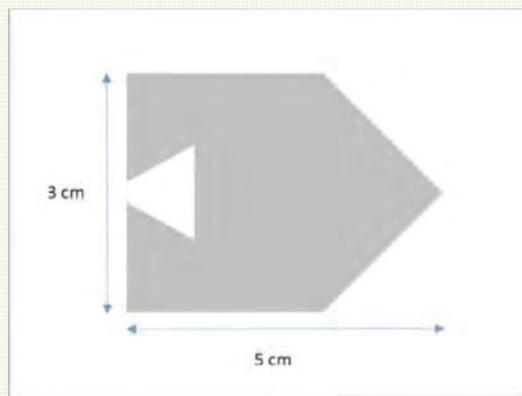
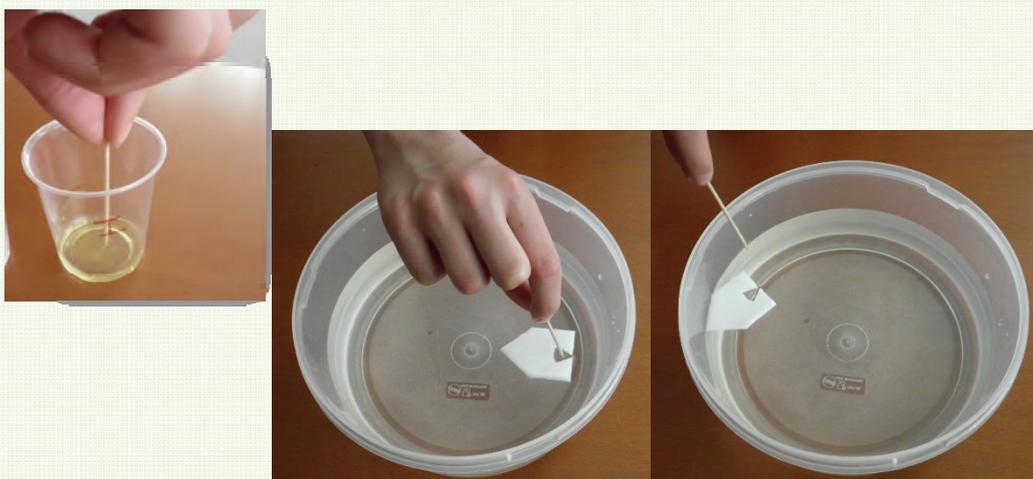


Figura 1

2. Encher o recipiente com água.
3. Colocar o barco cuidadosamente na água de modo a que flutue.
4. Transferir um pouco de cada detergente para cada copo e identifique-os com o marcador.
5. Com o auxílio do palito colocar uma gota de detergente no orifício na parte de trás do barco. Observar o que acontece.

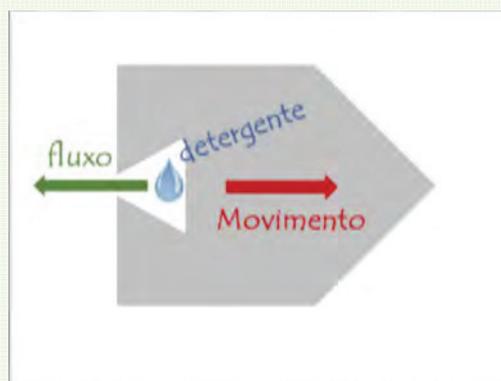


6. Experimentar novamente, com o mesmo detergente.
7. Quando esta adição já não provocar nenhum efeito notório, trocar a água por água limpa.
8. Testar os restantes detergentes, um de cada vez.
9. Retirar o barco da água.
10. Substituir a água por água limpa.
11. Colocar um pouco de pimenta na superfície da água.
12. Com o auxílio do palito colocar uma gota do detergente que produziu melhores efeitos no centro da água. Observar.



Explicação:

As moléculas de água são atraídas umas pelas outras e por isso têm tendência para não se afastarem. As moléculas de água que se encontram à superfície deste líquido têm tendência para se sentirem “puxadas” para dentro. Por este motivo forma-se uma espécie de pele da água (ver QUÍMICA nº129, pág. 65-68) e diz-se que a água tem tensão superficial. É a tensão superficial que permite a flutuação do barco nesta actividade. Os detergentes contêm surfactantes – substâncias que têm a capacidade de alterar as propriedades superficiais de um líquido. Quando adicionámos detergente junto do barco provocámos uma diminuição da tensão superficial da água naquela zona. As moléculas de água começaram a mover-se da zona com menor tensão superficial para a zona com maior tensão superficial, provocando assim o movimento do barco. O detergente funcionou como o nosso combustível. O barco foi puxado para a zona do líquido com maior tensão superficial, afastando-se assim do local onde colocámos o detergente. Quando adicionámos o detergente à água este começou a misturar-se - naquele preciso local passou a existir mais detergente mas, à medida que nos afastámos, a quantidade de detergente tornou-se progressivamente menor, foram estas diferenças que provocaram o movimento do barco. Dependendo da quantidade de água que estamos a utilizar, ou mais concretamente da extensão da sua superfície, as adições sucessivas de gotas de detergente provocam um efeito cada vez menor, até que deixa de se notar. Por isso é necessário trocar a água frequentemente – a água no recipiente começa a ficar com detergente e já não provocamos uma diferença tão grande quanto a inicial. Diferentes detergentes poderão provocar movimentos mais ou menos rápidos do barco, ou porque contêm uma maior concentração de surfactante, ou porque este



é mais eficaz. Na experiência com a pimenta o princípio é exactamente o mesmo, no entanto, desta vez, com a pimenta a cobrir a superfície da água conseguimos observar melhor o efeito quando tocámos com a gota de detergente - a pimenta afastou-se em círculos a partir do ponto de origem do surfactante funcionando assim como o nosso repórter.

Bibliografia

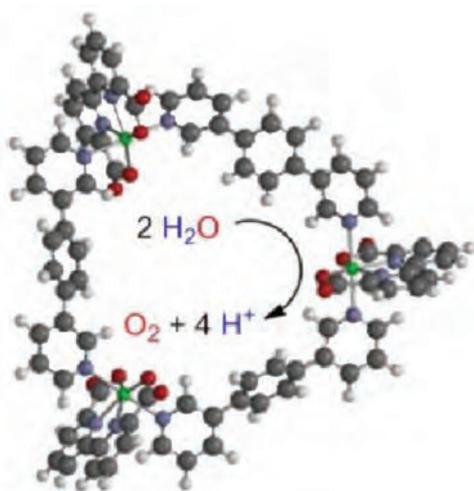
[1] Adaptado de *Build a soap model boat*, acessado a 11 de Abril 2016 em <https://sciencebob.com/build-a-soap-powered-model-boat/>

ACTUALIDADES CIENTÍFICAS

MIMETIZANDO A NATUREZA COM UM CATALISADOR DE RUTÉNIO

A fotossíntese artificial abraça a possibilidade de se ter uma fonte de energia limpa, amiga do ambiente e praticamente inesgotável. Os químicos deram mais um passo para alcançar esse objectivo.

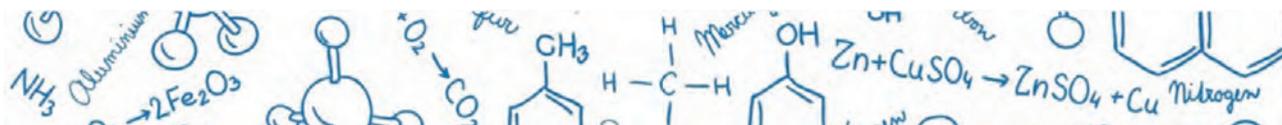
A Natureza mostra como fazer isso: a fotossíntese é um processo utilizado pelas plantas para, sob o efeito da luz, criar compostos orgânicos ricos em energia, geralmente sob a forma de hidratos de carbono, e oxigénio (O₂) a partir do dióxido de carbono (CO₂) e da água (H₂O). Se fosse possível reproduzir artificialmente um processo análogo em grande escala, inúmeros problemas da humanidade estariam provavelmente resolvidos. A possibilidade da fotossíntese artificial poder originar combustíveis de alta densidade de energia, nomeadamente hidrogénio, metano e metanol, reduzindo a quantidade de dióxido de carbono na nossa atmosfera, teria um impacto significativo no abrandamento das alterações climáticas que temos vindo a assistir.



Vários catalisadores, nomeadamente de ruténio, têm vindo a ser utilizados no estudo da fotossíntese artificial. O principal problema tem sido mimetizar a elegância e eficiência do processo de oxidação da água que ocorre naturalmente por acção do complexo do fotossistema II (OEC-PSII). Geralmente, os catalisadores estudados tendem a decompor-se rapidamente. Recentemente, investigadores da Universidade de Würzburg, Alemanha, usaram um catalisador de ruténio com uma estrutura supramolecular com elevada estabilidade que mimetiza o mecanismo de oxidação que ocorre naturalmente e com elevada eficiência. O sistema catalítico mostrou ser bastante mais eficiente que outros sistemas já estudados, se bem que a equipa de investigadores não consiga explicar ainda a razão desse facto. Espera-se que cálculos teóricos possam elucidar esta questão em breve.

(adaptado de Toward artificial photosynthesis: Mimicking the ingenuity of nature, <https://www.sciencedaily.com/releases/2016/05/160503072412.htm> e de M. Schulze, V. Kunz, P.D. Frischmann, F. Würthner, *Nature Chemistry* (2016) doi:10.1038/nchem.2503)

Paulo Mendes
(pjgm@uevora.pt)





27th International Conference on Organometallic Chemistry (ICOMC 2016)

A ICOMC 2016 terá lugar em Melbourne, na Austrália, de 17 a 22 de Julho de 2016. Em paralelo com este evento terá lugar, de 17 a 21 de Julho, a Conferência Nacional 2016 da Divisão de Química Inorgânica do *Royal Australian Chemical Institute* (IC'16).

O programa científico inclui lições plenárias, lições convidadas, *keynotes*, comunicações orais e comunicações em painel interactivas e dinâmicas, criando deste modo a possibilidade de discussão de conceitos e ideias entre os participantes na Conferência. De modo a encorajar e apoiar a participação da “nova geração” de cientistas estão disponíveis algumas bolsas para estudantes.

Os tópicos do ICOMC incluem Complexos de metais de transição, Grupo principal, Química dos terras raras, Química bio-organometálica, Estrutura e reactividade, Aplicações em síntese assimétrica, Estudos teóricos, Química sustentável e Aspectos gerais de Química organometálica. No âmbito do IC'16 serão abordados os tópicos: Química bioinorgânica e metais em medicina, Polímeros de coordenação/Redes metalo-orgânicas, Química supramolecular, Agregados Inorgânicos, Química do estado sólido e nanoquímica, Conversão e armazenamento de energia, Química teórica e computacional e ainda Aspectos gerais de Química Inorgânica, criando um programa que abrange a ciência fundamental e áreas aplicadas, permitindo um grande envolvimento e participação de todos os presentes.

icomc2016@arinex.com.au
<http://icomc2016.com/>



6th EuCheMS Chemistry Congress

O 6.º Congresso da EuCheMS é organizado em parceria com a ANQUE (Associação Nacional de Químicos de Espanha) e realizar-se-à em Sevilha entre 11 e 15 de Setembro de 2016. Do programa destacam-se as conferências plenárias proferidas por 5 prémios Nobel (Jean-Marie Pierre Lehn – 1987; Harold Walter Kroto – 1996; Aaron Ciechanover – 2004; Richard R. Schrock – 2005; Ada Yonath – 2009). Haverá também outras conferências convidadas. No congresso serão abordados os temas: Educação e Sociedade (Educação em Química; Química, sociedade e reconhecimento público; Criação de riqueza e sociedade); O Ambiente, Energia e Sustentabilidade (Energia sustentável e qualidade do ar; Gestão do ambiente e dos recursos naturais; Química Sustentável; Química alimentar); Novos Compostos Químicos: Sínteses, Métodos e Processos Industriais (Síntese e reactividade de compostos com metais; Síntese e reactividade de compostos de carbono; Métodos

e mecanismos; Catálise em solução); Catálise, Indústria e Aplicações (Química na indústria, Novos processos Industriais, Catálise em interfaces); Materiais, Dispositivos e Nanoquímica (Química dos materiais; Nanomateriais, dispositivos, tecnologia e aplicações; Técnicas analíticas, caracterização e propriedades; Nanomateriais de carbono); Propriedades da Matéria (Estados da matéria; Propriedades de materiais; Química dos polímeros; Ambientes computacionais inovadores para a ciência molecular); Métodos Físicos, Analíticos e Experimentais em Química: (Métodos analíticos e físicos; Determinação de estrutura e propriedades físicas; Dinâmica química); Química nas Ciências da Vida (Química biológica e descoberta de fármacos; Biomacromoléculas; Métodos e aplicações na interface química-biologia; Métodos *in-silico* nas ciências da vida). Ocorrerá um simpósio paralelo de um dia, que celebrará os 250 anos do nascimento, vida e obra de John Dalton. O simpósio está dividido em duas partes que refletem tanto a carreira de John Dalton e as suas contribuições inovadoras para a prática de ensino, bem como as contribuições fundamentais que ele fez para a química e a nossa compreensão dos elementos.

Com o objectivo de incentivar a cooperação e a colaboração entre investigadores europeus e latino-americanos, acontecerá um Simpósio paralelo de um dia sobre as ciências químicas na América Latina. Consistirá em apresentações por investigadores reputados seleccionados de países latino-americanos, sendo possível apresentações orais por investigadores de fora da América Latina.

organizing.committee@euchems-seville2016.eu
<http://euchems-seville2016.eu>



XIII Encontro de Química dos Alimentos (XIII EQA)

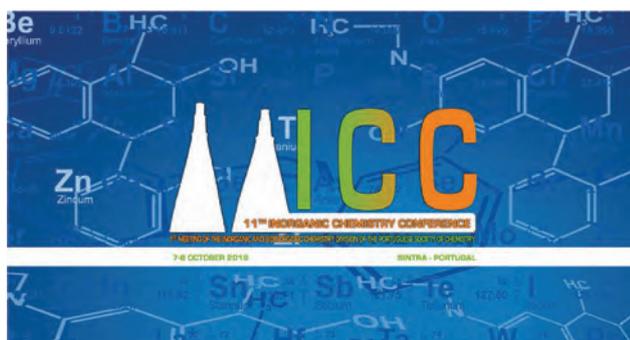
O XIII Encontro de Química dos Alimentos (XIII EQA) insere-se nas actividades da Divisão de Química Alimentar da Sociedade Portuguesa de Química, decorrendo com uma periodicidade bienal. O XIII Encontro de Química dos Alimentos terá lugar no Porto, entre os dias 14 e 16 de Setembro de 2016. Este encontro tem como tema: “Disponibilidade, valorização e inovação: uma abordagem multidimensional dos alimentos”. Pretende-se que o XIII EQA seja um espaço de discussão de temas actuais e emergentes ligados à área alimentar, juntando peritos e jovens investigadores da academia, centros de investigação e indústria. Este evento conta já com a presença de individualidades internacionais de renome na temática, bem como de investigadores nacionais e várias indústrias com trabalho e

envolvimento na sustentabilidade económica, ambiental e social.

Além dos assuntos gerais relacionados com a química alimentar, será dado um especial enfoque em temas como a redução de desperdício, valorização e inovação alimentar, promovendo-se durante o evento um fórum de discussão entre todos os participantes.

Todos os resumos aceites poderão ser submetidos sob a forma de artigo de três a quatro páginas que serão publicados num livro de actas. Destes artigos, alguns serão seleccionados para publicação posterior na revista *Tecno-Alimentar*.

13eqa.eventos.chemistry.pt
www.13eqa.eventos.chemistry.pt



11th Inorganic Chemistry Conference / 1st Meeting of the Inorganic and Bioinorganic Chemistry Division of the Portuguese Society of Chemistry

A Divisão de Química Inorgânica e Bioinorgânica da Sociedade Portuguesa de Química (SPQ) realizará nos dias 7 e 8 de Outubro de 2016, em Sintra, a sua 11th Inorganic Chemistry Conference. A reunião será também o 1st Meeting of the Inorganic and Bioinorganic Chemistry Division of the Portuguese Society of Chemistry, assinalando a nova designação e âmbito da Divisão. Esta Conferência bienal da SPQ é um fórum de discussão de todos os temas actuais da química inorgânica, em particular dos que se encontram na interface com outras áreas científicas, designadamente catálise, energia, materiais, nanotecnologia, biologia e medicina.

O programa científico incluirá lições plenárias e *keynotes*, bem como comunicações orais e em *poster*. Durante a Conferência, será apresentada a 3.^a edição do *Prémio Alberto Romão Dias*, introduzido pela SPQ em 2009, e haverá uma lição plenária do premiado. A Conferência terá também a presença especial como orador de Luis Oro (Universidad de Zaragoza), que recebeu o *Prémio Luso-Espanhol de Química 2015 (Conferência Lourenço-Madinaveitia)*, instituído conjuntamente pela SPQ e a Real Sociedad Española de Química. Outros oradores confirmados: Luigi Casella (Università degli studi di Pavia), Tito Trindade (Universidade de Aveiro) e John K. Gibson (Lawrence Berkeley National Laboratory).

11icc@chemistry.pt
<http://11icc.eventos.chemistry.pt>



XXII Encontro Luso-Galego de Química

Na sequência dos encontros realizados desde 1985, alternadamente em Portugal e Espanha, decorrentes da estreita relação existente entre a Sociedade Portuguesa de Química (SPQ) e o Colégio Oficial de Químicos (COLQUIGA), o Instituto Politécnico de Bragança tem o prazer de organizar e receber o XXII Encontro Luso-Galego de Química entre os dias 9 e 11 de novembro de 2016.

À semelhança dos encontros anteriores, o programa do XXII Encontro Luso-Galego de Química integrará 5 sessões plenárias sobre temas atuais, proferidas por investigadores de renome internacional:

- **Mario G. Ferruzzi** (Plants for Human Health Institute and Department of Food, Bioprocessing and Nutrition Science, North Carolina State University, USA)
- **Francisco Guitian Rivera** (Departamento de Edafologia e Química Agrícola, Universidade de Santiago de Compostela)
- **João F. Mano** (Departamento de Química, CICECO – Universidade de Aveiro)
- **Diego Moldes Moreira** (Departamento de Engenharia Química, Universidade de Vigo)
- **João Paulo Crespo** (LAQV-REQUIMTE, FCT - Universidade Nova de Lisboa)

O programa incluirá ainda diversas comunicações orais e em painel nas seguintes áreas científicas: Bioquímica e Biotecnologia; Catálise; Educação e Ensino da Química; Nanoquímica e Nanotecnologia; Química Agro-Mar-Alimentar; Química Analítica; Química dos Polímeros; Química e Ambiente; Química e Saúde; Química-Física; Química Industrial e Engenharia; Química Inorgânica; Química Orgânica; Química Verde.

xxiilgq@chemistry.pt
<http://xxiilgq.eventos.chemistry.pt>



Sociedade Espanhola de Química Medicinal (SEQT)

A Sociedade Espanhola de Química Medicinal (SEQT) irá organizar o 12.^o Mini-Simpósio da SEQT / 3.^o Encontro Hispano-Luso-Brasileiro a 17 e 18 de Novembro de 2016 em Madrid. O tema deste encontro conjunto será *Química Medicinal das Doenças Tropicais*.

O programa científico incluirá sessões plenárias, comunicações orais e apresentações *flash*.

jornadas_seqt@iqm.csic.es
www.seqt.org



6th Conference of the Brazilian Mass Spectrometry Society (6th BrMASS)

6th Conference of the Brazilian Mass Spectrometry Society (6th BrMASS) / 1st Ibero American Conference on Mass Spectrometry (1st IbMASS) / 13th Uppsala Conference on Electron Capture and Transfer Dissociation (13th UppCon) A 6th BrMASS / 1st IbMASS / 13th UppCon terá lugar no Rio de Janeiro, entre 10 e 14 de Dezembro de 2016, e será subordinada ao tema *Advances in MS Instrumentation and State-of-the-Art MS Applications*. A edição anterior (5th BrMASS) contou com um total de 1270 participantes o que a tornou a terceira maior conferência de espectrometria de massa (MS) a nível mundial. Para esta edição estão previstos cerca de 2000 participantes provenientes do Brasil, de todos os Países Iberoamericanos bem como de todo o mundo.

A 6th BrMASS / 1st IbMASS / visa proporcionar conhecimentos avançados em MS para estudantes de todos os níveis, desde graduação, pós-graduação, pós-doutoramento e jovens investigadores, até investigadores seniores e profissionais nas áreas de instrumentação e aplicações de ponta de MS.

A conferência incluirá palestras plenárias e *keynotes*, apresentações orais e em painel, eventos sociais importantes, bem como *stands* de empresas de equipamentos de MS, favorecendo o contacto entre todos os participantes do evento.

A 13th UppCon decorrerá como uma seção paralela no 6th BrMASS / 1st IbMASS e proporcionará um fórum para apresentar e discutir resultados sobre reacções de electrão-ião e ião-ião (ECD, ETD, EDD, NetD, niECD), incluindo experiências, teoria, evolução de instrumentação e aplicações.

<http://ibero2016.brmass.com.br>



21st IUPAC International Conference on Organic Synthesis (ICOS 21)

A 21st IUPAC International Conference on Organic Synthesis (ICOS 21) pertence a uma série de conferências bienais, iniciadas em 1976 pela IUPAC como uma plataforma para a exposição de temas novos e futuros, no campo da química orgânica. A conferência volta à Índia vinte e dois anos depois da edição de 1994 realizada em Bangalore. As conferências ICOS são eventos globais reunindo sempre um grande conjunto de novas ideias e investigadores de todo o mundo.

Os temas considerados por esta conferência são as áreas da investigação em química orgânica incluindo essencialmente as fronteiras da síntese total, concepção de novas metodologias, química em fluxo, a ativação da ligação C-H e química industrial e farmacêutica.

icos21@chem.iitb.ac.in

<http://www.chem.iitb.ac.in/icos21/>

O seu passado



**Pioneirismo
num novo
conceito de
revistas de
sociedades!**

O seu futuro



17 – 22 Julho 2016 em Melbourne, Austrália

27th International Conference on Organometallic Chemistry (ICOMC 2016)
icomc2016@arinex.com.au
www.icomc2016.com

20 – 22 Julho 2016 em Alicante, Espanha

XXV Reunião Nacional de Espectroscopia / IX Congresso Ibérico de Espectroscopia
rne-cie2016@ua.es
web.csidiomas.ua.es/congresos/espectroscopia/index.html

24 – 29 Julho 2016 em Jena, Alemanha

27th International Symposium on Organic Chemistry of Sulfur (ISOCS 27)
felix.angermueller@conventus.de
www.isocs-27.org

15 – 20 Agosto 2016 em Kuching, Malásia

24th IUPAC International Conference on Chemistry Education (ICCE 2016)
icce2016@icce2016.org.my
www.icce2016.org.my

20 – 26 Agosto 2016 em Toronto, Canadá

21st International Mass Spectrometry Conference (IMSC 2016)
contact@imsc2016.ca
www.imsc2016.ca

28 Agosto – 1 Setembro 2016 em Manchester, Reino Unido

XXIV EFMC International Symposium on Medicinal Chemistry (EFMC-ISMC 2016)
info@LDOrganisation.com
www.ldorganisation.com/v2/produits.
php?langue=english&cle_menus=1238915829&cle_data=1360153405

29 Agosto – 2 Setembro 2016 em Helsínquia, Finlândia

9th International Conference on Nuclear and Radiochemistry (NRC9)
teija.s.koivula@helsinki.fi
nrc9.it.helsinki.fi

4 – 7 Setembro 2016 em Minsk, Bielorrússia

23rd Conference on Isoprenoids
conf@isoprenoids-23.basnet.by
www.isoprenoids-23.basnet.by

5 – 7 Setembro 2016 em Évora

40.^a Reunião Ibérica de Adsorção (40.^a RIA)
40ria@uevora.pt
www.40ria.uevora.pt

7 – 10 Setembro 2016 em Toledo, Espanha

Vth Spanish-Portuguese Workshop on Photochemistry
congreso.photochemistry.toledo@uclm.es
www.toledo-photochemistry.es

9 – 10 Setembro 2016 em Sevilha, Espanha

Challenges and Prospects for Solid State Chemistry

cpssc16@icmse.csic.es

cpssc16.ciccartuja.es

11 – 15 Setembro 2016 em Sevilha, Espanha

6th EuCheMS Chemistry Congress
organizing.committee@euchems-seville2016.eu
euchems-seville2016.eu

14 – 16 Setembro 2016 no Porto

XIII Encontro de Química dos Alimentos
13eqa@chemistry.pt
13eqa.eventos.chemistry.pt

18 – 23 Setembro 2016 em Montevideo, Uruguai

XXV Congresso Iberoamericano de Catalise
cicat2016@congresos-rohr.com
www.cicat2016.org

23 – 26 Setembro 2016 no Porto

Terceiro Simpósio Iberoamericano de Química Orgânica (SIBEAQO-III)
sibeaqo3@iceta.up.pt
www.iceta.up.pt/SIBEAQO3

24 – 27 Setembro 2016 em Izmir, Turquia

The 29th International Symposium on the Chemistry of Natural Products (ISCNP-29) and The 9th International Conference on Biodiversity (ICOB-9)
icob9@serenas.com.tr
www.iscnp29-icob9.org

7 – 8 Outubro 2016 em Sintra

11th Inorganic Chemistry Conference / 1st Meeting of the Inorganic and Bioinorganic Chemistry Division of the Portuguese Society of Chemistry
11icc@chemistry.pt
11icc.eventos.chemistry.pt

9 – 11 Novembro 2016 em Bragança

XXII Encontro Luso-Galego de Química
xxiilgq@chemistry.pt
xxiilgq.eventos.chemistry.pt

17 – 18 Novembro 2016 em Madrid, Espanha

XIIth SEQT Mini Symposium & IIIrd Spanish/Portuguese/Brazilian Meeting
jornadas-seqt@iqm.csic.es
www.seqt.org/seqt/congresos.asp

10 – 14 Dezembro 2016 no Rio de Janeiro, Brasil

6th BRMASS (6th Conference of the Brazilian Mass Spectrometry Society / 1st IbMASS (IberoAmerican Conference on Mass Spectrometry) / 13th UppCon (13th Uppsala Conference on Electron Capture and Transfer Dissociation)
ibero2016.brmass.com.br

11 – 16 Dezembro 2016 em Bombaim, Índia

21st International Conference on Organic Synthesis (ICOS 21)
icos21@chem.iitb.ac.in
www.chem.iitb.ac.in/icos21