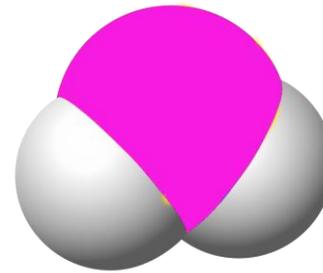
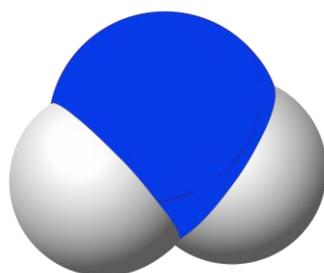
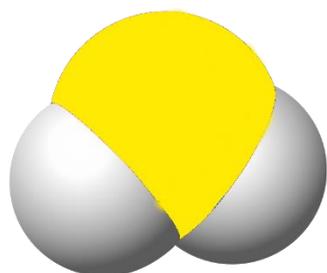


# Laboratórios Abertos '15



INTERNATIONAL  
YEAR OF LIGHT  
2015



**Laboratórios Abertos 2015**

**Editado por:**  
**Departamento de Engenharia Química**  
**Instituto Superior Técnico**

**Edição de:**  
**Maria Amélia Lemos, Cristina Gomes de Azevedo, Dulce Simão**

**Com a colaboração de:**  
**Núcleo de Engenharia Química**



**Capa:**  
**Alexandre Lemos**  
**Fevereiro 2015**

**ISBN: 978-989-99508-2-5**

## Índice

Índice .....	3
Programa .....	4
Prefácio .....	6
Palestras .....	7
A Química das Fibras, do Vestuário à Aeronáutica .....	8
Da Abadia à Imperial - Produção artesanal e produção industrial - O papel da Engenharia Química na produção industrial .....	16
A Estufa em que Vivemos .....	22
Átomos, Moléculas e Materiais Luminosos.....	28
Ciclo Urbano da Água .....	33
Nanoareias ao Serviço da Sociedade.....	38
Socorro, a Eletricidade Está em Toda a Parte! .....	42
O que é o Petróleo e o Seu Papel na Sociedade Actual.....	47
Comunicações por Fibra Óptica .....	51
A Química e a Vida .....	55
Experiências no Laboratório.....	61
Acidificantes ou...Refrigerantes? .....	62
Materiais Inteligentes .....	72
O Ar que Respiramos.....	80
Cor, Luz e Química Orgânica .....	85
À Luz da Engenharia Química.....	105
A 4ª dimensão da engenharia química! .....	111
Equipa.....	116
Escolas Participantes .....	117
Patrocínios .....	118

## Programa

### Ensino Secundário – Atividades de 2 a 6 de Fevereiro de 2015

	<b>Horário</b>	<b>Atividades</b>	
Manhã	9:30 h	Palestra	
	10:30 – 12:30 h	Experiências nos laboratórios	
Tarde	14:30 h	Palestra	
	15:30 – 17:30 h	Experiências nos laboratórios	

<b>Palestras</b>			
02/02/2015	9:30 h	A Química das Fibras, do Vestuário à Aeronáutica Rui Dias – Fisipe	
	14:30 h	Da Abadia à Imperial – Química e Processo da Cerveja Alexandra Marques – Alfa Laval	
03/02/2015	9:30 h	A Estufa em que Vivemos Francisco & Amélia Lemos – DEQ/IST	
	14:30 h	Átomos, Moléculas e Materiais Luminosos Mário Nuno Berberan Santos – DEQ/IST	
04/02/2015	9:30 h	O Ciclo Urbano da Água Pedro Póvoa – Águas de Portugal	
	14:30 h	Nanoareias ao Serviço da Sociedade Carlos Baleizão – DEQ/IST	
05/02/2015	9:30 h	Socorro, a Eletricidade Está em Toda a Parte! Alda Simões – DEQ/IST	
	14:30 h	O Papel do Petróleo na Nossa Sociedade Pedro Oliveira – Galp Energia	
06/02/2015	9:30 h	Comunicações por Fibra Ótica Luís Santos – DEQ/IST	
	14:30 h	A Química e a Vida José Armando Silva – DEQ/IST	

---

## Experiências nos Laboratórios

---



Acidificantes ou ...  
Refrigerantes?

Materiais inteligentes

O Ar que Respiramos –Show  
NiDicOx

Cor, Luz e Química  
Orgânica

À Luz da Engenharia  
Química

Engenharia  
Química – 4D

---

## Prefácio

No Ano Internacional da Luz o DEQ lança luz sobre os segredos da Química e dos Materiais. O Departamento de Engenharia Química do Técnico convidou cerca de 2500 alunos, de vários níveis de ensino, a participar ativamente nesta descoberta realizando experiências interativas nos Laboratórios Abertos.

A edição de 2015 dos Laboratórios Abertos do Departamento de Engenharia Química do Técnico teve lugar entre 2 e 13 de Fevereiro na Torre Sul.

Nesta edição dos Laboratórios Abertos pretendeu-se dar uma visão do papel da Química, Engenharia Química e Engenharia de Materiais na vida moderna, em particular para alunos do Ensino pré-Universitário, através de um conjunto de palestras, proferidas por docentes universitários e por profissionais da indústria, e experiências no laboratório.

Esta atividade foi incluída no programa oficial das Comemorações do Ano Internacional da Luz em Portugal (<http://ail2015.org/>).

## Palestras

Esta edição dos “Laboratórios Abertos 2015” mantém o formato de uma palestra temática seguida de um conjunto de atividades experimentais.

Nesta primeira secção incluem-se os resumos de todas palestras que cobrem um vasto conjunto de domínios que estão abertos aos Químicos, Engenheiros Químicos, Engenheiros de Materiais ou afins nas suas atividades profissionais e com um impacto importante na nossa qualidade de vida, abarcando temas que vão desde a Química do Petróleo aos Materiais Avançados para Comunicações por Fibra Ótica à Água que bebemos.

## *A Química das Fibras, do Vestuário à Aeronáutica*

Rui Dias

FISIPE, Fibras Sintéticas de Portugal

2836-908 Lavradio

As fibras sintéticas, como a maior parte as invenções, são um de muitos exemplos das tentativas do Homem imitar e melhorar as propriedades dos materiais que a Natureza lhe oferece. No entanto, antes que a Química o permitisse, o Homem usou exclusivamente fibras naturais.

As primeiras indicações indirectas do uso de material fibroso em vestuário remontam à pré-história, num período mal definido, entre 150000 e 80000 AC. Mas sabe-se que há cerca de 30000 anos já se tingia linho, numa região que é actual República da Geórgia<sup>1</sup>. As primeiras agulhas são aproximadamente da mesma época<sup>2</sup>. Estas ferramentas e fibras seriam usadas apenas para coser retalhos de pele juntos.

Os primeiros artigos têxteis construídos integralmente a partir de fibras, depois de transformadas em fio, são mais recentes: algodão no vale do rio Indo entre 5000 e 4000 AC<sup>3</sup>, seda na China entre 5000 e 3000 AC<sup>4</sup> e linho para vestuário, lençóis e almofadas no Antigo Egipto a partir de cerca de 6000 AC<sup>5</sup>.

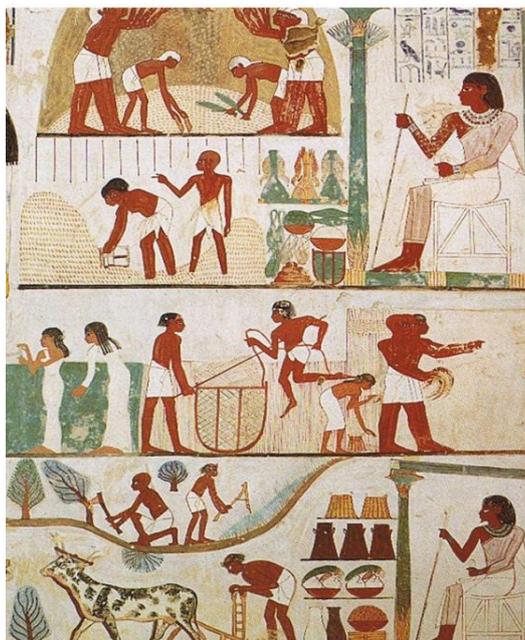


Figura 1, Mural do túmulo de Nahkt, 1500 AC

A lã, devido às crenças egípcias acerca de animais, não podia entrar em templos e os tecidos respectivos não podiam contactar com a pele, mas como é uma fibra desconfortável e quente para o clima egípcio, esta regra religiosa não prejudicava os aspectos práticos.

Na Grécia Antiga o vestuário era feito principalmente de lã, mas também linho e alguma seda. O fabrico de tecidos era uma actividade caseira fastidiosa, entregue às mulheres. A grande maioria da roupa era branca; cores e padrões eram relativamente raros. Na Roma Antiga, a fibra mais usada era também a lã<sup>6</sup>. Algodão e seda eram importados; a última era um produto de luxo acessível apenas aos mais ricos. Os tecidos eram frequentemente tingidos: o corante púrpura de Tiro era obtido a partir de um molusco e era a “cor do imperador”. O açafraão também era um corante caro. De utilização mais frequente e económica eram o indigo e o extracto vermelho da raiz da garança (*Rubia tinctorum*).



Figura 2, Tinturaria, pintura mural em Pompeia

Na Europa, desde a Idade Média até à Revolução Industrial, os têxteis foram-se sofisticando gradualmente, na complexidade das peças de vestuário e no uso para decoração. A lã manteve-se como o material mais importante entre todas as classes sociais<sup>7</sup>, principalmente para vestuário exterior. Com esta fibra produziam-se tecidos de variadas espessuras, crus ou tingidos. O linho era preferido para vestuário interior.

Provavelmente os símbolos mais poderosos da Revolução Industrial são a mecanização da fição e tecelagem do algodão em Inglaterra, o que contribuiu irreversivelmente para o facto de esta ser a fibra natural mais importante a nível mundial, mesmo considerando que as outras fibras também beneficiaram da tecnologia.

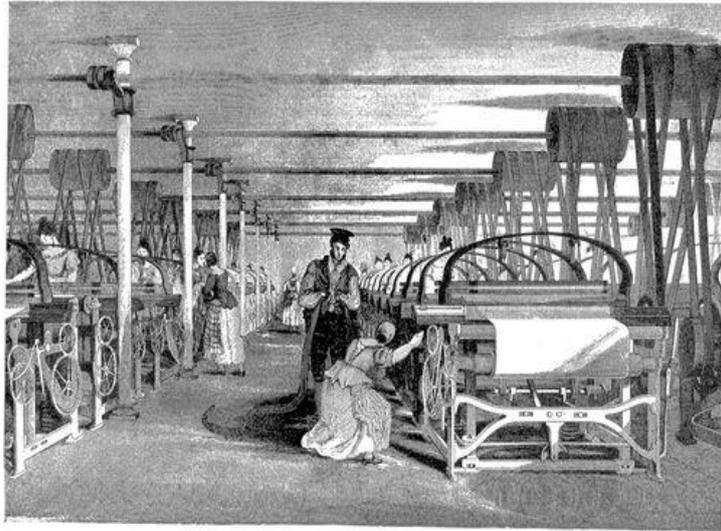


Figura 3, Tecelagem de algodão, Inglaterra, 1835

Entre o final do século XIX e o princípio do século XX, os avanços na Química permitiram, obviamente entre muitas outras aplicações, as primeiras experiências de produção de fibras sintéticas. Previsivelmente, estes ensaios tiveram como matéria-prima a celulose, de longe o material fibroso natural mais abundante. Uma característica química comum a todas as fibras, naturais ou sintéticas é serem compostas por moléculas muito grandes e lineares, que são repetições de unidades mais pequenas. Estas moléculas designam-se por “polímeros” e é devido à sua estrutura que as fibras são ao mesmo tempo flexíveis e resistentes à tracção. O primeiro caso de sucesso de uma fibra “sintética” foi a viscose, que se poderia também designar por “celulose regenerada”. É produzida por transformação de celulose de madeira numa forma solúvel – xantato de celulose – por reacção com sulfureto de carbono em hidróxido de sódio aquoso. O resultado é um líquido viscoso, habitualmente designado por “xarope”.



Figura 4, Tecido de viscose

Esta solução é extrudida em filamentos através de uma placa metálica perfurada (“spinnerete”) para um banho de ácido sulfúrico, em que o xantato de celulose se transforma novamente em celulose sólida e se recupera o sulfureto de carbono.

A fibra obtida é tão macia e confortável como as fibras naturais, pode ser tingida numa extensa gama de cores e, o que é uma característica única e comum a todas as fibras sintéticas, pode ser fabricada com vários diâmetros de filamentos e secção transversal, para uma multiplicidade de efeitos e propriedades finais.

Foi apenas a partir de meados do século XX que se produziram as primeiras fibras sintéticas no estrito sentido da expressão, isto é, baseadas em polímeros sintéticos e não por modificação de polímeros naturais. O primeiro grande exemplo é o *nylon*, uma poliamida com algum parentesco químico com a lã (que é uma proteína), inventado na década de 30 por Carothers<sup>8</sup>, chefe de investigação em química orgânica na DuPont, EUA. O *nylon* permite obter fibras muito duráveis e resistentes. É usado em vestuário, cordas, pára-quadras e compósitos para componentes de automóveis.



Figura 5, Pára-quadras em nylon

O poliéster foi outra invenção de Carothers e deu origem àquela que é a fibra sintética mais barata e a mais usada na actualidade, com uma quota de mais de 80%, mas a produção só se tornou economicamente viável em 1970. A maior parte do vestuário desportivo é feita de poliéster, tal como as garrafas de água e refrigerantes. O polímero mais frequente é o poli(tereftalato de etileno), ou PET.

Tanto o poliéster e o *nylon* são extrudidos directamente a partir do polímero fundido. Nestes casos, não é necessário usar solvente; no exemplo seguinte, a situação é diferente:

A fibra acrílica é um parente mais “discreto” no universo das fibras sintéticas, com uma quota de cerca de 5 a 6%. É baseada em co-polímeros de acrilonitrilo com outro monómero, acetato de vinilo ou acrilato de metilo, para citar os mais comuns.

No início, no entanto, o acrilonitrilo foi usado no fabrico de borracha sintética pela Alemanha no princípio da década de 1930. Foi novamente a DuPont que em 1950 patenteou a primeira

fibra acrílica, “Orlon”, após ter descoberto vários solventes para o polímero, o que permitiu produzir fibras acrílicas por extrusão. Deve notar-se aqui que o poliácilonitrilo não se funde: decompõe-se antes desse ponto numa massa carbonácea, o que impede a produção de fibras a partir do polímero fundido. Esta propriedade não é forçosamente uma desvantagem. Na realidade, é uma vantagem surpreendente, como se verá mais adiante.

Os solventes mais usados para obter o “xarope” são a dimetilacetamida, dimetilformamida, tiocianato de sódio aquoso e sulfóxido dimetílico para “extrusão em húmido”, isto é, os filamentos formam-se por coagulação da solução do polímero num banho com um “não-solvente”. Na FISIFE utiliza-se dimetilacetamida.



Figura 6, Extrusão em húmido, FISIFE

A extrusão também pode ser feita a seco: a coagulação ocorre por evaporação do solvente quando o xarope é extrudido numa câmara aquecida. Apenas a dimetilformamida é suficientemente volátil para este processo.

Tal como outras fibras sintéticas, a fibra acrílica pode ser produzida, logo na linha de produção, numa grande variedade de diâmetros e formas de filamentos, cores e brilhos. O tingimento pode ser feito com corantes catiónicos, nas linhas de produção: a fixação dá-se em poucos segundos, enquanto um tingimento convencional demora mais de 2 horas e consome uma quantidade enorme de água e energia.

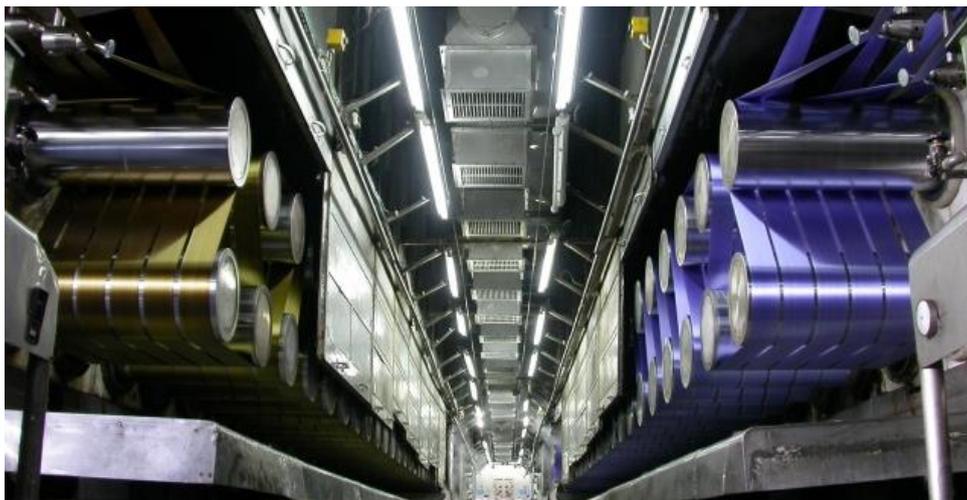
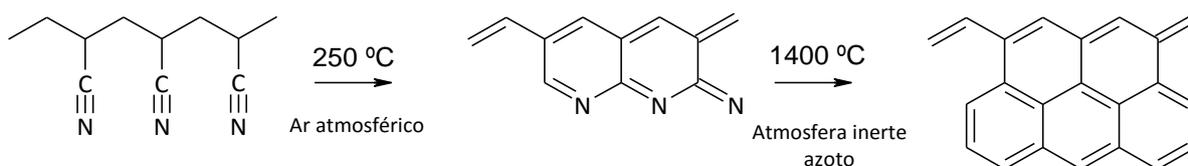


Figura 7, Fibra tingida em linha, FISIFE

A secção transversal é estabelecida pela forma dos orifícios dos *spinneretes*. Filamentos de secção rectangular, por exemplo, são usados para artigos de imitação de pêlo natural. O aspecto e o toque da fibra acrílica são muito semelhantes ao da lã e por isso é usada principalmente para vestuário externo.

No entanto, apesar do pequeno peso no mercado global, a fibra acrílica tem uma característica química aparentemente insignificante: a elevada fracção de carbono, 68%. Este facto faz da fibra acrílica a matéria-prima de eleição para o fabrico de fibra de carbono; actualmente estima-se que cerca de 90% da fibra de carbono é produzida a partir de fibra acrílica.

A conversão de fibra acrílica em fibra de carbono é um processo lento no qual a fibra acrílica é progressivamente oxidada, perdendo primeiro uma parte do hidrogénio até 250 °C e depois o azoto e oxigénio entre 600 e 1400 °C até conter mais de 95% de carbono.



Fibra acrílica, branca

Fibra oxidada, preta

Fibra de carbono, cinzenta

É neste ponto que o facto de a fibra acrílica não se fundir é uma vantagem: pode ser oxidada àquelas temperaturas, mantendo-se sempre no estado sólido, mesmo com as alterações químicas que sofre ao longo do processo. Por isso, muito poucas outras fibras servem como precursores de fibra de carbono. Das restantes fibras sintéticas, apenas a viscose tem alguma importância industrial, mas o rendimento é baixo porque tem menos carbono do que a fibra acrílica.

A fibra de carbono tem propriedades mecânicas singulares: por exemplo, para a mesma massa, a resistência à tracção é 10 vezes superior à do aço, o que permite construir peças

extremamente leves e resistentes. Os produtos baseados em fibra de carbono são na realidade um compósito, no qual a fibra é impregnada numa resina e contribui para a enorme resistência à flexão e tracção do material resultante.

Os materiais compósitos reforçados com fibra de carbono têm uma gama muito larga de aplicações: desde equipamento desportivo e de lazer (raquetes, tacos, canas de pesca), a componentes para automóveis e robôs industriais até à aeronáutica, onde já compõem até cerca de 50% da estrutura de aviões comerciais.



Figura 8, Airbus 350, que incorpora mais de 50% em compósitos

A outras altitudes, o *Space Shuttle* continha já vários componentes em compósitos de fibra de carbono. Os satélites e as estações espaciais incorporam fibra de carbono nos elementos estruturais, nos reservatórios pressurizados de combustível, nos painéis solares e antenas, apenas para citar alguns exemplos de como, começando na imitação do que a Natureza oferece o Homem para a sua sobrevivência, se progrediu para materiais e aplicações com que os nossos antepassados dificilmente sonhariam, mesmo os mais ousados.

## Referências

1. Kvavadze E, Bar-Yosef O, Belfer-Cohen A, Boaretto E, Jakeli N, Matskevich Z, Meshveliani T. 30,000-Year-Old Wild Flax Fibers. *Science*; 2009(325) p 1359
2. Hoffecker J, Scott J. Excavations In Eastern Europe Reveal Ancient Human Lifestyles. *University of Colorado at Boulder News Archive*; 2009 (Mar)
3. Gopal L. *Textiles in Ancient India*. Leiden: E.J.Brill; 1961
4. Vainker, S. *Chinese Silk: A Cultural History*. Rutgers University Press; 2004
5. Tierney T. *Ancient Egypt Fashions*. Courier Corporation; 1999
6. Forbes J. *Studies in Ancient Technology vol. IV*. Netherlands: E.J. Brill; 1964

7. Désirée K. "Value-Added Stuffs and Shifts in Meaning: An Overview and Case-Study of Medieval Textile Paradigms", in Koslin and Snyder, *Encountering Medieval Textiles and Dress*. New York: Palgrave Macmillan; 2002 pp. 237–240
8. Hermes M. *Enough for One Lifetime*. Wallace Carothers, Inventor of Nylon, Chemical Heritage Foundation; 1996

## *Da Abadia à Imperial - Produção artesanal e produção industrial - O papel da Engenharia Química na produção industrial*

Alexandra Marques

Alfa Laval, Lisboa.

A história da cerveja começa nas Antigas civilizações tendo-se desenvolvido na Europa a partir da Idade Média.

Na Idade Média a cerveja era produzida artesanalmente nos Mosteiros e Abadias pelos Monges. Os períodos de jejum a que os Monges se sujeitavam, em que as bebidas eram permitidas levaram ao desenvolvimento da qualidade da cerveja tornando-a mais saborosa e nutritiva. Tinham um processo básico e manual mas onde os passos principais do processo eram realizados de forma artesanal. Ao longo dos séculos a cerveja dos monges foi sendo comercializada, taxada e legislada pelos Nobres...

Actualmente na Bélgica existem vários mosteiros que ainda estão ligados a este tipo de produção em pequena escala! A Alemanha tem também uma longa tradição no consumo da cerveja.

Em Portugal, existem actualmente umas 3 ou 4 marcas já implementadas no mercado. Essa produção é feita em mini fábricas tendo evoluído do processo artesanal.



A industrialização da produção da cerveja está directamente ligada a duas invenções, a máquina a vapor por James Watt e a refrigeração por Carl Linde.

O vapor e o frio são duas utilidades essenciais no processo da cerveja. Já começamos aqui a entrar no papel da Engenharia, determinante para o processo industrial.

Vamos em seguida, abordar de uma forma generalizada o processo global da produção da cerveja numa fábrica e qual o papel interveniente da Engenharia Química para que seja possível beberem uma imperial num bar, á refeição ou comprarem no supermercado.

Actualmente a cerveja é uma das bebidas mais consumidas no mundo.

Em Portugal produzem-se cerca de 7 milhões de hl de cerveja anualmente sendo uma parte consumo interno e outra parte exportação.



## **Fábrica de cerveja**

Imaginemos que tínhamos muitos milhões de €.... Sim, dependendo da capacidade da fábrica vamos precisar entre 50 a 80 milhões de Euros.

Vamos então ver o que é necessário para produzir cerveja e qual o papel da Engenharia química em todo o processo de estudo, projecto e implementação de uma fábrica.

### **1. Matérias-Primas:**

**Malte** – obtém-se da cevada, intervém no processo químico e confere á cerveja diferentes cores e características aromáticas.

**Cereais não maltados** – milho, cevada arroz, trigo

**Lúpulo** – planta aromática que confere á cerveja aroma e o amargo característico

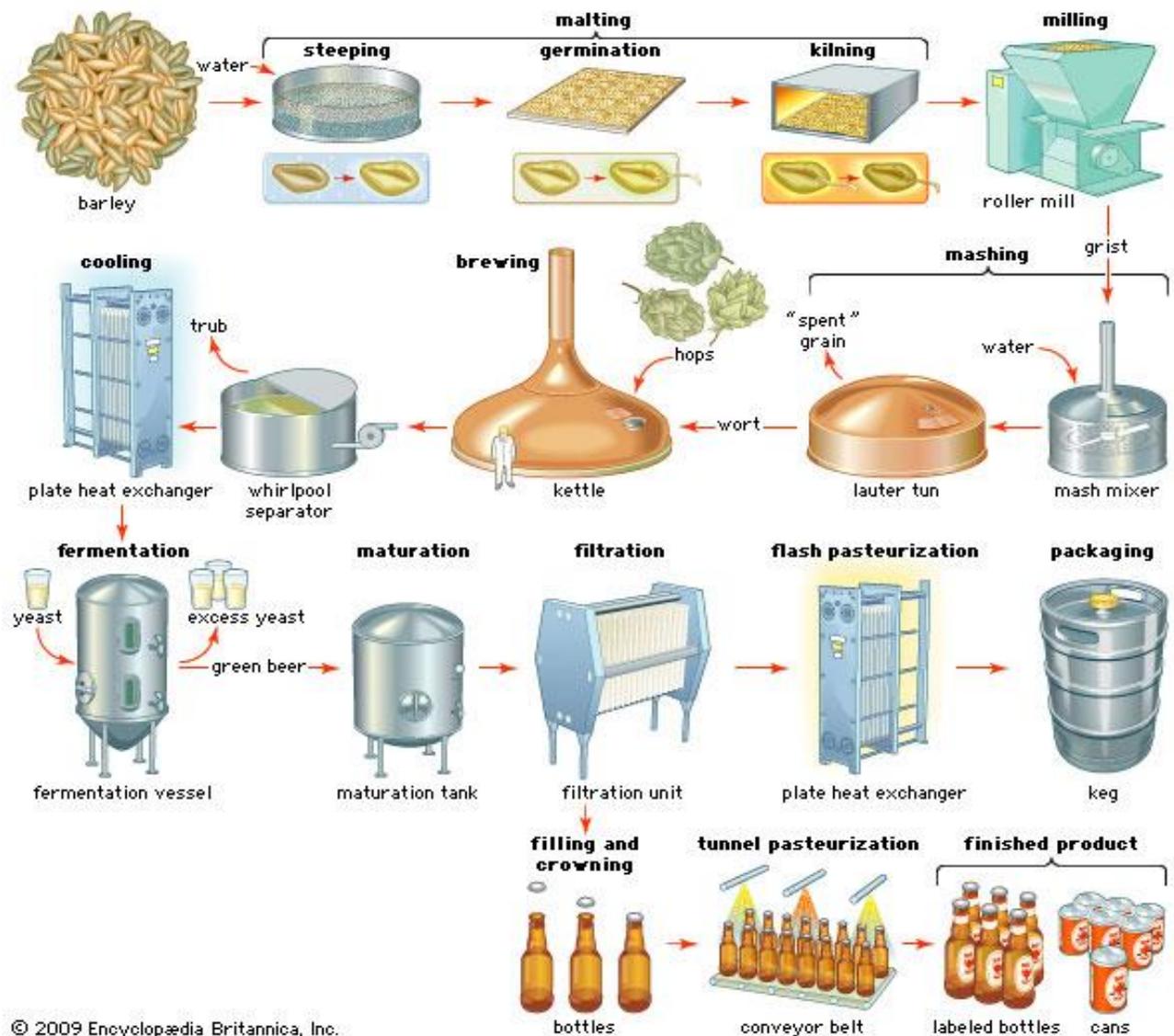
**Água** – tem de ser própria para consumo e ter a composição adequada em sais minerais ao processo da cerveja

### **2.Linhas Gerais do Processo:**

**Moagem, Brassagem, Filtração de mosto, Ebulição de Mosto**

**Fermentação, maturação e estabilização**

**Clarificação da cerveja, Enchimento**



Conhecendo as matérias-primas e o processo através da Engenharia vamos pô-lo em prática:

Como se procede?

-Temos uma equipa de engenheiros que se vai dedicar às diferentes etapas de projecto e á implementação das mesmas.

### Fase 1- PROJECTO

Definir as operações unitárias necessárias e o diagrama de processo

Após o diagrama e em cada bloco define caudais, temperaturas, pressões, tempos de operação.

Mais em detalhe elaboram um diagrama de processo e instrumentação, os equipamentos necessários e todas as tubagens de interligação.

Dimensionamento de equipamentos

Produzem uma descrição detalhada do processo.

Consultam as empresas de equipamento do mercado internacional para poderem ter acesso ao desenho das máquinas a introduzir em cada passo, a esta fase chama-se *Procurement*.

Produzem os diagramas 3D para execução e implementação no local.

## **Fase 2 – IMPLEMENTAÇÃO**

Depois de adquiridos os equipamentos e adjudicados os trabalhos mecânicos e de automação a função da equipa de Engenharia é supervisionar os trabalhos e verificar que estão de acordo com o projecto.

A última etapa é o *commissioning*, onde tudo se testa primeiro com água e depois com cerveja já em modo de produção.

Depois dos últimos ajustes a Equipa de Projecto e Implementação está em condições de inaugurar a fábrica, o que pode ser visto num vídeo nesta página:

<https://www.youtube.com/watch?x-yt-ts=1422579428&v=cu-LER-n2nA&x-yt-cl=85114404>

Já temos a fábrica em funcionamento e agora temos outras funções a que os Engenheiros Químicos se podem dedicar acompanhando e intervindo no dia-a-dia fabril.

- Director de fábrica
- Gestor de Produção
- Gestor da Qualidade
- Engenharia e Melhoramento Contínuo
- Laboratório de Química
- Compras



Experiência do ponto de vista do fabricante de Equipamentos

Os Engenheiros Químicos não trabalham só em fábrica, tem também outras funções.

Os fabricantes de equipamentos têm um papel crucial nas fábricas sejam elas de cerveja ou de outro tipo de produto. Cada equipamento tem de funcionar em perfeitas condições e de acordo com o processo fabril. Se tal não acontecer todo o processo é posto em causa e não haverá cerveja no mercado para consumir e portanto não haverá dinheiro para manter a fábrica em funcionamento o que seria um perfeito desastre.

Assim, existe um trabalho continuado de colaboração entre qualquer fábrica e os diferentes fabricantes de equipamentos.

Por exemplo, no caso acima, da fábrica de cerveja, temos alguns equipamentos:

Pasteurizadores, Bombas e válvulas, centrífugas, membranas, tanques.....

Todos necessitam de um adequado dimensionamento da marca fabricante e posterior acompanhamento.

É também função do mesmo Engenheiro que faz a interface Marca/Fábrica transmitir as inovações tecnológicas fruto do desenvolvimento das fábricas produtoras de equipamentos.....onde também há lugar para um Engenheiro Químico, no desenvolvimento, na Química de materiais etc.....

Para saberes mais podes ver o vídeo neste endereço:

<https://www.youtube.com/watch?v=JmrqrHM6sY#t=483>

Espero que vos tenha conseguido transmitir a essência do que pode vir a ser a vossa actividade profissional se algum dia optarem, como eu há 30 anos, pelo curso de Engenharia Química.

## *A Estufa em que Vivemos*

M.A.N.D.A. Lemos, F. Lemos

CERENA, Departamento de Engenharia Química, Instituto Superior Técnico, Av. Rovisco Pais 1, 1049-001 Lisboa.

Todos conhecemos as estufas que são utilizadas para cultivar plantas mesmo em condições climáticas desfavoráveis.

Em boa verdade todos os seres vivos que habitam a Terra vivem numa estufa que mantém a temperatura à superfície do planeta dentro de valores razoáveis através de um conjunto complexo de interações.



**Figura 1** - Fotografia da Estufa Fria, em Lisboa

([http://www.dn.pt/inicio/portugal/interior.aspx?content\\_id=1695133&seccao=Sul](http://www.dn.pt/inicio/portugal/interior.aspx?content_id=1695133&seccao=Sul)).

A superfície da Terra recebe energia da maior fonte geradora no Sistema Solar – a nossa Estrela local que é o Sol. Da radiação recebida uma parte, cerca de 30 %, é reflectida de novo para o espaço e outra é absorvida pela atmosfera e pela superfície – quer pela terra quer pelos oceanos, mares, lagos, etc.

Esta energia recebida e absorvida faz com que a temperatura dos materiais que constituem a superfície aumente e uma parte dela será reemitida. Dada a temperatura média da superfície a maior parte desta energia será perdida sob a forma de radiação infra-vermelha num processo que pode ser esquematizado na figura 2.



**Figura 2** – Funcionamento do Efeito de Estufa (<http://www.todamateria.com.br/efeito-estufa/>).

Se a superfície da Terra não estivesse envolta numa atmosfera que tem a capacidade de reter energia provavelmente a terra seria tão fria como o nosso vizinho Marte – na realidade Marte está algo mais afastado do Sol do que a Terra mas é consenso geral que se a atmosfera do Planeta Vermelho fosse menos rarefeita a temperatura à superfície daquele planeta seria bem mais acolhedora.

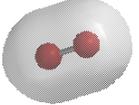
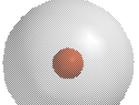
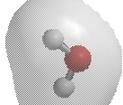
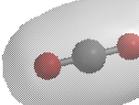
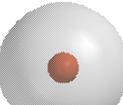
Em sentido contrário temos o nosso outro vizinho próximo – Vénus – em que a atmosfera (composta por mais de 95% de CO<sub>2</sub>) absorve tanta energia o que, conjugado com a maior proximidade ao Sol, faz com que aquele planeta tenha uma temperatura de superfície da ordem 480 °C.

Assim, tal como nas estufas que utilizamos para a agricultura, convém que a nossa “estufa planetária” tenha um controlo de temperatura que a mantenha numa temperatura amena e adequada à Vida. A regulação da temperatura na superfície da Terra depende, como dissemos, de muito factores – é conhecido, por exemplo, que o clima próximo das grandes massas de água é mais ameno porque a água absorve muita da radiação que vem do Sol durante o dia, aquecendo, e liberta alguma dessa energia para a atmosfera durante a noite, reduzindo a amplitude térmica, ao contrário do que acontece nos desertos em que a temperatura é muito elevada durante o dia devido à irradiação solar e diminui muito durante a noite.

Em qualquer caso o papel da nossa atmosfera é muito importante e vamos olhar para como a sua composição afecta a sua capacidade de “estufar”.

## Composição da Atmosfera

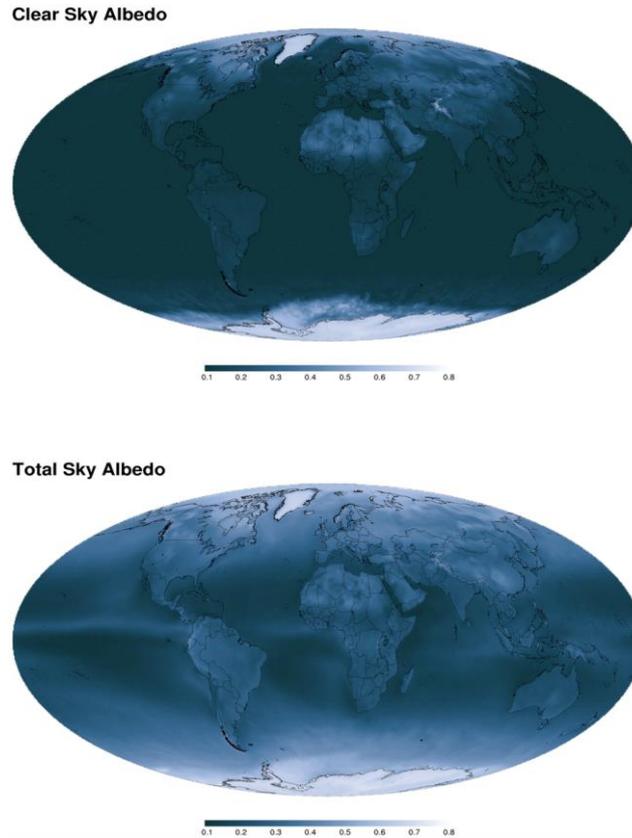
Os dados existentes indicam que a composição da nossa atmosfera tem variado ao longo da história da Terra. Neste momento os principais componentes da nossa atmosfera são os que estão indicados na tabela 1.

Azoto	Oxigénio	Árgon	Água	Dióxido de Carbono
				
78,1%	20,9%	0,9%	Variável	0,036%
Néon	Hélio	Metano	Cripton	
				
0,002%	0,0005%	0,0002%	0,0001%	

**Tabela 1** - Principais componentes da atmosfera da Terra (H.H. Seinfeld, S.N. Pandis, Atmospheric Chemistry and Physics, 2006, Wiley).

Destes componentes nem todos contribuem de forma significativa para o aquecimento da atmosfera – na realidade o mecanismo do efeito de estufa implica que as moléculas absorvam a radiação infra-vermelha que é emitida pelos corpos quentes na superfície da Terra; as moléculas absorvem radiação infra-vermelha essencialmente através das suas vibrações intra-moleculares, associadas à vibração dos átomos em torno das suas posições de equilíbrio. Nem o azoto nem o oxigénio apresentam absorção de radiação significativa nesta gama de comprimentos de onda, mas tanto a água como o CO<sub>2</sub> e o metano apresentam absorções muito significativas, pelo que estes compostos são os responsáveis pela maior parte do efeito de estufa na atmosfera terrestre.

A água é um dos componentes principais e, para além do seu papel enquanto composto capaz de acumular energia por absorção da radiação térmica tem também um papel muito importante na regulação da temperatura da superfície pelo efeito reflectivo das nuvens na parte superior da atmosfera – um céu enevoado reflecte muito mais energia solar para o espaço do que um céu limpo, como se pode ver nas imagens da figura 3.

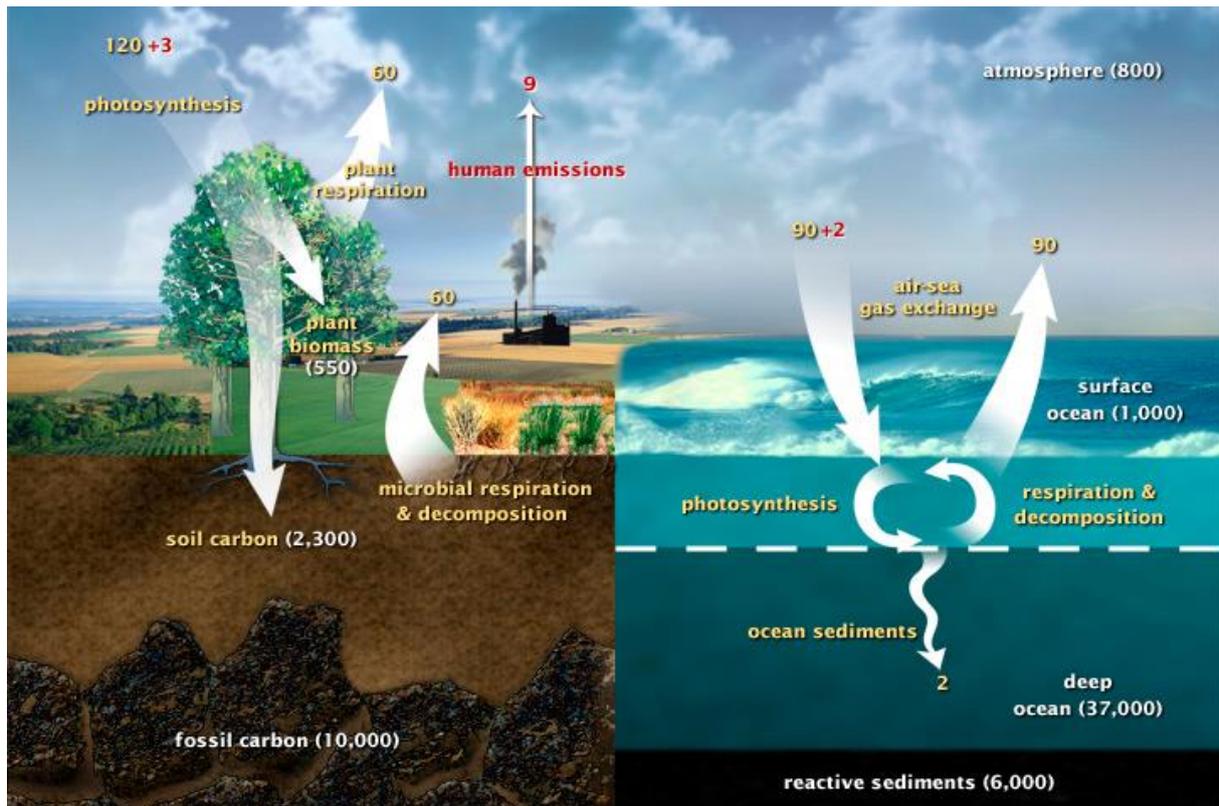


**Figura 3** – Albedo (refletividade) da Terra com céu limpo e em média (incluindo céu nublado)  
(<http://pt.wikipedia.org/wiki/Albedo>).

### **Controlar o Efeito de Estufa**

Apesar de nas notícias o *efeito de estufa* aparecer unicamente como um aspecto negativo, a realidade é que este mesmo efeito é, como vimos, muito importante para a regulação na superfície da Terra. Se não tivéssemos quaisquer gases com efeito de estufa na atmosfera a temperatura superficial do planeta seria muito mais baixa do que é actualmente e, provavelmente, viveríamos numa era glacial.

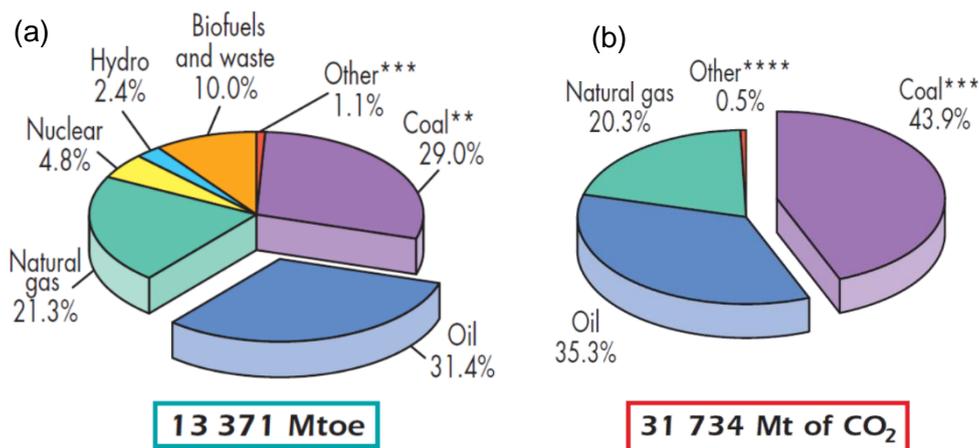
Os principais gases que contribuem para o efeito de estufa, a água, o dióxido de carbono e mesmo o metano, têm “ciclos” de vida na atmosfera que ajudam a regular a sua concentração. Por ser o mais conhecido gás com efeito de estufa mostramos o ciclo do CO<sub>2</sub>, de forma simplificada, na figura 4.



**Figura 4** – Representação esquemática do ciclo do carbono – os valores encontram-se em Gt de carbono e os fluxos são indicados por ano (<http://earthobservatory.nasa.gov/Features/CarbonCycle/>).

O principal problema que está actualmente em discussão prende-se com o facto de o delicado equilíbrio que foi atingido na atmosfera terrestre, e que permitiu o desenvolvimento da Vida na Terra tal como a conhecemos, estar a ser perturbado pela geração de gases com efeito de estufa devida à actividade humana.

Existem várias actividades humanas que geram uma grande quantidade de gases com efeito de estufa. O principal destes é provavelmente a utilização dos chamados combustíveis fósseis – o carvão, a gasolina, o gasóleo, o gás natural, etc. Estes combustíveis correspondem a matéria orgânica que já viveu sobre a Terra há milhões de anos e que foi depositada e transformada ao longo de todo este tempo. A sua utilização por parte da humanidade iniciou-se com a Revolução Industrial e tem aumentado ao longo do tempo, sendo responsável por muita da qualidade de vida a que estamos habituados. Como se pode ver na figura 5(a), estes combustíveis fósseis asseguram a maior parte das necessidades Mundiais em termos de energia e, infelizmente, também são responsáveis pelas emissões de CO<sub>2</sub>, como se pode ver na figura 5(b).



**Figura 5** – Distribuição por fontes da produção de energia primária no Mundo em 2012 (a) e correspondentes emissões de CO<sub>2</sub> (b) (Key World Energy Statistics 2014, International Energy Agency - <http://www.iea.org>).

Outra fonte significativa de emissões de gases com efeito de estufa são as fontes de metano como, por exemplo, as criações de gado. O metano absorve ainda mais radiação infravermelha do que o dióxido de carbono tendo, portanto, um efeito de estufa mais acentuado. As emissões de metano estão essencialmente associadas à decomposição de matéria orgânica, como por exemplo as emissões de pântanos e de lixeiras, e também à produção e processamento de combustíveis fósseis.

### Conclusões

O efeito de estufa é muito importante para a regulação das condições ambientais na Terra e a Humanidade tem capacidade para alterar de forma significativa estas condições, em particular através de emissão em grandes quantidades de gases com efeito de estufa.

A regulação das emissões destes gases é, por isso, essencial, e passará por reduzir as emissões, tanto de dióxido de carbono como de metano ou outros gases com efeito de estufa, através de um aumento da eficiência na utilização de energia, substituição de fontes fósseis por fontes renováveis, captura e sequestração e reutilização do dióxido de carbono emitido, etc.

## Átomos, Moléculas e Materiais Luminosos

Mário Berberan e Santos

Centro de Química-Física Molecular, Departamento de Engenharia Química, Instituto Superior Técnico, 1049-001 Lisboa.

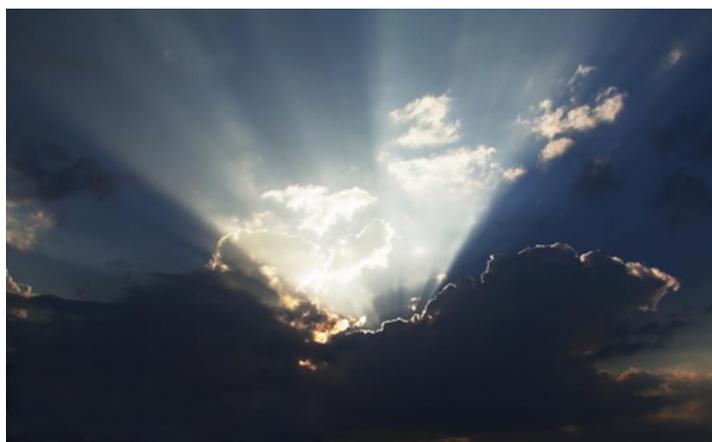
### Resumo

No *Ano Internacional da Luz* falamos de átomos, moléculas e materiais luminosos. A palestra propriamente dita é acompanhada por uma projecção de imagens e por várias demonstrações. O texto que se segue enquadra o tema da apresentação e descreve brevemente alguns dos tópicos que irão ser referidos.

### O que é a luz?

Antes de abordarmos fenómenos envolvendo luz e matéria, é conveniente falarmos um pouco sobre a luz. Que podemos concluir sobre ela sem efectuar experiências, mas apenas por observação do mundo natural, como sucedeu ao ser humano durante milénios?

Imaginemo-nos a recuar no tempo, e com os conhecimentos e os olhos ingénuos de alguém, curioso e inteligente, que tenha vivido há três, quatro, ou cinco mil anos. A imagem de um Sol oculto por nuvens, mas denunciado pelos chamados raios crepusculares (ver fotografia abaixo), é um aspecto do céu que todos conhecemos, e que leva a concluir imediatamente



que a luz se propaga em linha recta (num meio homogéneo, acrescentaríamos hoje). Já encontramos os raios de luz em representações pré-históricas do Sol, no antigo Egipto, etc. Note-se, no entanto, que se vemos os raios de luz é precisamente porque parte desta se desvia das linhas rectas da

imagem para chegar aos nossos olhos (ou ao detector da máquina fotográfica) – e quer no processo de desvio que ocorre na atmosfera, quer no processo de visão, há moléculas envolvidas!

## Partículas?

Pelo facto de a luz se deslocar em linha recta, pensou-se durante muitos séculos que ela era constituída por partículas minúsculas (e muito velozes!) emitidas pela fonte (o Sol, uma vela, etc). Mas estas partículas tinham de ser imateriais, isto é, constituídas por energia pura, pois não se podiam recolher intactas como sucede com a matéria (quem consegue guardar um raio de sol na mão fechada?) e não pareciam poder entrecrocá-las. Matéria e luz, entidades claramente distintas, corresponderiam assim a duas espécies muito diferentes de partículas, umas palpáveis e permanentes, outras intangíveis e efémeras. Segundo Newton (inícios do séc. XVIII), as partículas de luz teriam forma e dimensão, correspondendo um certo tamanho a cada cor (as maiores seriam as responsáveis pela cor vermelha, as menores pela cor violeta).

## Ondas?

Pouco antes (finais do século XVII), contudo, Huygens, entre outros, apresentara uma concepção diferente e mais subtil para a luz. Por analogia com a propagação do som, a luz seria de facto um fenómeno ondulatório, e não corpuscular. Havia realmente propagação de energia, mas através de um meio contínuo de suporte (o chamado éter) que não se deslocava, apenas oscilava. Matematicamente muito mais complicada, esta teoria permitia igualmente dar conta da propagação da luz em linha recta e, depois de refinada por Young e Fresnel, já



no início do século XIX, justificava também de forma satisfatória as cores, a propagação da luz em meios materiais (gases, líquidos e sólidos), a reflexão, a refacção, a polarização, etc. Os fenómenos de interferência, como por exemplo o irisado de um filme de sabão (ver imagem), ficavam também cabalmente explicados. A teoria ondulatória triunfava sobre a corpuscular.

Mas de que oscilações se tratava? Qual a entidade que armazenava temporariamente a energia, no seu trajecto entre emissor e receptor? A teoria do campo electromagnético, desenvolvida por Maxwell em meados desse mesmo século (1865), veio responder à questão: a energia luminosa era simultaneamente eléctrica e magnética, e residia no espaço, sem necessidade de qualquer suporte material (é a isto que, em Física, se chama um *campo*). A luz constituía um caso particular de radiação electromagnética, aquela que conseguimos ver (também dita radiação visível). A teoria de Maxwell do campo electromagnético é ainda hoje muito utilizada, e permite descrever satisfatoriamente o comportamento da luz (e da radiação

em geral) num grande número de fenómenos. Não é contudo a última palavra. Com efeito, a teoria quântica veio modificar profundamente a nossa concepção de radiação e de matéria.

### **Teoria quântica**

Para explicar o efeito fotoeléctrico, Einstein foi levado a efectuar uma reviravolta conceptual, propondo de novo uma natureza corpuscular para a luz em certas circunstâncias (1905). A energia da radiação apenas poderia tomar certos valores, sofrendo pois variações finitas quando absorvida ou emitida. Numa perspectiva simplificada, tudo se passaria como se a radiação fosse afinal constituída por grãos de energia, os chamados fotões (nome devido ao químico-físico Lewis), dotados até de um momento linear. Foi este o trabalho que valeu a Einstein o Prémio Nobel (1921).

Mas a faceta ondulatória, amplamente demonstrada experimentalmente, não podia ser descrita por aquele tratamento. Por essa razão Bohr enunciou o princípio de complementaridade, ou de dualidade onda-corpúsculo (1927), segundo o qual a radiação se comporta como uma onda em determinados fenómenos, mas como um conjunto de partículas (os *fotões*) noutros, sem ser em rigor nem uma coisa nem outra. O princípio aplica-se também à própria matéria, cujas partículas podem contudo estar imóveis, ou quase, ao contrário dos espantosos fotões, que enquanto duram estão obrigados a deslocarem-se sempre a uma velocidade fixa e única,  $c$ , tendo por essa razão massa nula (mas momento linear!).

A radiação é de facto uma entidade mais complexa do que os modelos ondulatório e corpuscular admitem, e é hoje descrita pela electrodinâmica quântica, teoria que unifica os dois aspectos, e dá ainda conta de fenómenos assombrosos como a materialização da energia, descoberta em 1932 (produção de um par partícula-antipartícula a partir de um fotão de alta energia) e a aniquilação da matéria (processo inverso da materialização, mas em que são gerados dois fotões).

Contudo, mesmo esta teoria não cobre todos os fenómenos conhecidos que envolvem radiação. Só para alguns existem descrições teóricas satisfatórias. Conhecer plenamente a radiação é conhecer plenamente a matéria. Foi no entanto já percorrido um longo e extraordinário caminho, tendo-se chegado a perspectivas teóricas inimagináveis há apenas um século, e cuja fecundidade levou a desenvolvimentos experimentais como o *laser*, uma das invenções mais notáveis dos últimos 50 anos.

### **Caracterização da luz**

Para os nossos fins, a descrição da luz como uma onda electromagnética clássica, ou como um conjunto de fotões, consoante o fenómeno, é suficiente. Um feixe contínuo de luz monocromática fica assim completamente caracterizado se especificarmos três aspectos:

intensidade (potência por unidade de área), comprimento de onda, e polarização. Ilustraremos estes aspectos com demonstrações.

### Interação luz-matéria: Difusão elástica

O processo de interação mais simples entre luz e matéria é, talvez, a *difusão de Rayleigh*. Neste processo, um feixe de luz que atravessa um meio molecular (gás, líquido ou sólido) é espalhado (difundido) em todas as direcções sem que a intensidade total diminua, e sem que o seu comprimento de onda se modifique (difusão elástica). Veremos vários exemplos deste processo tão frequente, e aproveitaremos para discutir as cores do céu e do sol poente, e a atmosfera terrestre.



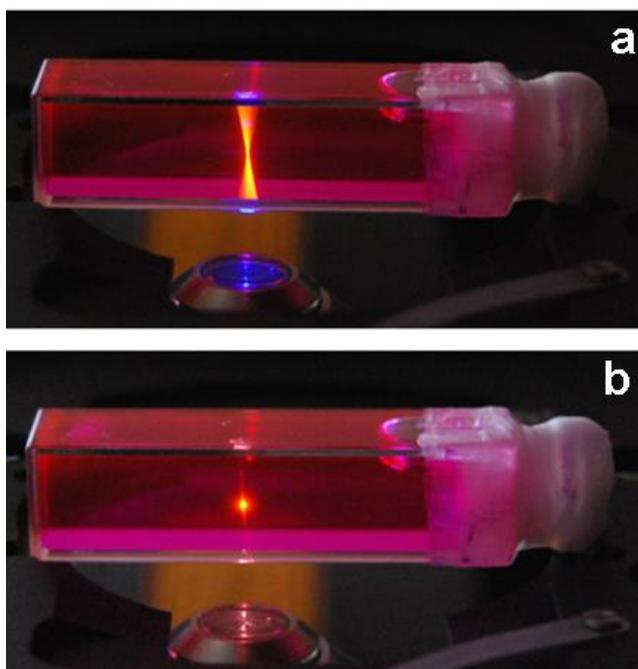
### Interação luz-matéria: Absorção e emissão de luz



Os três principais tipos de transições entre estados quânticos, que envolvem radiação, as chamadas transições radiativas, são a *absorção*, a *emissão espontânea*, e a *emissão estimulada*. A absorção permite explicar em grande parte as cores dos objectos (embora existam mais causas). A emissão estimulada, central no funcionamento dos lasers, é de resto pouco importante nos fenómenos de emissão de radiação visível, que se baseiam na emissão espontânea. Distinguem-se dois tipos de emissão essencialmente diferentes: *incandescência*

(radiação térmica) e *luminescência*. Para além de uma descrição pormenorizada da chamada *radiação do corpo negro*, serão apresentados vários exemplos e demonstrações relacionados com a incandescência, e discutida a sua relevância para a compreensão de um grande número de fenómenos e problemas contemporâneos, da iluminação ao efeito de estufa.

Quando um átomo ou uma molécula absorvem um (a) ou dois fotões (b), armazenam em si a energia correspondente



ao fóton ou fótons desaparecidos. Modificam-se, pois ficam cheios de energia. Como são afectados? Como se comportam? É do que iremos falar, em especial de algumas reacções químicas simples e dos fenómenos de emissão de luz, mas de que fica aqui apenas um apontamento.

### **Emissão atômica e camada de ozono**

Veremos ou falaremos das cores das chamas, dos tubos de descarga, das auroras, da iluminação de fluorescência e das queimaduras solares.

### **Emissão molecular**

Os dois tipos principais de emissão molecular, *fluorescência* e *fosforescência*, serão definidos, e ilustrada a sua diferença. Após uma breve perspectiva histórica, serão apresentadas algumas aplicações da fluorescência, incluindo a detecção de notas falsas, os branqueadores ópticos e os OLED (díodos orgânicos emissores de luz), materiais luminescentes muito recentes.



### **Bioluminescência e Quimioluminescência**

Serão enumerados e descritos os tipos de luminescência, consoante o modo de produção. A *bioluminescência* e a *quimioluminescência*, pela sua grande importância e aplicações recentes, serão discutidas em pormenor e exemplificadas com algumas demonstrações.



Pedro Póvoa  
Águas de Portugal,

### **Molécula da água**

A água é uma substância formada por partículas minúsculas chamadas átomos, que agrupados formam moléculas. A molécula de água é formada por dois átomos de hidrogénio e um de oxigénio. É por isso que na fórmula química da água, aparece sempre um 2 pequenino a seguir ao H. Uma única gota de água gota é constituída por biliões de moléculas de água!

### **Água é Vida!!!**

70% do planeta é constituído por água, sendo que apenas 3% são de água doce. Isto quer dizer que a maior parte da água disponível, e própria para consumo é mínima perto da quantidade de água existente no nosso planeta.

A Terra possui 1,4 milhões de quilómetros cúbicos de água, mas apenas 2,5% desse total é água doce, Daí a necessidade de preservação dos recursos hídricos. Em todo mundo, 10% de água é utilizada para o abastecimento público, 23% para a indústria e 67% para a agricultura.

### **Ciclo da água**

O Ciclo da Água é responsável pela contínua movimentação e depuração da água na Terra. Através da ação da energia solar, o grande motor do circuito contínuo da água, e da respiração e transpiração dos seres vivos, a água passa por uma série de processos de transferência:



### 1-Evaporação

A água dos oceanos, mares, rios, ribeiras e lagos, por ação do sol evapora-se (passa do estado líquido para o estado gasoso) e o vapor de água que se forma por ação da gravidade sobe para a atmosfera.

### 2-Transpiração

Os animais e plantas, através de um processo chamado evapotranspiração, também libertam vapor de água para a atmosfera.

### 3-Condensação

A água doce utilizada pelo Homem é proveniente das barragens, rios, lagos, açudes ou levadas, reservas subterrâneas (aquíferos) e em certos casos do mar. Na atmosfera, devido à diminuição da temperatura, o vapor de água arrefece. Este processo designa-se por condensação, isto é, o vapor transforma-se em gotas de água, formando as nuvens.

### 4-Precipitação

Quando as nuvens passam por zonas frias a condensação aumenta originando a precipitação. Esta pode ser sob a forma de chuva, neve, granizo ou nevoeiro.

### 5-Infiltração

Quando ocorre a precipitação, uma parte da água da chuva (ou neve, granizo, nevoeiro) cai diretamente nos oceanos, rios, ribeiras e lagos, outra infiltra-se no solo.

Da água que se infiltra no solo, uma parte é absorvida pelas raízes das plantas, outra abastece as nascentes dos rios e os reservatórios subterrâneos (aquíferos).

### 6-Escoamento

Parte da água que precipita escoar pela superfície antes de se juntar aos rios, lagos e mares.

## Ciclo Urbano da Água:

O Ciclo Urbano da Água engloba o abastecimento de água e saneamento de águas residuais. Integra as atividades de captação, tratamento e distribuição da água de abastecimento até à recolha, tratamento e devolução das águas residuais ao meio receptor.



## Água de abastecimento

**1 - Captação** – A água é recolhida em captações superficiais, como os rios, as albufeiras e os lagos, mas também em captações subterrâneas, tais como furos, poços e nascentes.

**2 - Tratamento na ETA** – A água captada é tratada em Estações de Tratamento de Água (ETA), de modo a poder ser destinar-se ao consumo humano.

**3 - Distribuição** – Depois de tratada na ETA, a água é armazenada em reservatórios e, depois, transportada e distribuída através de uma rede de distribuição ou de abastecimento.

Diariamente, muitas das atividades que realizamos implicam o consumo de água. A alimentação, a higiene pessoal e as atividades de limpeza e de lazer são exemplos de utilizações domésticas. Mas a água é também usada na rega, como matéria-prima ou adjuvante em muitas indústrias, para a produção de energia e para a limpeza em operações industriais.

## Águas residuais

A água residual, proveniente das habitações, escolas e indústrias, é conduzida através de coletores, condutas e estações elevatórias até às ETAR. Na ETAR a água passa por várias fases de tratamento

antes de ser devolvida ao rio e ao mar. Garante-se, assim, que a água devolvida ao meio não polui o ambiente, promovendo a conservação e preservação da biodiversidade que o caracteriza.



- 1 – Saída da água residual das casas, escolas, fábricas
- 2 – Gradagem: remoção de resíduos e sólidos grosseiros
- 3 – Desarenamento e Desengorduramento: remoção de areias que se depositam no fundo e de gorduras que são impulsionadas para a superfície através de ar injetado.
- 4 – Tratamento Físico-Químico e Decantação Primária: separação de flocos de sólidos em suspensão (formados com a adição de coagulantes e floculantes) e sedimentação dos restantes sólidos que formam a lama primária
- 5 – Tratamento Biológico: degradação da matéria orgânica por ação de microrganismos em meio arejado
- 6 – Decantação Secundária: separação dos flocos biológicos da água por sedimentação, de onde resultam mas lamas.
- 7 – Filtração em tanques de areia: remoção de eventuais partículas em suspensão
- 8 – Desinfecção – eliminação de microrganismos nocivos com cloro, ozono ou raios UV
- 9 – Descarga nos meios recetores (rio ou oceano) ou reutilização.
- 10 – Digestão anaeróbia – transformação de parte da matéria orgânica em biogás através de microrganismos na ausência de oxigênio para redução da quantidade de lamas

11 – Lamas – mistura e espessamento das lamas provenientes dos tratamentos primário e secundário

12 – Biogás – aproveitamento energético do biogás para produção de eletricidade e calor.

## Nanoareias ao Serviço da Sociedade

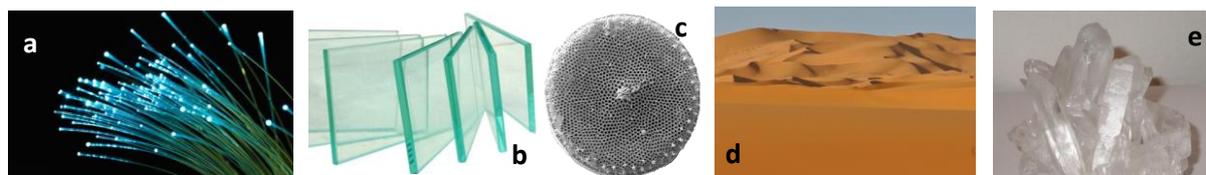
Carlos Baleizão

Centro de Química-Física Molecular, Departamento de Engenharia Química, Instituto Superior Técnico, Av. Rovisco Pais 1, 1049-001 Lisboa.

### O que tem em comum a areia da praia, fibras ópticas, vidro, ou pastas de dentes?

A resposta é DIÓXIDO DE SILÍCIO, ou como também é conhecido, SÍLICA. Este composto de fórmula química  $\text{SiO}_2$ , tem uma estrutura que depende do arranjo tridimensional que pode ser amorfo ou cristalino, sendo de destacar algumas formas cristalinas como o quartzo ou o topázio. O dióxido de silício é um dos óxidos mais abundantes na superfície terrestre, sendo um dos componentes principais da areia e parte do esqueleto de algumas algas (diatomáceas). É utilizado como matéria-prima em materiais como o vidro das janelas ou lâmpadas, no cimento, nas fibras ópticas utilizadas nas telecomunicações, e é um dos constituintes básicos dos zeólitos e sílicas mesoporosas que são especialmente usados como catalisadores na indústria química. O dióxido de silício encontra ainda aplicação como adsorvente (já todos encontrámos um pequeno saco com esferas de sílica-gel em peças de vestuário ou em embalagens de aparelhos electrónicos), como isolante na indústria electrónica, ou como agente branqueador em pastas dentífricas.

O dióxido de silício pode ser obtido a partir da extracção mineira e subsequente processamento ou através de métodos sintéticos. De entre os métodos sintéticos há a destacar os métodos térmicos onde derivados de silício são submetidos a altas temperaturas em atmosferas ricas em oxigénio, e os métodos químicos (a baixa temperatura) por acidificação de soluções de silicato de sódio, ou por hidrólise ácida ou básica de esteres de silício (sendo o mais conhecido o TEOS-tetraetil ortosilicato). Este último processo é também conhecido por “processo sol-gel”, uma forma simples, suave e muito versátil de obter materiais com base de dióxido de silício.



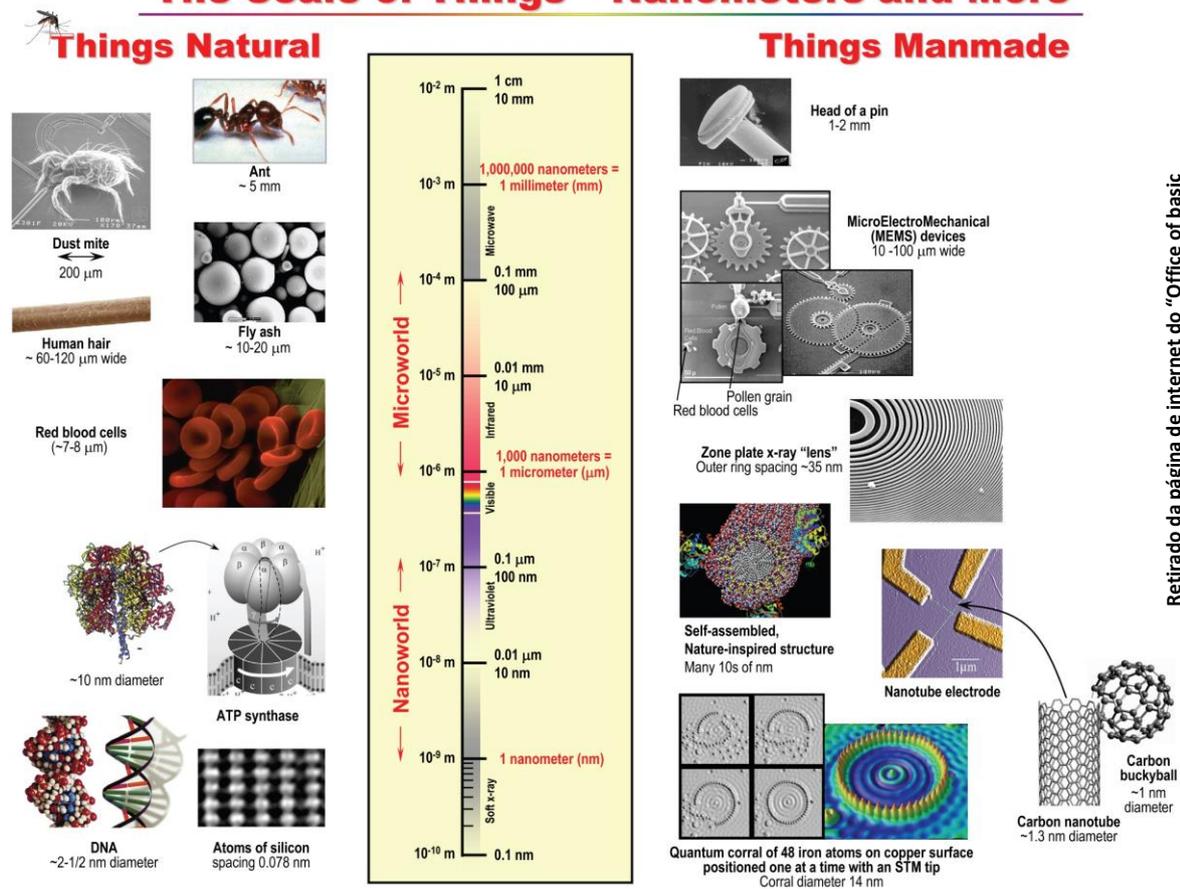
**Figura 1.** Alguns exemplos de materiais onde podemos encontrar dióxido de silício: a) fibras ópticas, b) vidro, c) esqueleto de uma diatomácea, d) areia, ou e) quartzo.

## Da macro à nano escala: porquê diminuir o tamanho dos objectos?

Quando em Dezembro de 1959 o físico americano Richard P. Feynman (que seria galardoado com o Prémio Nobel da Física em 1965), numa conferência na Sociedade Americana de Física em Pasadena, à qual deu o nome de “Plenty of Room at the Bottom”, perguntava porque não escrever os 24 volumes da Enciclopédia Britânica na cabeça de um alfinete, o espanto foi geral. Na realidade, o campo sobre o qual Feynman queria falar era o da manipulação e controlo de objectos a uma escala atómica, nanométrica (1 nanómetro corresponde a  $10^{-9}$  metros – ver “The scale of things” mais abaixo). Este era um tema novo, e durante a conferência Feynman abordou questões como o de escrever à pequena escala, a informação em pequenos domínios, o porquê de serem necessários melhores microscópios electrónicos (a resolução na altura rondava os 1-2nm), a importância da biologia, a manipulação de átomos, as possíveis novas propriedades com a diminuição do tamanho dos objectos, etc. Mais de 5 décadas depois, olhamos para trás e o mínimo que podemos dizer é que Feynman viu antes de todos os outros a importância da escala nanométrica.

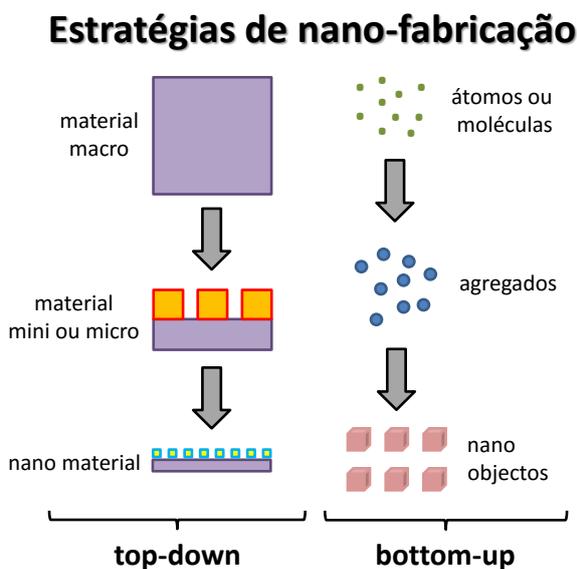


## The Scale of Things – Nanometers and More



Retirado da página de internet do “Office of basic energy sciences Department of energy, USA”.

Na mesma conferência, Feynman enunciou possíveis estratégias para a obtenção de objectos nanométricos. Uma das estratégias partia de objectos de escala maior, mas por acção de electrões, o material ia sendo “esculpido” até atingir dimensões na nano-escala. A outra estratégia seria a manipulação de átomos para criar estruturas de dimensão nanométrica. Actualmente, as estratégias enunciadas por Feynman são as duas principais vias para obter matérias nanométricas: “top-down”, em que por acção de electrões, fotões ou agentes químicos se criam objectos nanométricos ou com relevo nanométrico; e “bottom-up”, em que a auto-organização, a reacção controlada ou a manipulação de átomos ou moléculas levam à formação de nanoestruturas. As estratégias de nano-fabricação atrás descritas e a caracterização dos materiais finais são suportados por técnicas avançadas de litografia (electrões ou fotões), microscopia (electrónica, óptica, ou de força atómica) e espectroscopia (fotoelectrónica de Raios-X, ressonância magnética nuclear, etc).



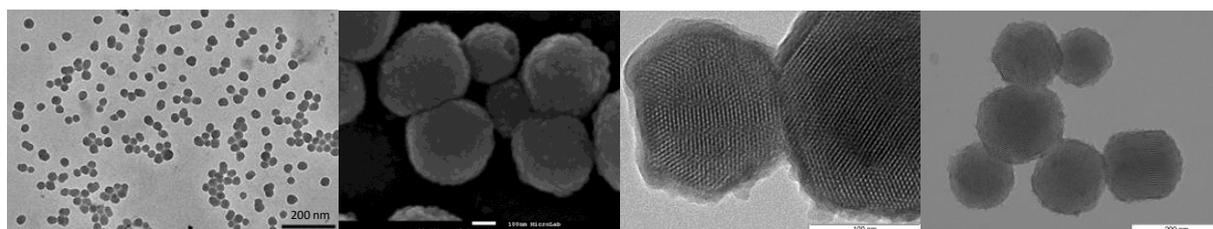
Tal como tinha previsto Feynman, alguns materiais adquirem propriedades novas quando a sua dimensão passa da macro ou micro escala para a nanoescala. Essas propriedades e fenómenos têm levado a novos campos na ciência com aplicação em áreas como a medicina, electrónica, sensores, etc. Por exemplo, o ouro é um metal estável (principalmente devido ao seu elevado potencial de redução) e utilizado em peças de joalheria desde a Antiguidade. Mas quando preparado na forma de esferas ou cilindros com dimensões de algumas dezenas de nanómetros absorve de forma eficiente a energia dos fotões na região do visível e infravermelho próximo e liberta-a na forma de calor. Este fenómeno está a ser utilizado em medicina, no desenvolvimento de terapias hipertérmicas contra o cancro. Adicionalmente, pequenos *clusters* de ouro (agregados de alguns átomos de ouro) têm apresentado actividade catalítica surpreendentes em reacções químicas, com um desempenho superior aos catalisadores já existentes, e nalguns casos em transformações novas que têm levado a novas estratégias em síntese química.

Mas talvez a grande motivação para o desenvolvimento das nanociências e nanotecnologias tenha sido a possibilidade de desvendar processos e mecanismos dos órgãos e células do corpo humano. As células eucarióticas têm dimensões na escala das dezenas de micrómetros, e os seus organelos (núcleo, mitocôndria, lisossomas, etc) na escala das

centenas de nanómetros, e somente objectos de algumas dezenas de nanómetros é que podem ser utilizados de forma a dar respostas às perguntas que ainda assolam os cientistas destes campos. Na medicina, a possibilidade de utilizar novos dispositivos de forma a diagnosticar e administrar terapias localmente levou ao crescente interesse nas nanociências e nanotecnologia.

### **Nanopartículas de sílica (ou nanoareias): como e para quê?**

A forma mais versátil e suave de obter nanopartículas de sílica é por hidrólise de esteres de silício catalisada por ácido ou base. Este método permite a preparação de nanopartículas com diâmetros de 20 nm a algumas centenas de nm e com baixa dispersividade de tamanho (as partículas tem todas o mesmo diâmetro). Durante a síntese é possível incluir moléculas no interior da nanopartícula (moléculas fluorescentes, clusters metálicos, etc), ou após a síntese a superfície pode ser modificada quimicamente de forma a imobilizar polímeros, biomoléculas, agentes marcadores, catalisadores, etc. A estrutura interna das nanopartículas é compacta, com uma baixa difusividade ao oxigénio o que aumenta a estabilidade das moléculas que estão no seu interior. No entanto, é possível preparar partículas porosas, usando para o efeito uma molécula anfifílica (que possui na sua estrutura uma parte apolar e outra polar) que servirá de molde. Após a síntese, o molde é removido e os poros com diâmetros que variam entre os 2 nm e algumas dezenas de nm ficam disponíveis para albergarem moléculas, actuando como nano-contentores para a entrega de fármacos.



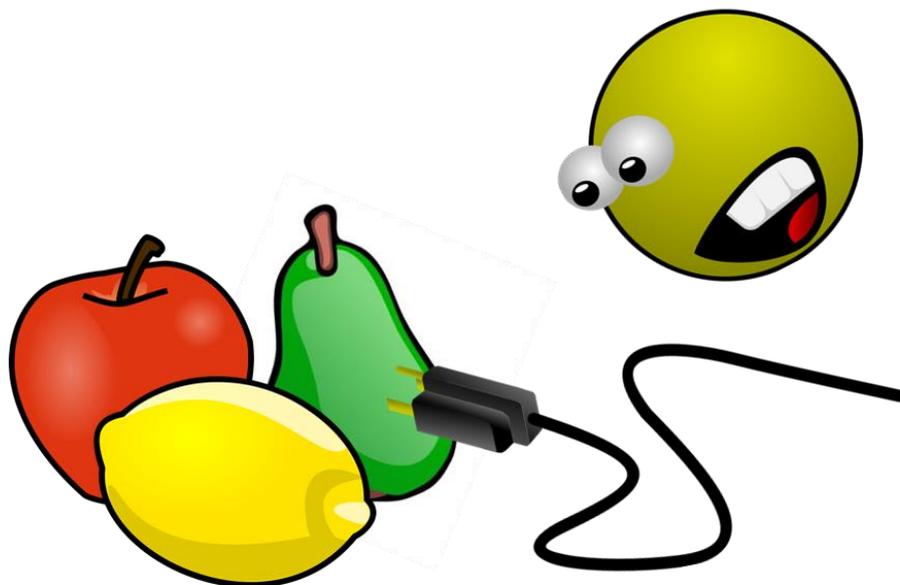
**Figura 2.** Imagens de microscopia electrónica de nanopartículas de sílica preparadas nos laboratórios do Grupo de Materiais Ópticos e Multifuncionais do Centro de Química-Física Molecular do IST.

Na conferência serão abordados com mais detalhe os processos de produção de nanopartículas de sílica, a incorporação de moléculas de interesse e as possíveis aplicações para estes nanomateriais.

## *Socorro, a Eletricidade Está em Toda a Parte!*

Alda Simões

Centro de Química Estrutural e Departamento de Engenharia Química,  
Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Av. Rovisco Pais 1, 1049-001 Lisboa.



Imaginemos que um dia, ao acordarmos, não havia energia eléctrica disponível para usarmos. Até podia haver outras formas de energia, mas não havia mesmo nenhuma energia eléctrica - nem um bocadinho!!... Por um cataclismo qualquer, um evento que não controlávamos, ou apenas porque estávamos a ter um sonho mau, nada do que são aparelhos eléctricos iria funcionar. O que é isto ia provocar? Bom, desde logo não teríamos iluminação nas nossas casas, mas para além disso não funcionariam os rádios, os computadores, eventualmente o esquentador para o banho, a torradeira para o pequeno almoço, mas também o forno de microondas, o elevador do prédio, os semáforos na rua, o motor de arranque dos automóveis, os computadores, laptops e telemóveis, os comboios, os sistemas de telecomunicações...que desastre!

Bom, deixemos este pesadelo e pensemos um pouco sobre a energia eléctrica. Existem muitas formas de energia, e felizmente é possível transformar formas em outras mais facilmente utilizáveis. Por exemplo, a corrente de água de um rio pode alimentar um sistema de turbinas que vai produzir energia eléctrica que é lançada na rede. Da queima de carvão ou de outros combustíveis é possível produzir vapor que vai por sua vez pôr partes mecânicas em movimento e a partir daí produzir energia eléctrica. A energia do vento, ao pôr as pás de um moinho eólico em movimento, pode também ser transformado em energia eléctrica. E a energia

das ondas, e a energia solar... tantas origens possíveis para a energia elétrica, e mesmo assim por vezes não é suficiente!

Do exemplo assustador descrito atrás percebemos facilmente porquê os países ricos em petróleo são tão determinantes na economia mundial. O acesso às fontes de energia faz mover o mundo e está na origem de muitas das guerras travadas no nosso planeta.

Onde é que entra aqui a Química? Um dos problemas da conversão de formas de energia é a baixa eficiência. Ou seja, cada vez que transformo uma porção de energia (por exemplo, energia térmica da combustão de carvão em energia elétrica), há uma parte importante que se perde. Por vezes mais de metade. Ora uma forma de produção de eletricidade que conduz a menores perdas é a que utiliza energia eletroquímica. Mas o que é isso da energia eletroquímica? Todos nós utilizamos esta forma de energia, apesar de não a conhecermos bem. Trata-se das baterias e pilhas que usamos em aparelhos portáteis, tais como comandos remotos, aparelhos telecomandados, mas também telemóveis e computadores portáteis e de uma forma geral na electrónica de uso corrente – Figura 1.

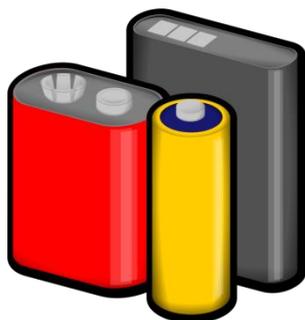


Figura 1- Pilhas e baterias de uso corrente.

Mas então de onde vem esta energia? Ela é produzida directamente sob a forma de corrente elétrica, pelo que não requer transformação. Ou seja, pode ser utilizada directamente desde que se use como corrente contínua.

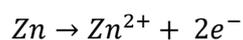
Os princípios da Eletroquímica foram desenvolvidos por Michael Faraday em meados do século XIX. Farady foi um génio, nas áreas da Matemática, da Química e da Física – Figura 2. Foi ele um dos primeiros a identificar a corrente elétrica. A primeira célula eletroquímica capaz de produzir eletricidade foi a pilha de Volta. A pilha de Volta foi um marco importante no desenvolvimento dos sistemas produtores de energia elétrica, sendo crucial para os aparelhos portáteis que vieram a tornar-se tão importantes um século mais tarde. Nada acontece por acaso...



Figura 2 – Réplica do laboratório de Michael Faraday (Museu da Eletricidade, Lisboa).

Esta importante pilha de Volta consiste em quê, e como funciona?

Quando dois metais diferentes são colocados numa solução de um sal ou de um ácido, por exemplo, vão-se dar à superfície do metal reacções em que há electrões que são libertados ou captados. Num desses metais vai-se dar a oxidação, pelo passam catiões para a solução e ficam no metal electrões livres, que fluem até ao outro electrodo, onde são consumidos. A reacção em que os electrões são consumidos chama-se redução – Figura 3. No esquema da figura, a reacção de oxidação é passagem de estado de oxidação zero para +2 no caso do zinco, ao passo que a reacção de redução é a do ião  $H^+$  da água:



Isso significa que o ânodo se vai dissolvendo, mas o cátodo se mantém.

O que Alessandro Volta fez (início do século XIX) foi montar um conjunto de células, empilhadas (dai o nome PILHA) na seguinte ordem: catodo1/eletrolito/anodo1/catodo2/eletrolito/anodo2... e assim sucessivamente. Os cátodos eram constituídos por discos de prata ou cobre e os ânodos eram de zinco. O eletrólito

consistia numa solução de sal (cloreto de sódio, ou seja, sal de cozinha) embebido em discos de cartão ou de um pano absorvente – Figura 4.

As pilhas tradicionais (i.e., não recarregáveis), usadas durante muitas décadas, foram desenvolvidas a partir desta pilha e das versões que se lhe seguiram.

Sugestão: esta é uma experiência que podem fazer em casa. Os elétrodos de cobre podem ser feitos com moedas de 50 cêntimos (que não ficam danificadas), e os ânodos podem ser feitos com anilhas de aço galvanizado (recoberto com zinco). Até podem acender uma luz LED (Figura 5)!!

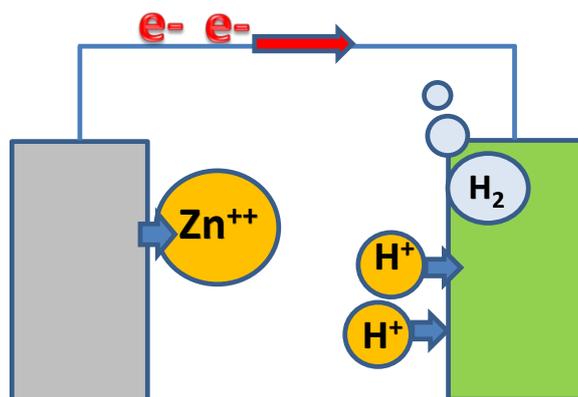


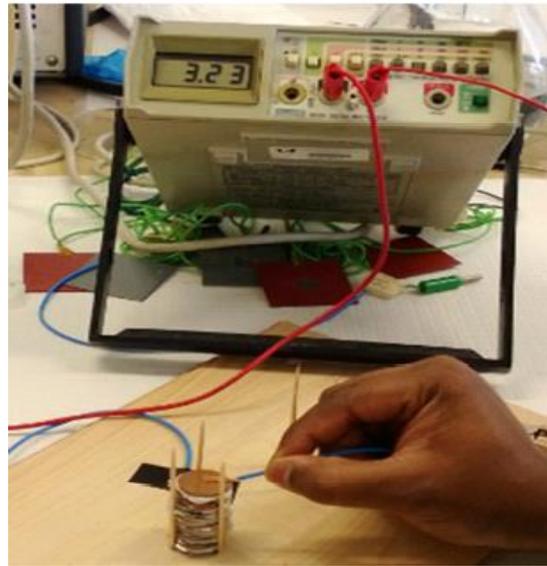
Figura 3 – Princípio de funcionamento de uma célula electroquímica funcionando com um meio ácido e ânodo de zinco.



Figura 4- A pilha de Volta (museu da Eletricidade, Lisboa).



(a)



(b)

Figura 5 – Montagem rudimentar de uma pilha de Volta (a) e medida da respetiva voltagem (b).

## O que é o Petróleo e o Seu Papel na Sociedade Actual

Pedro Oliveira

Responsável Desenvolvimento de Lubrificantes, Galp Energia, R. Tomás da Fonseca, Torre A, 1600-209 Lisboa.

A palavra petróleo deriva do Latim *petroleum*, que resulta da combinação das palavras *petra* e *oleum*, utilizada para designar o líquido negro e viscoso que jorrava das rochas.

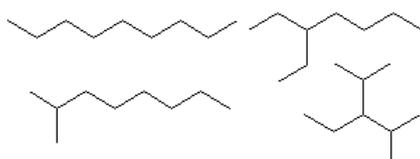
Existem muitas teorias que explicam a origem do petróleo, mas a mais consensual baseia-se na decomposição de material orgânico fossilizado, como o zooplâncton e algas, que se depositavam no fundo de mares e lagos. A posterior formação de camadas de sedimentos originou condições de pressão e temperatura elevadas, que através de um longo processo de pirólise permitiu a transformação química do material orgânico fossilizado em petróleo.

Do ponto de vista químico, cerca de 97% do petróleo é composto por carbono e hidrogénio que se encontra na forma de hidrocarbonetos. Contudo, encontram-se ainda outros heteroátomos, considerados impurezas, como o enxofre, azoto, oxigénio, e até alguns metais como sódio, níquel e vanádio, por exemplo. Na tabela seguinte [1] está listada uma gama de valores indicativos para a percentagem mássica destes componentes:

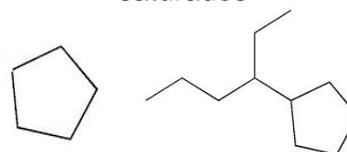
<b>Principais elementos presentes</b>	<b>Percentagem mássica (%)</b>
Carbono	83 a 87
Hidrogénio	10 a 14
Azoto (nitrogénio)	0,1 a 2
Oxigénio	0,05 a 1,5
Enxofre	0,05 a 6
Metais	< 0,1

Apesar do petróleo ser composto praticamente “apenas” por carbono e hidrogénio, é na realidade uma mistura extremamente complexa de várias famílias de hidrocarbonetos, conforme ilustrado abaixo:

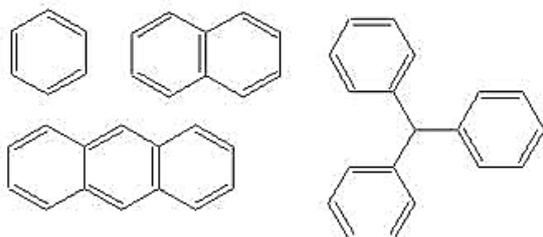
**Parafinas** - Hidrocarbonetos saturados, de cadeia aberta, linear ou ramificada



**Naftenos** - Hidrocarbonetos cíclicos saturados



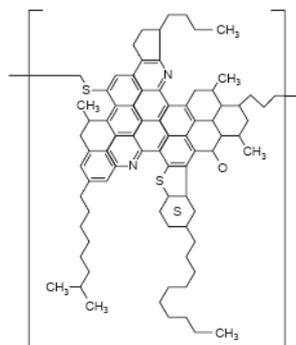
**Aromáticos** – Hidrocarbonetos que contêm um ou mais anéis aromáticos



**Sulfuretos e dissulfuretos** - hidrocarbonetos com átomos de enxofre na cadeia de carbono



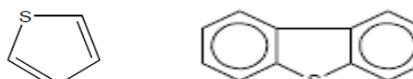
**Resinas [2]** – estrutura complexa de hidrocarbonetos “polimerizadas”



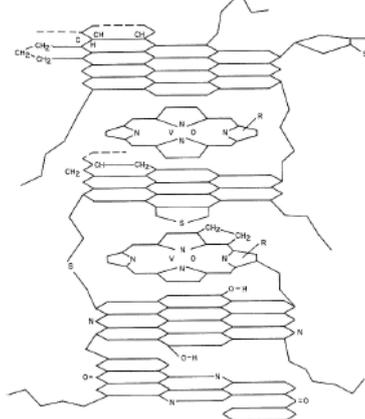
**Mercaptans** - Hidrocarbonetos saturados com grupo funcional R-SH



**Tiofenos e dibenzotiofenos** - Hidrocarbonetos cíclicos, com enxofre na cadeia



**Asfaltenos [3]** - estrutura complexa de hidrocarbonetos onde estão concentrados muitos dos heteroátomos presentes no petróleo

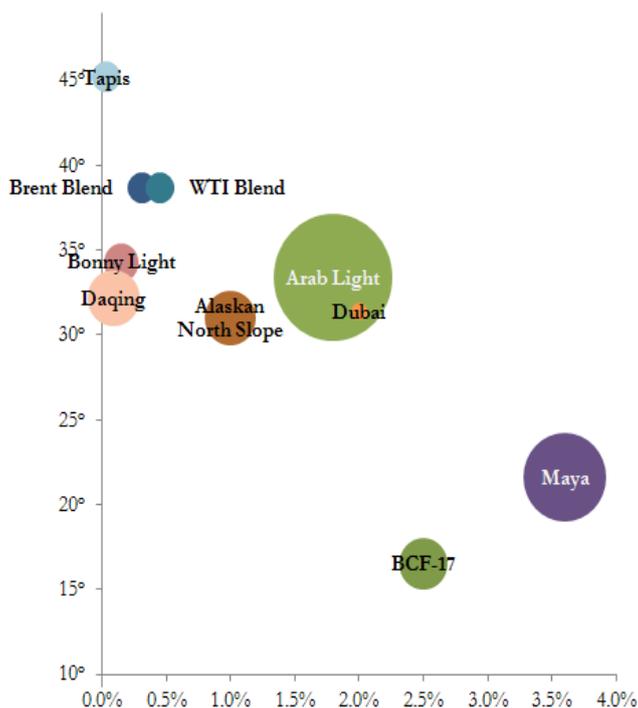


As características físico-químicas do petróleo dependem muito da distribuição mássica destas famílias. Na tabela seguinte [1] encontram-se as percentagens tipicamente encontradas nos vários tipos de petróleo:

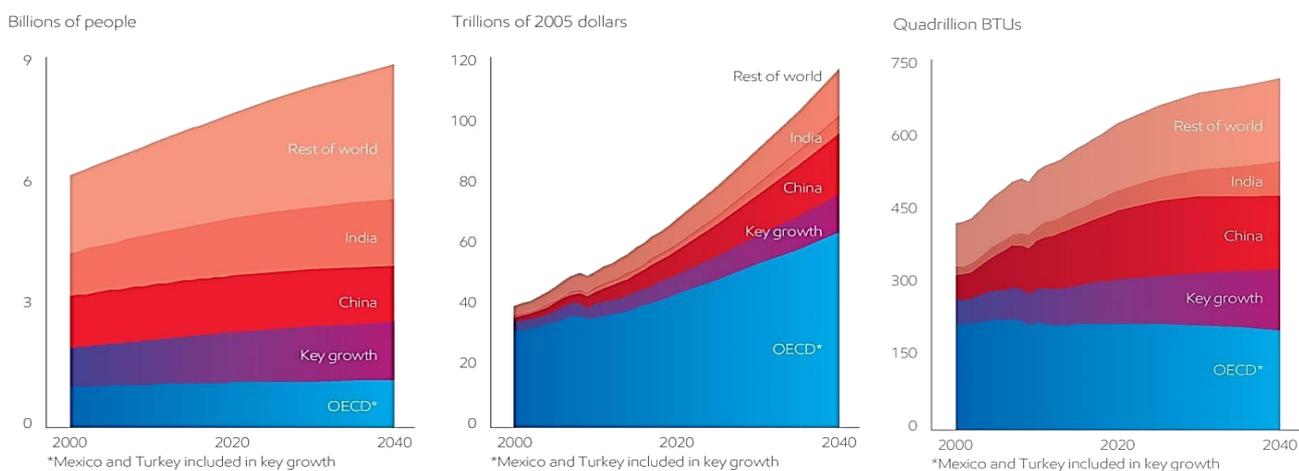
<b>Principais compostos presentes</b>	<b>Percentagem mássica (%)</b>
Parafinas	15 a 60
Naftenos (cicloalcanos)	30 a 60
Aromáticos	3 a 30
Asfaltenos	Restante (em média 6%)

Estas diferenças dependem muito da origem geográfica do petróleo, mas também da idade do poço de extracção. Por exemplo, consoante a distribuição parafinas/naftenos, o petróleo pode designar-se por parafínico ou nafténico. Esta diferença tem enormes impactos nas características dos produtos obtidos mas também influencia a forma do seu processamento.

Duas das propriedades mais importantes para caracterização de um petróleo são o Grau API e o teor em enxofre. Quanto maior o grau API mais leve é o petróleo, que se traduz num rendimento em produtos destilados (gasolina e gásóleo por exemplo), de maior valor comercial. Em relação ao teor de enxofre, este aparece como um contaminante e é responsável pela dificuldade acrescida para se produzirem produtos com a qualidade exigida pelo mercado. Assim, estas duas propriedades têm um impacto significativo no valor comercial do petróleo. Na figura seguinte [4] estão representados alguns dos petróleos mais conhecidos, em função do seu Grau API e teor de enxofre:

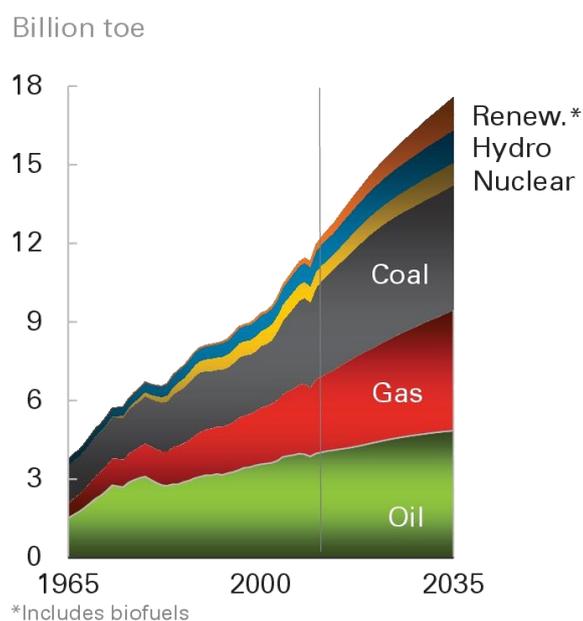


A prosperidade económica e os elevados padrões de vida da actual sociedade devem-se sobretudo à grande disponibilidade de energias primárias, sobretudo fósseis.



Como se pode ver nas figuras acima [5], é esperado um aumento da população mundial entre 2014 e 2040 de 7 para 9 mil milhões de pessoas (+30%). Acompanhando o aumento da

população, é esperado também um aumento considerável da riqueza mundial produzida em cerca de +140%. Comparando a evolução da produção da riqueza mundial com a evolução do consumo de energia primária, facilmente se verifica que estão profundamente interligadas. No entanto, devido ao aumento da eficiência energética dos processos produtivos, prevê-se que a partir de 2020 se consiga um desacoplamento entre o crescimento económico e o consumo energético, pelo que até 2040 “apenas” é esperado um aumento do consumo de energias primárias de 70%. Este aumento não se verificará de igual forma em todas as formas de energia, conforme se verifica na figura abaixo [6]:



Da análise de figura verifica-se que o petróleo continua a ser a fonte de energia mais utilizada. Para além da utilização como fonte de energia, os derivados do petróleo são também utilizados como matéria-prima em indústrias como a farmacêutica, cosmética ou alimentar.

### Referências bibliográficas

- [1] James G. Speight, Baki Özüm, *Petroleum Refining Processes*, Marcel Dekker (2002)
- [2] Oil & Gas Science and Technology – Rev. IFP, 61 (2006) 319
- [3] J. H. Gary. G. E. Handwerk, *Petroleum Refining Technology and Economics*, Marcel Dekker, 4th edition
- [4] *Petroleum*, Wikipedia
- [5] ExxonMobil – The Outlook for Energy: A View to 2040 (2014)
- [6] BP Energy Outlook 2035 (2014)

## Comunicações por Fibra Óptica

Luís Santos

Centro de Química Estrutural, Departamento de Engenharia Química, Instituto Superior Técnico, Av. Rovisco Pais 1, 1049-001 Lisboa.

A óptica envolve a geração, propagação e detecção da luz e é um tema bem conhecido, mas três desenvolvimentos recentes são responsáveis pelo rejuvenescimento da óptica e da sua aplicação na tecnologia moderna:

- 1- Invenção do LASER em 1960 por Theodore Maiman
- 2- Fibras ópticas de baixa atenuação no início dos anos 70.
- 3- Desenvolvimento de dispositivos ópticos semicondutores

Como resultado, novas disciplinas emergiram e novos termos apareceram, como por exemplo:

- **Optoelectrónica:** refere-se a dispositivos e sistemas que são essencialmente electrónicos mas envolvem luz, como o LED (light emitting diode), écrans de cristais líquidos e grelhas de fotodetectores (array photodetectors).
- **Fotónica:** Tecnologia de processamento e transferência de informação através da luz. Envolve dispositivos e sistemas que dependem da interacção da luz com a matéria, como lasers e dispositivos de óptica não linear. Por analogia com a electrónica, envolve o controlo dos fotões no espaço livre e na matéria.

Se o século XX foi considerado a era da electrónica e se baseou sobretudo no Silício, Germânio e outros semicondutores, através da microelectrónica, circuitos integrados e outras aplicações cada vez mais miniaturizadas que não dispensamos hoje, o século XXI será a era da fotónica, baseada em compostos como  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{GeO}_2$ ,  $\text{B}_2\text{O}_3$ ,  $\text{LiNbO}_3$ ,  $\text{KNbO}_3$  e compostos com terras raras como érbio ou praseodímio.

A fotónica reflecte a importância da natureza corpuscular da luz. Os fotões constituem uma boa alternativa aos spins electrónicos, como unidades elementares de informação ("quantum bits") porque podem propagar-se a grandes distâncias, com baixas perdas e podem funcionar a baixas energias. Em termos práticos ainda existem muitas dificuldades, mas a era da fotónica está cada vez mais próxima, pois são sistemas de baixo custo face à elevada capacidade de transmissão de dados (Gbit/s). A maioria das aplicações áudio mede-se em kilobits por segundo (kbps or kbit/s) - unidade de transmissão de dados igual a 1000 bits por segundo, como por exemplo 96 kbit/s – qualidade de FM; 128 kbit/s – "qualidade de CD" para

um mp3; ou 1411 kbit/s – CD. No entanto, as aplicações vídeo requerem uma largura de banda muito superior, como por exemplo 2 a 30 Mbit/s – vídeo-conferência; ou 1.6 Gbit/s – TV de alta definição.

As comunicações fotónicas envolvem a aplicação desta tecnologia em sistemas e dispositivos de comunicação tais como transmissores, o meio de transmissão, receptores e processamento de sinal, com largura de banda superior e, conseqüentemente, com maior capacidade de informação. Na optoelectrónica, a fotónica e a electrónica sobrepõem-se, uma vez que muitas vezes os electrões controlam o fluxo de fotões e vice-versa.

As fibras ópticas são parte integrante dos sistemas ópticos de transmissão de informação e são o elemento mais visível de uma realidade cada vez mais actual. Em 1870, John Tyndall demonstrou que um jacto de água é capaz de conduzir luz e a ideia de transmitir informação com um sistema de luz surgiu com Alexander Graham Bell, que em 1880 demonstrou e patenteou o fotofone, que utilizava o sol como emissor de luz, sendo a luz transmitida através do espaço livre. Embora a inconstância das condições atmosféricas tenha inviabilizado este processo, recentemente sistemas de comunicação óptica conhecidos como “free-space optical (FSO) communication” ou comunicação óptica sem fio, têm sido propostos para comunicações de baixo custo para ligação entre edifícios [1]. Todavia, estes sistemas não são adequados para comunicações a média e longa distância. Em 1966, Charles K. Kao [2], geralmente considerado o “pai” das fibras ópticas para sistemas de telecomunicações, sugeriu que as fibras de vidro de sílica seriam o meio ideal para a transmissão de energia por meio de luz, mas para isso seria necessário melhorar a qualidade das mesmas. Na época, a perda óptica ou atenuação medida nas fibras era de milhares de dB/km, mas estimava-se uma perda teórica máxima de 0,2 dB/Km [3]. Sucessivas melhorias no processo de fabrico, nomeadamente em termos de redução de impurezas, levaram a que, na década de 70 do século passado se tenha atingido um valor de 20 dB/km, tendo-se iniciado nessa altura a produção de fibras ópticas à base de vidro de sílica. Actualmente, o cálculo da atenuação em ligações por fibra óptica [4] considera, para um comprimento de onda de 1550 nm - a designada terceira janela da sílica, um valor mínimo de atenuação na fibra de 0,17 dB/km, tornando as perdas de conexão associadas a principal fonte de atenuação numa ligação por fibra óptica, como indicado na tabela 1.

**Tabela 1 – Atenuação para um comprimento de onda de 1550 nm [4].**

	<b>Atenuação/Km (dB/Km)</b>	<b>Atenuação/conector óptico (dB)</b>	<b>Atenuação/ligação (dB)</b>
Mínima	0.17	0.2	0.01
Média	0.22	0.35	0.05
Máxima	0.4	0.7	0.1

A Figura 1 apresenta a janela de transmissão de uma fibra de sílica, onde se destacam três gamas de comprimentos de onda:

- A banda de comprimentos de onda curtos (Short Wavelength Band), entre 800 e 900 nm, que corresponde à primeira janela da sílica, pois foi a primeira gama a ser usada em comunicações ópticas nos anos 70, até porque usa fontes e detectores de baixo custo.
- A banda de comprimentos de onda médios (Medium Wavelength Band) entre 1250 nm e 1350 nm (largura de banda de 100 nm com atenuação de  $\sim 0,4$  dB/km), que corresponde à segunda janela da sílica, na gama onde a maioria das comunicações de longa distância opera.
- A banda de comprimentos de onda longos (Long Wavelength Band) entre 1450 nm e 1600 nm (largura de banda de 150 nm com atenuação de  $\sim 0,2$  dB/km), que corresponde à terceira janela da sílica e requer componentes como fontes e detectores mais caros, mas corresponde à gama onde a maioria dos novos sistemas funciona.

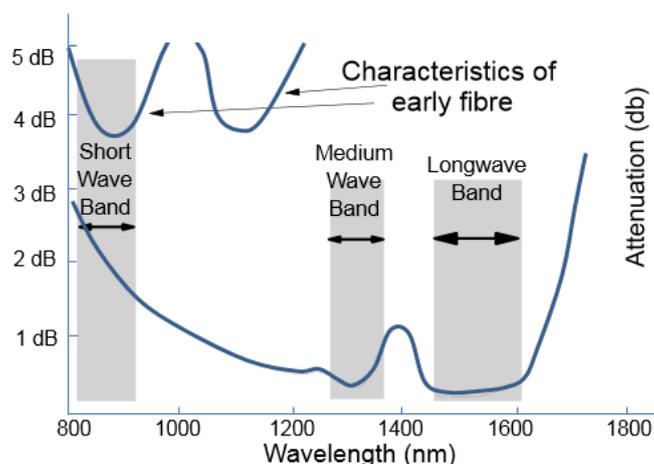


Figura 1 – Janela de transmissão de uma fibra de sílica. A curva superior indica as características de absorção de uma fibra dos anos 70 do século passado. A curva inferior indica as características de uma fibra moderna. Figura tirada de [5] (permissão 5AE77C).

A capacidade potencial de transmissão por fibra óptica é enorme. A 1500 nm, 1 nm de largura de banda corresponde a  $\sim 133$  GHz, enquanto uma largura de banda de 1 nm a 1300 nm corresponde a 177 GHz, pelo que, no total, se tem uma gama utilizável de  $\sim 37,7$  Tera Hertz ( $37,7 \times 10^{12}$  Hz). Ora a tecnologia corrente limita os sistemas electrónicos a cerca de 10 Gbit/s. Assim, na prática os sistemas ópticos estão limitados por componentes como receptores e amplificadores de sinal e não pelas fibras ópticas que transmitem a luz.

- [1] Arun K. Majumdar, "Advanced Free Space Optics (FSO) - A Systems Approach", Springer Series in Optical Sciences, Volume 186, Springer New York, 2015.
- [2] C. K. Kao and G. A. Hockmam, Proc. IEEE, 133 (1966) 1151.
- [3] Rui M. Almeida, "Fibras ópticas" em Materiais 2000, Ed. M. Amaral Fortes e P.J. Ferreira, IST press Lisboa, p319, 2000.
- [4] <http://www.cisco.com/c/en/us/support/docs/optical-networking/ons-15454-sonet-multiservice-provisioning-platform-mspp/27042-max-att-27042.html>, acedido em 2014\_01\_23.
- [5] Harry J. R. Dutton, "Understanding Optical Communications", IBM Redbooks, 1998

## A Química e a Vida\*

José A. L. da Silva

Centro de Química Estrutural, Departamento de Engenharia Química, Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Av. Rovisco Pais, 1, 1049-001 Lisboa – Portugal.

Em 2011 foi comemorado o Ano Internacional da Química, mas falar desta ciência não se pode restringir apenas a esse ano, dado que ela está presente no nosso dia a dia. Esta asserção é comprovada no vestuário, calçado, alimentação, medicamentos, etc. Relativamente aos dois primeiros tópicos, temos, por vezes, a tendência para dar atenção às marcas, ao *design* ou estar *fashion* (ou melhor, na moda) e esquecemo-nos que por de trás dos materiais adequados ao seu fabrico, no respeitante, por exemplo, à sua textura ou cores está trabalho relevante de Química. Acerca da alimentação é conveniente recordarmos-nos que para serem utilizadas novas embalagens, possíveis a conservação das bebidas e das comidas e a sua boa apresentação é imprescindível muita investigação efetuada pelos químicos antes desses produtos chegarem aos consumidores. No âmbito dos fármacos usados em diagnóstico e em terapia, estes são produtos químicos que podem ser isolados de produtos naturais ou sintetizados, os quais podem prevenir situações graves ou curar problemas de saúde, sendo assim evidente a importância da Química nestes domínios. Esta ciência permite inclusive fazer análises que permitem ter informações acerca de ocorrências de outrora. Na realidade, a Química permite conhecer melhor o passado, aumentar o nosso conforto, resolver problemas no dia a dia, além de facilitar a previsibilidade de vários fenómenos. Saber o básico desta ciência torna necessário conhecer algo acerca dos elementos químicos da Tabela Periódica, os quais, convém não esquecer, são os constituintes de tudo o que nos rodeia, sendo este fato igualmente válido para todos os seres vivos.

Todos os organismos vivos são constituídos por alguns dos elementos químicos da Tabela Periódica que apresentam pelo menos um isótopo estável ou com um período de semivida suficientemente longo para não causar danos graves no organismo. A escolha dos elementos químicos pelos seres vivos está relacionada com a sua abundância, disponibilidade (a qual está associada com possibilidade dos elementos químicos serem transportados do meio envolvente até ao organismo e depois assimilados por este sem um gasto elevado de energia) e eficiência funcional [que possibilita determinadas reações (bio)químicas].

---

\*Texto já publicado no livro “Laboratórios Abertos 2012”.

Por isso, sem conhecermos melhor os elementos químicos não podemos saber muito acerca dos organismos vivos e das suas moléculas. É comum pensar-se serem pouco mais de meia dúzia o número elementos químicos imprescindíveis para os seres vivos, mas esse valor é bem maior, sendo alguns deles específicos para grupos limitados de organismos vivos. É de salientar que o teor de cada elemento químico nos seres vivos está regulado num intervalo estreito e, além disso, cada um precisa conseguir chegar ao local onde tem a sua função, para serem evitados problemas metabólicos que podem inclusivamente conduzir à morte.

Há muitos aspetos curiosos acerca das particularidades dos elementos químicos nos seres vivos, assim como das suas aplicações inspiradas nos sistemas biológicos. De seguida, serão dados alguns exemplos.

As células têm a particularidade de possuírem no seu interior mais iões potássio, mas menos sódio e cloreto do que no seu exterior (ver Figura 1). Esta situação tem várias consequências, desde o fato de as lágrimas serem salgadas (é bom recordar o poema «Lágrima de Preta» de António Gedeão/Rómulo de Carvalho) por elas serem secreções (e por isso libertam NaCl), assim como, devido à ocorrência desses gradientes de concentração estes estarem na origem de uma diferença de potencial, que dá suporte à transmissão nervosa. É de notar que se estes sistemas envolvendo diferença de potencial estiverem associados em série e se tenham dado algumas modificações adequadas nos tecidos biológicos onde ocorrem, tornam possível para algumas enguias produzirem descargas elétricas, que permite-lhes capturar as suas presas e dissuadir os seus predadores de qualquer ação hostil contra elas.

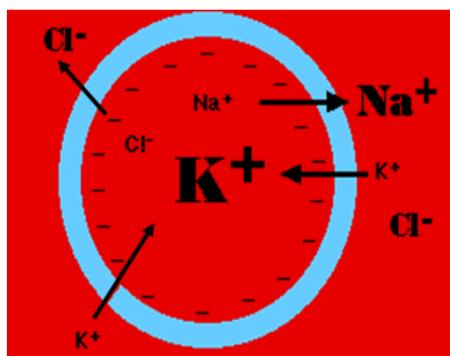


Figura 1. O tamanho relativo dos iões  $K^+$ ,  $Na^+$  e  $Cl^-$  está associado com os seus teores serem maiores ou menores no interior ou no exterior da célula (aqui representada pela circunferência em azul); o sentido das setas representa a tendência para os fluxos comuns para os três iões apresentados, se a célula não for perturbada.

O magnésio é responsável pela cor verde dos legumes e de folhas por estar presente nas clorofilas (refira-se que o étimo de «cloro» é  $\chi\lambda\omega\rho\varsigma$ , *chloros*, o qual significa verde), cuja importância na formação da biomassa nas plantas e árvores é fundamental para a vida na Terra. É bom lembrar que as árvores de folha caduca no outono reduzem a sua atividade

metabólica e as suas folhas mudam de cor devido aos carotenoides (os quais apresentam cores avermelhadas, alaranjadas ou amareladas) serem progressivamente mais importantes em termos de concentração relativa durante o processo de senescência dessas estruturas biológicas (ver Figura 2). Um outro fato ligado com as clorofilas tem a ver com o modo de cozinhar os legumes verdes e o seu aspeto após este processamento. Caso não esteja regulado o valor do pH, os legumes perdem a sua cor verde viva e têm tendência para ficarem com tons acastanhados. Este fenómeno é devido ao carácter ácido de algumas estruturas celulares, que com o aquecimento em água são degradadas e libertam hidrogeniões, os quais ao entrarem em contato com as clorofilas favorecem nestas a remoção do ião magnésio. Como a competição é com o hidrogenião, o modo de evitar o seu efeito é adicionar bicarbonato de sódio, cujo comportamento como base pode atenuar uma remoção significativa do ião magnésio da clorofila. Refira-se ainda que a cor verde das bananas não maduras deve-se a presença de clorofila, enquanto que a cor amarela aos carotenoides que vão sendo produzidos durante o amadurecimento das bananas.



Figura 2. A cor das folhas é dependente do tipo de pigmentos predominante (ver texto).

O ferro condiciona a cor das hortênsias, as quais são azuis em terrenos mais ácidos e cor de rosa nos mais próximos da neutralidade (ver Figura 3). O motivo deste fenómeno é a menor disponibilidade do ferro nestes últimos terrenos (por este metal formar sais que são mais insolúveis em meio mais básico), o qual está envolvido na síntese das moléculas associadas com a cor azul. Quem desejar flores com esta tonalidade deve tornar o ferro mais disponível no meio, por exemplo, baixando o valor do pH do solo onde se encontram as hortênsias. O mesmo metal participa na orientação magnética de alguns organismos vivos, devido à capacidade de alguns conseguirem produzir estruturas contendo minerais de ferro que são sensíveis ao campo magnético (magnetite,  $Fe_3O_4$ , ou greigite,  $Fe_3S_4$ , sendo a sua ocorrência notável nos seres vivos, dado que na Terra esses minerais se formam geralmente em condições de pressão e temperatura impossíveis para a sobrevivência de qualquer organismo vivo).

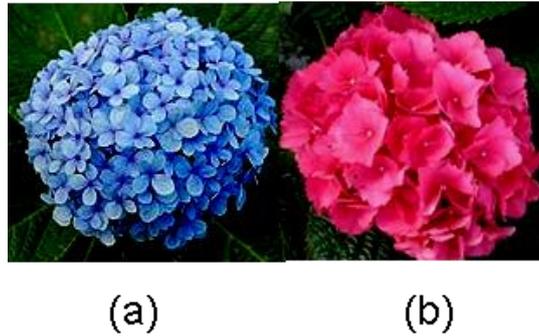


Figura 3. Hortênsias em meio de maior (a), geralmente mais ácido, e menor (b) disponibilidade de ferro.

Enzimas de cobre estão envolvidas na ocorrência do cabelo escuro, no escurecimento da fruta cortada (ver Figura 4), na produção de belas peças lacadas e esta mesma enzima é aplicada no branqueamento dos *jeans*. Em todos estes casos, o oxigênio molecular é usado na oxidação do substrato que dá aos materiais referidos o aspeto final conhecido.

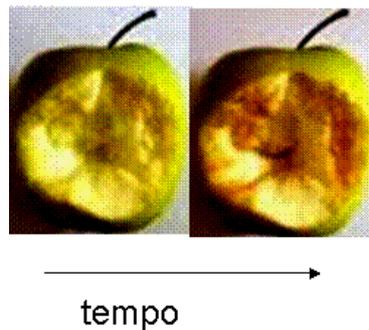


Figura 4. A fruta escurece com o tempo devido à ação da enzima de cobre oxidase do catecol, EC 1.10.3.1.

O níquel pode ser causador de alergias pela sua utilização em acessórios de contacto, tais como, anéis (ver Figura 5) e pulseiras, ou penetrantes da pele (como é o caso dos *piercing*). A razão desta resposta do organismo está associada com o fato deste metal não ser necessário no metabolismo humano, mas pelas secreções do corpo poder ser solubilizado e introduzido nele. Se tal acontecer, pode competir com outros elementos químicos essenciais para a atividade metabólica, mas como o níquel não é o mais apropriado, a sua interferência pode provocar reações alérgicas.



Figura 5. Efeito da alergia provocada por um anel de níquel.

Os biominerais contendo silício, como sílica ( $\text{SiO}_2$ ), ocorrem em diversos seres vivos e apresentam formas muito diversificadas (ver Figura 6). Os fitólitos, como o nome indica são provenientes de plantas, apresentam a característica geral da sílica de uma enorme estabilidade e, adicionalmente, são típicos para as espécies em que ocorrem. Com base nestes pressupostos, quando os fitólitos são descobertos em vestígios arqueológicos permitem revelar características da alimentação dos nossos antepassados. Por outro lado, o conhecimento de como se forma a sílica biológica pode tornar possível aos seres humanos produzi-la em condições equivalentes. É bom lembrar que é um material usado, por exemplo, na fibra ótica, mas enquanto alguns organismos vivos a produzem num grau de pureza elevado e sem recurso a grandes gastos de energia, os seres humanos usam uma tecnologia para a sua purificação que necessita de um dispêndio significativo de energia, sendo necessárias temperaturas muito elevadas.

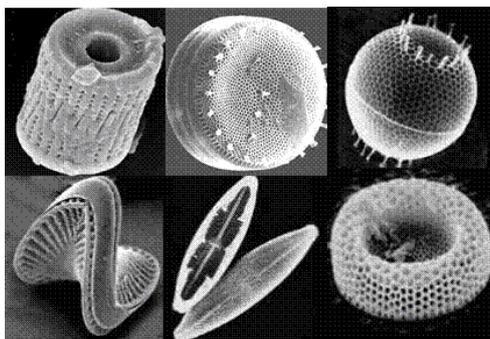


Figura 6. A sílica ocorre no exosqueleto as diatomáceas (organismos unicelulares), tendo essas estruturas tamanhos muito variados entre  $5\ \mu\text{m}$  e  $60\ \mu\text{m}$  e formas distintas; são conhecidas pelo menos uma dezena de milhar de espécies de diatomáceas.

Muitos elementos químicos são empregues em diagnósticos e terapia devido às suas propriedades específicas. Por exemplo, na terapia de alguns tipos de cancro são usados com sucesso compostos de platina. Nas pastas de dentes a presença de ião fluoreto na sua composição reduz a incidência das cárie, dado que o biomineral constituinte básico dos dentes, a hidroxiapatite,  $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ , se torna mais resistente à acidez causadora da referida desmineralização, se ocorrer a substituição parcial do ião hidróxido pelo do halogeneto mencionado.

Ao nível da cosmética os cloretos de oxobismuto são usados para darem à pele ou às unhas (ver Figura 7) uma tonalidade pérola. Por outro lado, compostos de selénio ou de zinco são adicionados em champôs para eliminarem a caspa. Infelizmente, é ainda corrente ouvirmos que há champôs sem químicos (pois não só estes produtos corrigem certos problemas, como

mesmo os que são baseados em produtos naturais têm na sua composição também produtos químicos).



Figura 7. Tonalidade pérola dada pelo cloreto de oxobismuto.

A ligação negativa da Química com os fenómenos da poluição é uma abordagem pouco rigorosa, mas infelizmente está muito divulgada. Todavia, é curioso os químicos serem chamados para analisarem e tentarem minorar os efeitos causados após o mal estar feito. Algumas ações preventivas dos efeitos da poluição são hoje correntes e como exemplos, veja-se a importância das estações de tratamentos de esgotos, sendo este tipo de infraestrutura apenas uma maneira como a Química está presente para melhorar a qualidade da água e do ambiente em geral.

Como comentário final refira-se que muitos dos fenómenos apontados como sendo causados pelos químicos ao nível da poluição, devem-se, sobretudo, à ganância pelo lucro fácil, por não terem sido seguidas as condições de segurança que os químicos estariam aptos a sugerir. A Química é uma ciência que pretende, entre outras coisas, conhecer melhor a Vida e não destruí-la.

### **Bibliografia**

J.J.R. Fraústo da Silva, J.A.L. da Silva, Os Elementos Químicos e a Vida, IST Press, Lisboa, 2011.

## Experiências no Laboratório

A Química e a Ciência de Materiais são centrais na compreensão do nosso Mundo e a sua aplicação sob a forma de Engenharia Química e Engenharia de Materiais são fulcrais para a Economia.

Nestes laboratórios vamos fazer um conjunto de experiências interativas que pretendem dar uma imagem de como estas disciplinas são apelativas e constituem uma excelente opção de carreira para os jovens.

Esperamos que os Laboratórios Abertos mostrem bem o papel que estas áreas da Ciência e da Tecnologia desempenham no bem-estar de que gozamos em termos saúde, mobilidade e conforto, bem como no desenvolvimento económico Nacional e Internacional.

## Acidificantes ou...Refrigerantes?

Sílvia Chaves

Centro de Química Estrutural, Departamento de Engenharia Química, Instituto Superior Técnico, Av. Rovisco Pais 1, 1049-001 Lisboa, Portugal



Pode-se definir refrigerante como uma bebida com elevado poder refrescante de fabrico industrial, não alcoólica e não fermentada, contendo na sua composição essencialmente água (cerca de 88% m/m) e açúcar (cerca de 11% m/m) ou edulcorante (versão light ou diet), mas também extractos ou aromas sintéticos de frutas/vegetais, acidificante, antioxidante, conservante e dióxido de carbono. O meio ácido regula a doçura do açúcar, realça o sabor da bebida e evita a proliferação de grande variedade de microorganismos. Antioxidantes como o ácido ascórbico (E300) e isoascórbico (E315) são muito utilizados para evitar a oxidação pelo oxigénio do ar de componentes do sabor tais como aldeídos e ésteres. Como os refrigerantes podem ser deteriorados por leveduras e bactérias (microorganismos ácido-tolerantes), provocando turvações e alterações no sabor/odor, são utilizados conservantes (benzoato de sódio – E211, sorbato de potássio – E202) para inibir o desenvolvimento desses microorganismos. Enquanto o E211 actua praticamente sobre todo o tipo de microorganismos, o E202 é mais eficaz para bolores e leveduras.

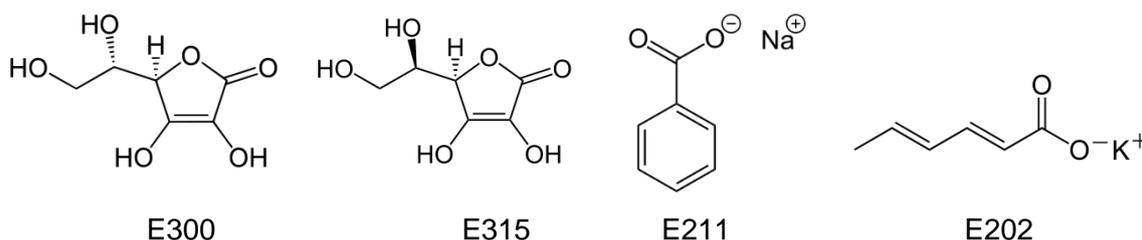


Fig. 1 – Estruturas de alguns compostos antioxidantes e conservantes utilizados na indústria dos refrigerantes.

Se bem que já em 1772 o teólogo e químico inglês Joseph Priestley tivesse inventado a “água carbonatada”, a indústria de refrigerantes só surgiu em 1871, nos Estados Unidos, com o lançamento do primeiro refrigerante com marca registada, o Lemon's Superior Sparkling

Ginger Aleã. Pouco depois, em 1886, um farmacêutico de Atlanta (John Stith Pemberton) cria a Coca-Cola, uma bebida refrescante desenvolvida como remédio para a dor de estômago. Uns anos mais tarde, em 1893, outro farmacêutico da Carolina do Norte (Caleb Davis Bradham) inventa a Brad's Drink, que 5 anos mais tarde fica oficialmente conhecida como Pepsi-Cola.

O maior produtor mundial actual de refrigerantes continua a ser os Estados Unidos, mas nota-se que de há 7 anos para cá o seu consumo vem diminuindo (185 L per capita em 2008 para 160 L per capita em 2013 [1]), devido à preocupação crescente com a grande quantidade de açúcar e calorias presentes nos refrigerantes. De facto, a presença de açúcar nestas bebidas torna perceptível porque é que o consumo de refrigerantes está normalmente relacionado com uma má alimentação e com obesidade. Para além do açúcar, a presença de fosfatos, associada a uma queda no consumo do leite, também é apontada como nociva pois pode implicar uma menor densidade óssea. No entanto, o uso de refrigerantes é indicado em situações de enjoo e para auxiliar processos digestivos.

Não se tenciona aqui entrar em considerações sobre se o consumo de refrigerantes é saudável ou não, mas pretende-se neste módulo abordar algumas questões relativas à sua composição química que poderão até explicar a sensação de bem-estar e frescura proporcionada por estas bebidas, bem como o motivo por que são indicadas em casos de problemas digestivos. Neste sentido, foram planeadas as seguintes experiências, que envolvem apenas testes de análise qualitativa baseados em reacções colorimétricas que não requerem a utilização do equipamento sofisticado normalmente existente num laboratório de análise química:

- CO<sub>2</sub> e a acidez dos refrigerantes
- Detecção de açúcar
- Identificação de fosfatos
- Análise de fenóis.

### CO<sub>2</sub> e a acidez dos refrigerantes

Bebemos refrigerantes ou...acidificantes? Ambas as coisas, pelos vistos, uma vez que ficamos com uma sensação de frescura ao ingerir estas bebidas ácidas.

Na realidade, todos os refrigerantes têm pH ácido (1,7 - 3,1 [2]), sendo que o principal objectivo da imposição deste meio tem a ver com a regulação do sabor da bebida e também com a inibição do crescimento de diversos microorganismos. O ácido cítrico é um ácido orgânico fraco que se encontra naturalmente nos citrinos. Outro ácido utilizado nos refrigerantes, principalmente do tipo cola, é o ácido fosfórico, que é um ácido mais forte de

origem inorgânica. Finalmente, o ácido tartárico é o principal ácido do vinho, sendo usado nos refrigerantes com sabor a uva.

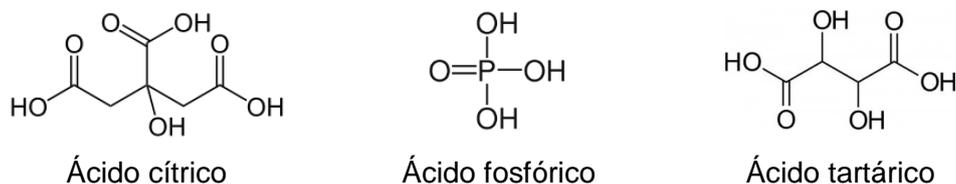


Fig. 2 - Ácidos utilizados na formulação dos refrigerantes.

O carácter ácido dos refrigerantes pode ser verificado facilmente por adição de algumas gotas do indicador azul de bromotimol. Este indicador ácido-base apresenta cores diferentes consoante se encontra na sua forma ácida (amarelo) ou básica (azul), constatando-se que todos os refrigerantes testados têm pH ácido devido à coloração amarela que aparece após adição do indicador.

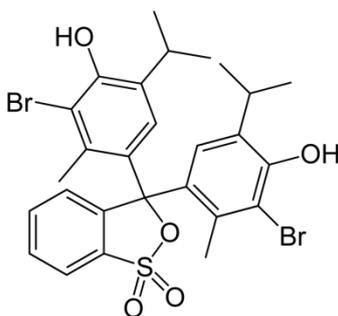
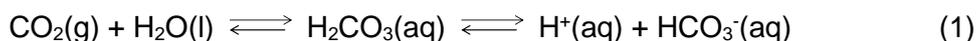


Fig. 3 – Estrutura do indicador azul de bromotimol.

Por outro lado, a sensação de frescura conferida pelos refrigerantes provém da efervescência do dióxido de carbono neles dissolvido. No processo de fabrico destas bebidas, o envasamento é feito a baixa temperatura (3 a 12 °C) e sob pressão para garantir uma concentração elevada em CO<sub>2</sub>.

Estabelecem-se, então, os seguintes equilíbrios.



Através dos equilíbrios (1) é possível notar que a própria presença de CO<sub>2</sub> no refrigerante confere um carácter ácido à solução (ver o último membro do equilíbrio anterior).

Se se adicionar bicarbonato de sódio ao refrigerante na presença de azul de bromotimol, progressivamente e até cessar a libertação de bolhas (de CO<sub>2</sub>), consegue verificar-se a passagem sequencial de cores de amarelo para verde e finalmente para azul. Esta observação corresponde a uma neutralização da solução aquosa até ficar com um pH final correspondente à zona básica (ver equilíbrio (2), Fig. 4 e Fig. 5).

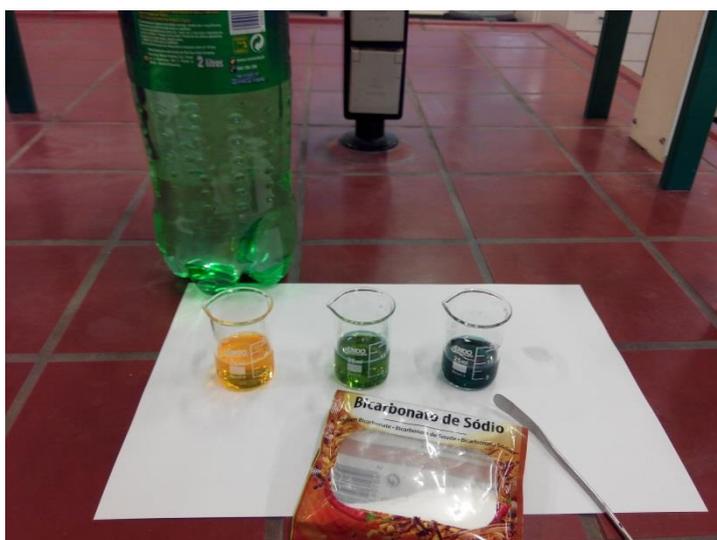


Fig. 4 – Mudança sequencial de cor (da esquerda para a direita) do refrigerante na presença de azul de bromotimol, por adição de bicarbonato de sódio.

Quando todo o ácido presente na solução de refrigerante é neutralizado (cessação de formação das bolhas de CO<sub>2</sub>), a cor que aparece é azul, correspondente ao ligeiro excesso de bicarbonato de sódio presente.

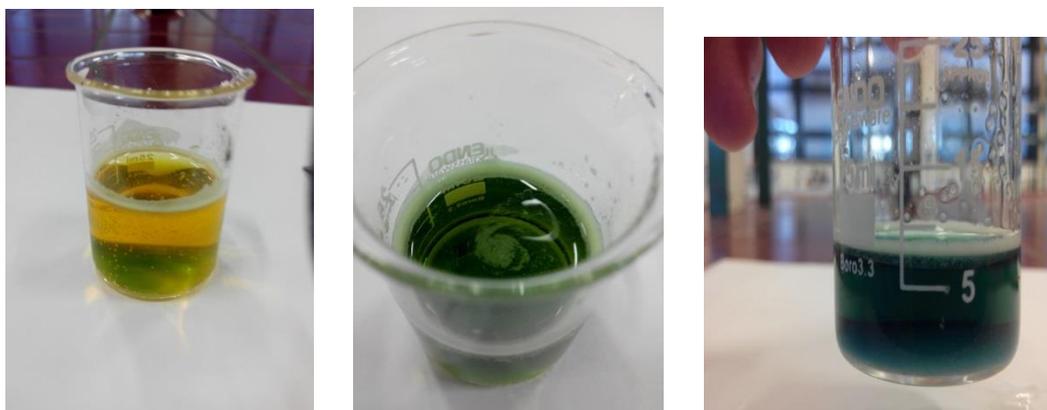


Fig. 5 – Formação de bolhas de CO<sub>2</sub> à medida que é adicionado bicarbonato de sódio.

Vamos agora analisar um pouco as nossas sensações quando ingerimos um refrigerante. Como o pH do estômago é ácido e o dos refrigerantes também, pode-se dizer que o refrigerante reforça o trabalho do suco gástrico, graças ao  $\text{CO}_2$  dissolvido, facilitando o processo digestivo e ajudando a acabar com a sensação de enjoo. No entanto, atenção que pessoas que sofrem de azia não devem beber refrigerantes mas sim tomar antiácidos.

No estômago, o refrigerante, ao contribuir para aumentar o teor de  $\text{H}^+$ , vai deslocar o equilíbrio (1) (princípio de Le Chatelier) no sentido da direita para a esquerda, com a formação de mais  $\text{CO}_2$ . A libertação de  $\text{CO}_2$  e o aumento de volume dentro do estômago ocorre porque a temperatura é mais alta do que no exterior do organismo, diminuindo a solubilidade do gás em solução. A esta libertação de gás no estômago chama-se eructação ou, mais comumente, arrotos.

### Detecção de açúcar

No caso dos refrigerantes não diet/light, o açúcar é o ingrediente presente em maior quantidade, logo a seguir à água. Aquele componente confere um gosto adocicado, além de fixar e intensificar o sabor, em conjunto com o acidificante, e de ser uma fonte de energia. Entre os diversos tipos de açúcar, o mais comum é a sacarose, produzida comercialmente a partir de cana-de-açúcar ou de beterraba, e vulgarmente utilizada como adoçante de bebidas e de alimentos. Os açúcares podem ser não hidrolisáveis, ou seja, monossacarídeos (glicose, ribose, frutose), ou hidrolisáveis, tais como os dissacarídeos (sacarose, maltose, lactose), que originam 2 moléculas de monossacarídeos por hidrólise. Por exemplo, a sacarose é um dissacarídeo composto por glicose e frutose.

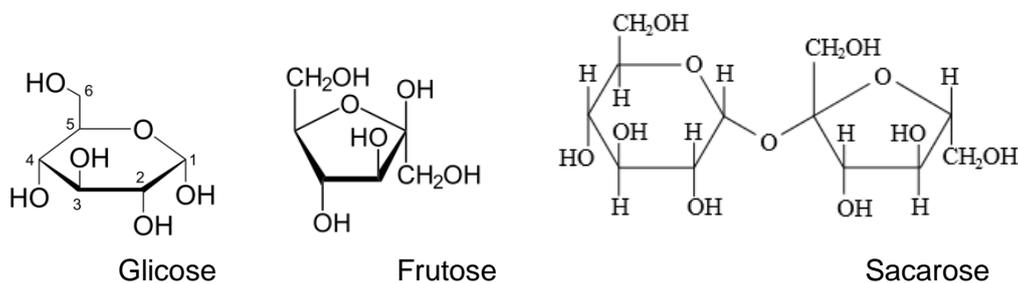
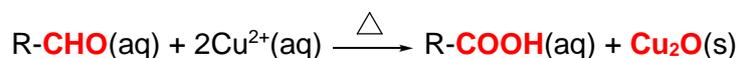


Fig. 6 – Exemplos de dois monossacarídeos e de um dissacarídeo.

Os açúcares que possuem um grupo OH livre na posição C-1 são bons agentes redutores e designam-se por açúcares redutores. Exemplos de açúcares redutores são monossacarídeos como a glicose e a frutose, bem como dissacarídeos tais como a lactose e a maltose. Este tipo de açúcares é capaz de reduzir iões metálicos em solução alcalina sob aquecimento,

como ocorre no teste de Fehling [3], que se baseia na redução de iões  $\text{Cu}^{2+}$  a  $\text{Cu}^+$ , com formação de um precipitado vermelho de óxido cuproso ( $\text{Cu}_2\text{O}$ ).



Neste teste é adicionada uma amostra de refrigerante a uma mistura de uma solução de Fehling A (solução aquosa de sulfato de cobre) e de uma solução de Fehling B (solução aquosa de tartarato duplo de sódio e potássio em meio alcalino), seguindo-se aquecimento num banho de água fervente. Cerca de 2-3 minutos depois, desenvolve-se uma cor vermelha, indicativa da presença na amostra de açúcares redutores.

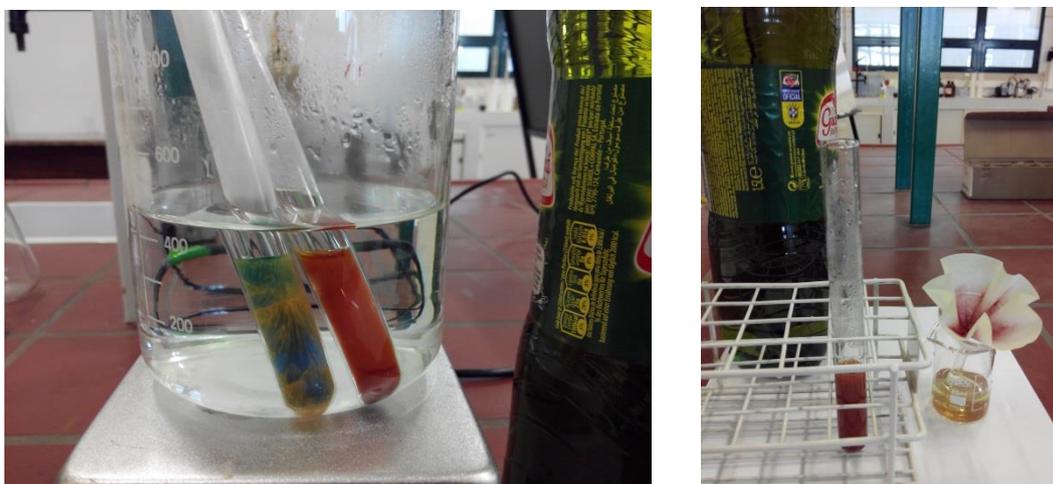
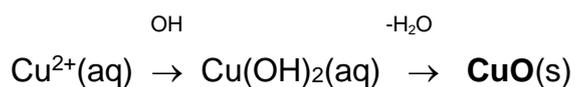


Fig. 7 – Teste de Fehling para detecção de açúcares redutores: tubo de ensaio da esquerda com início da reacção de precipitação e tubo da direita com reacção de precipitação terminada.

A solução de Fehling B contém um agente complexante (tartarato), que garante a presença do  $\text{Cu}^{2+}$  em solução alcalina, evitando-se a formação de um complexo negro de óxido cúprico ( $\text{CuO}$ ) (ver Fig. 8).



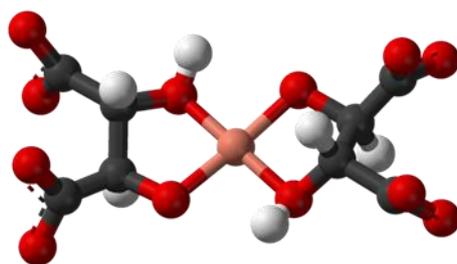


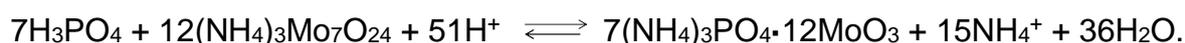
Fig. 8 – Estrutura do complexo de bis-tartarato de Cu<sup>2+</sup> [4].

### Identificação de fosfatos

O fósforo é um nutriente essencial na dieta de vários seres vivos e desempenha um papel importante no metabolismo energético do organismo bem como na composição dos ossos e dentes. Do conteúdo corporal total de fosfato, 85% encontra-se no esqueleto e 6% nos músculos.

Diversos refrigerantes, sobretudo do tipo cola, incluem na sua formulação ácido fosfórico, como já foi mencionado. Se bem que a presença de ácido fosfórico imponha um pH ácido adequado para inibir o crescimento de diversos microorganismos e contribua para um melhoramento do sabor da bebida, o consumo excessivo de refrigerantes contendo fosfatos tem sido muitas vezes apontado como um possível causador de menor densidade óssea, conduzindo eventualmente a osteopenia ou mesmo osteoporose. Na realidade, apesar de diversos estudos sugerirem que o consumo de bebidas com fosfato esteja associado à redução da massa óssea e ao aumento do risco de fractura, a International Osteoporosis Foundation afirma que não há provas convincentes de que estas bebidas afectem negativamente a saúde óssea. Mais ainda, é provável que o efeito resulte da substituição do leite pelos refrigerantes em vez de estar directamente ligado à presença de fosfatos naquelas bebidas.

Neste trabalho identifica-se a presença de fosfatos em refrigerantes através de uma reacção colorimétrica em que ocorre a formação de um precipitado amarelo de fosfomolibdato de amónio por adição à amostra de molibdato de amónio em meio ácido, seguido de aquecimento [5]:



O polioxometalato formado tem uma grande estrutura tridimensional fechada, chamada de Keggin (ver Fig. 9), em que os átomos dos metais de transição estão ligados entre si por átomos de oxigénio partilhados.

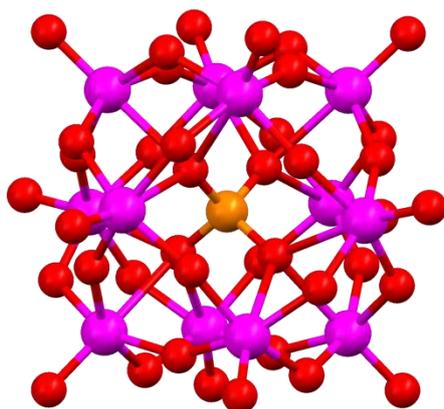


Fig. 9 – Estrutura de Keggin para o anião fosfomolibdato  $[PMo_{12}O_{40}]^{3-}$ : uma unidade  $PO_4$  rodeada de unidades octaédricas  $MoO_6$  [6] (P – amarelo, Mo – lilás, O – vermelho).

Na presença de redutores, porém, o fosfomolibdato passa a azul de molibdénio, baseando-se nesse facto o método de doseamento quantitativo de fosfatos.

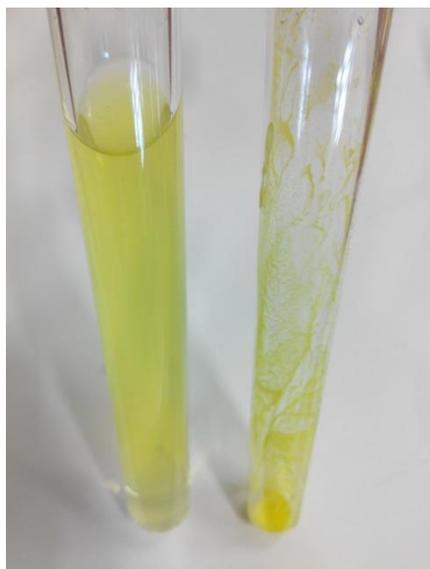


Fig. 10 – Formação de um precipitado amarelo de fosfomolibdato de amónio.

### **Análise de fenóis**

Antioxidantes são compostos capazes de evitar a oxidação de moléculas simples a polímeros e biosistemas complexos, inibindo a formação de radicais livres. Se bem que o nosso organismo produza naturalmente radicais livres (importantes no combate a inflamações), quando aqueles são gerados em excesso são responsáveis por danos celulares e estão associados a várias doenças, tais como aterosclerose, diabetes e cancro, bem como a processos degenerativos tais como o envelhecimento [7]. Estudos recentes demonstraram que uma dieta rica em antioxidantes pode proteger o organismo de uma série de patologias.

A presença de antioxidantes nos refrigerantes é devida ao corante caramelo, utilizado sobretudo em bebidas do tipo cola, bem como à presença de sucos de frutas e de outros extractos vegetais, tais como noz de cola, folhas de coca e sementes de guaraná.

Nesta experiência propõe-se detectar a presença de fenóis em refrigerantes, compostos estes responsáveis pela actividade antioxidante destas bebidas. Os compostos fenólicos, além de contribuírem para o sabor, a cor e o aroma característicos de diversas bebidas, são conhecidos devido às propriedades fisiológicas e farmacológicas que conferem à saúde humana, como a actividade antioxidante.

Na determinação dos fenóis totais recorreu-se ao método de Folin–Ciocalteu [8], adicionando à amostra o reagente comercial de Folin–Ciocalteu (FC, mistura de fosfomolibdato e fosfotungstato) em meio básico (carbonato de sódio). Nesta reacção, o reagente FC oxida a amostra e a presença de fenóis é indicada pelo aparecimento de uma cor azul. Dá-se uma transferência de electrões para o reagente FC, que reduzem os complexos fosfomolibdicos/fosfotungsticos a cromóforos com metais de valência mais baixa. Note-se que, na realidade, este método mede a capacidade total redutora de uma amostra e não só o seu teor em fenóis.



Fig. 11 – Teste da presença de fenóis em refrigerantes.

### **Bibliografia**

- [1] <http://www.abrasnet.com.br/clipping.php?area=10&clipping=45247> (consultado em 8 de Janeiro de 2015).
- [2] <http://www.aquimbrasil.org/congressos/2010/arquivos/T21.pdf> (consultado em 8 de Janeiro de 2015).
- [3] H. Fehling, Ann. Chem. Pharm. 72 (1849) 106–113.

- [4] <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Copper-tartrate-complex-3D-balls.png#file> (consultado em 12 de Janeiro de 2015).
- [5] V.K. L. Osorio, W. Oliveira, *Química Nova* 24 (2001) 700-708.
- [6] [http://en.wikipedia.org/wiki/Keggin\\_structure](http://en.wikipedia.org/wiki/Keggin_structure) (consultado em 12 de Janeiro de 2015).
- [7] O.V. Brenna, E.L.M. Ceppi, G. Giovanelli, *Food Chem.* 115 (2009) 119-123.
- [8] V.L. Singleton, J.A. Rossi, *Am. J. Enol. Vitic.* 20 (1965) 144–158.

### Ligas com memória de forma

Alberto Ferro<sup>a</sup> e Amélia Almeida<sup>b</sup>

<sup>a</sup> CeFEMA - Centro de Física e Engenharia de Materiais Avançados, Departamento de Engenharia Mecânica, Instituto Superior Técnico, Av. Rovisco Pais 1, 1049-001 Lisboa.

<sup>b</sup> CeFEMA - Centro de Física e Engenharia de Materiais Avançados, Departamento de Engenharia Química, Instituto Superior Técnico, Av. Rovisco Pais 1, 1049-001 Lisboa.

Quando se aumenta a temperatura de um material sólido este passa sucessivamente do estado sólido, ao líquido e ao gasoso<sup>\*</sup>. Em condições de equilíbrio, estas transformações de fase (ou estado) ocorrem a temperatura constante, no caso de elementos puros e de certas ligas ou misturas<sup>†</sup>. No caso geral das ligas e misturas estas transformações ocorrem em intervalos de temperatura.

Os metais, no estado sólido, são em geral, cristalinos e podem ser constituídos por uma ou mais fases cristalinas<sup>‡</sup>. No estado sólido podem também ocorrer transformações de fase correspondentes à substituição de uma ou mais fases por outra ou outras.

As ligas com memória de forma que vamos experimentar são as chamadas NITINOL. Estas ligas com ~50%at Ni-50%at Ti foram descobertas no N.O.L (*Naval Ordnance Laboratory*) nos USA em 1962. Contudo, o efeito de memória de forma já era conhecido anteriormente em ligas Au-Cd (1932) e Cu-Zn (1950).

As ligas com memória de forma baseiam-se em soluções sólidas ordenadas que apresentam duas fases sólidas distintas, uma a alta temperatura (austenite) e outra a baixa temperatura (martensite) que se transformam reversivelmente uma na outra por efeito da temperatura.

Contrariamente ao senso comum, a fase de baixa temperatura é dúctil, podendo ser facilmente deformada, enquanto a fase de alta temperatura é muito mais rígida, sendo muito difícil deformá-la de forma permanente

---

<sup>\*</sup> Considerando que o material não se decompõe.

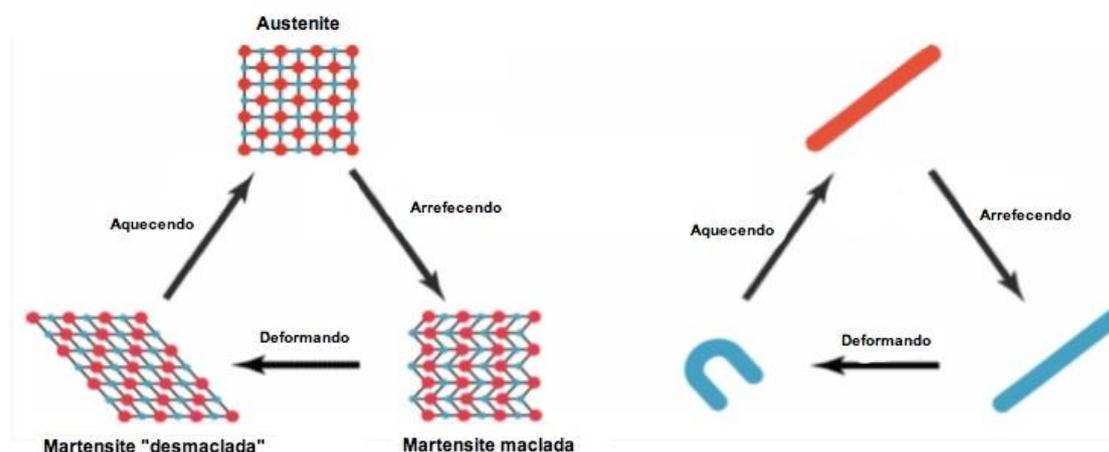
<sup>†</sup> Ligas ou misturas são materiais constituídos, à escala atómica, por dois ou mais elementos químicos. A designação liga é geralmente reservada para o caso dos materiais metálicos.

<sup>‡</sup> Uma fase sólida cristalina é idealmente uma região com uma única estrutura cristalina e composição química.

Nas ligas NITINOL, a temperatura a que esta transformação ocorre pode ser controlada através de pequenas variações da composição química. No nosso caso a liga tem 55,3%at. Ni e a sua temperatura de transformação é ~50°C. Numa liga com 56%at. Ni a temperatura de transformação é -14°C.

### ***Mas afinal o que é o efeito de memória de forma?***

Primeiro deforma-se a liga no estado martensítico, abaixo da sua temperatura de transformação. Depois, se se aquecer esta liga acima da temperatura de transformação (por exemplo com um secador de cabelo), ela transformar-se-á em austenite. À medida que se transforma, vai adoptando a forma inicial que tinha antes de ter sido deformada: adquire literalmente a mesma forma! Ao arrefecer de novo, para voltar ao estado martensítico, não ocorre mais nenhuma mudança de forma<sup>††</sup>. Este processo pode repetir-se vezes sem conta. Nestas ligas muito especiais, o processo de deformação plástica no estado martensítico e a transformação de fase **austenite**↔**martensite** usam o mesmo mecanismo físico a que se dá o nome de maclagem.



---

<sup>††</sup> É ainda possível "treinar" estas ligas de modo que tenham uma forma no estado martensítico, a baixa temperatura, e outra no estado austenítico, acima da temperatura de transformação. A este efeito chama-se Efeito de Dupla de Memória de Forma.



Apesar de terem sido, durante algumas décadas, não mais do que uma curiosidade laboratorial, as ligas com memória de forma são hoje incontornáveis no campo dos biomateriais para aplicações em medicina e ortodontia. Estas ligas são consideradas **materiais inteligentes** pois podem ser "treinadas" para adquirir uma determinada forma inicial que pode ser recuperada após deformação do material. Estes materiais encontram também aplicação crescente como dispositivos termomecânicos para aplicações especiais ou de uso doméstico como sejam as torneiras de temperatura constante.

## Borracha: quente ou fria?

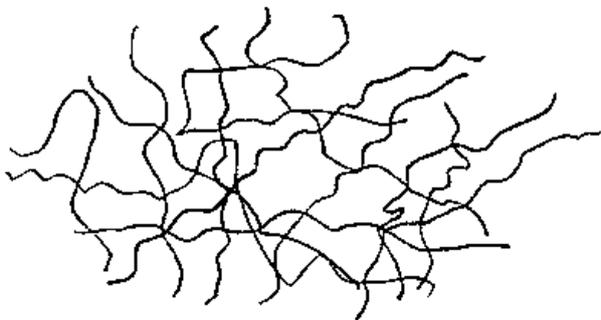
Amélia Almeida

CeFEMA - Centro de Física e Engenharia de Materiais Avançados, Departamento de Engenharia Química, Instituto Superior Técnico, Av. Rovisco Pais 1, 1049-001 Lisboa.

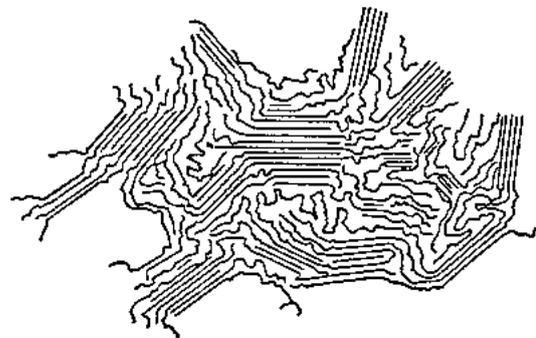
### **O que é a borracha?**

A borracha é um material polimérico, i.e. constituído por moléculas de compostos de carbono, ligados por ligações covalentes (fortes) formando longas cadeias que se encontram ligadas entre si por ligações secundárias (fracas). Por este motivo, as borrachas são muito flexíveis à temperatura ambiente, apresentando enorme elasticidade (podem ser extensamente deformadas sem se danificar, pois a deformação é recuperada logo que a força deixa de ser exercida: comportam-se como um *elástico*).

A nível de estrutura, a borracha (como os outros polímeros) pode assemelhar-se a um prato de espaguete (onde cada fio de espaguete corresponde a uma cadeia molecular) cujas cadeias se encontram emaranhadas e desordenadas. Diz-se, assim, que se trata de um *material amorfo* (desorganizado, sem ordem) por oposição a um *material cristalino* em que os seus constituintes (moléculas, átomos ou iões) se encontram organizados de forma regular.



*Modelo de estrutura de polímero amorfo (desordenado).*



*Modelo de estrutura de polímero com zonas parcialmente cristalinas (ordenadas).*

Fonte: [http://www.tangram.co.uk/TI-Polymer-Shrinkage\\_in\\_plastics.html](http://www.tangram.co.uk/TI-Polymer-Shrinkage_in_plastics.html)

### **Quando se aquece a borracha sob tensão...**

Quando a borracha é aquecida, ela apresenta um comportamento diferente da maioria dos outros materiais. A maioria dos materiais expande-se quando aquecida. Por exemplo, um fio metálico de cobre aumenta de comprimento quando a sua temperatura aumenta. O aumento de temperatura causa um aumento na vibração dos átomos ou moléculas e um maior afastamento das suas posições normais, que se traduz num aumento de volume. Essa

dilatação (expansão) dos metais verificada por aumento da temperatura é o princípio de funcionamento dos termómetros, dos termóstatos bimetálicos etc.

No entanto, mesmo num metal, é também possível que o seu aquecimento cause contração (diminuição de volume). Se o aumento de temperatura for suficiente para causar uma mudança na forma de organização dos átomos ou moléculas (estrutura cristalina), pode ocorrer dilatação ou contração do material, dependendo do volume ocupado em cada uma das formas organizadas.

A borracha é um polímero constituído por longas cadeias de moléculas entrelaçadas (é um elastómero de cadeia longa) que tendem a alinhar-se quando a borracha é colocada sob tensão. Quando a borracha é aquecida, as regiões centrais das cadeias individuais vibram mais intensamente, puxando as cadeias adjacentes e causam a contração da borracha.



As longas cadeias moleculares na borracha não esticada e esticada (sob tensão)

Fonte: <http://revisionworld.co.uk/a2-level-level-revision/physics/force-motion/solid-materials/rubber>

### **Quando se arrefece a borracha...**

A borracha e outros polímeros apresentam uma propriedade designada "**Temperatura de Transição Vítre**" ( $T_g$ ), que é a temperatura abaixo da qual o material apresenta comportamento rígido e frágil (como um vidro) e acima da qual se comporta como um material flexível e dúctil.

À temperatura ambiente as borrachas apresentam um comportamento flexível, sendo facilmente deformadas sem se danificar, pois estão acima da sua  $T_g$ . Quando aplicamos uma tensão as cadeias poliméricas alinham-se e podem até deslizar facilmente umas sobre as outras. Quando mergulhamos a borracha em azoto líquido (cuja temperatura de ebulição é cerca de  $-190^\circ\text{C}$ ) esta fica a uma temperatura muito baixa, inferior à sua  $T_g$ , e passa a comportar-se como um material rígido. Quando a borracha rígida é submetida a um esforço de impacto, por exemplo, não se consegue deformar, pois as cadeias moleculares têm

mobilidade muito reduzida a essa temperatura e não deslizam umas sobre as outras, e fractura.

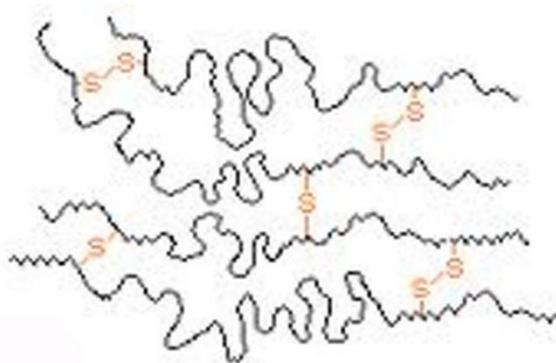


Estes comportamentos da borracha em função da temperatura podem ser utilizados em diversas aplicações industriais. Uma das aplicações mais conhecidas que tira partido da fragilidade da borracha a baixa temperatura é a reciclagem de pneus.

### ***Aplicação industrial - Reciclagem de pneus (Valorização energética)***

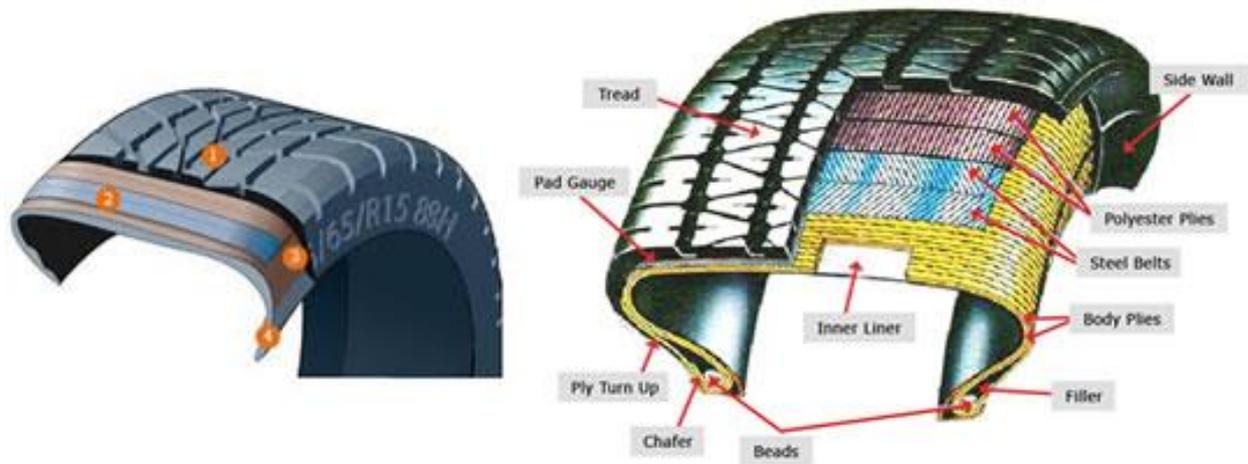
(Fonte: <http://www.valorpneu.pt/Reciclagem>)

Os pneus são constituídos por borracha vulcanizada (endurecida com enxofre), tecido (poliéster, nylon, etc.) e aço. Os recicladores utilizam pneus usados como matéria-prima, que processam de modo obterem como produtos finais: tecido, aço e granulado de borracha com diferentes granulometrias, os quais são vendidos para diversas aplicações.



*Estrutura da borracha vulcanizada com enxofre.*

Fonte: <http://www.tunisia-sat.com/vb/showthread.php?t=2238933>



*Estrutura e materiais constituintes de um pneu.*  
 Fonte: [http://www.biotyre.com/en/industries\\_rubber-tyre.php](http://www.biotyre.com/en/industries_rubber-tyre.php)

Os processos utilizados na reciclagem de pneus consistem na trituração/moagem para separação dos materiais constituintes dos pneus e pode ser efectuada por:

- **processo mecânico** – que consiste na trituração mecânica dos pneus. A borracha é fragmentada numa série de trituradoras e moinhos, sendo o aço retirado por separação magnética e o tecido separado por diferença de densidade. No final do processo, o granulado de borracha é crivado e dividido em várias gamas, consoante a sua granulometria.
- **processo criogénico** – em que é utilizado azoto líquido para fragilizar a borracha à temperatura aproximada de  $-160^{\circ}\text{C}$ , num túnel criogénico, o que permite a fragmentação da borracha e a produção de granulado de borracha fino. Os pneus são submetidos a uma trituração mecânica prévia sendo, em seguida, os seus fragmentos transportados para o túnel criogénico, onde a temperatura de entrada do azoto é de aproximadamente  $-192^{\circ}\text{C}$  e a temperatura de saída da borracha é cerca de  $-80^{\circ}\text{C}$ . Após a passagem pelo túnel criogénico e pelos martelos pneumáticos, o aço e o tecido são separados da borracha por separação magnética e por aspiração, respectivamente.

Os produtos obtidos na reciclagem dos pneus são aço, tecido e granulado de borracha, que são depois utilizados como matéria-prima no fabrico de outros produtos. O aço é vendido a empresas de processamento de metais (reciclagem); o tecido (até há pouco tempo depositado em aterro) é atualmente passível de valorização energética; o granulado de borracha é usado, por exemplo, no fabrico de pavimentos desportivos, nomeadamente para campos de futebol, pistas de *tartan*, recintos

desportivos diversos e parques infantis. Os granulados mais finos podem ser incorporados no fabrico de asfalto (BMB – Betume Modificado com Borracha) para construção ou reparação de estradas.

Mais informações:

<http://www.valorpneu.pt/Reciclagem>

[www.recipav.pt/artigo.php?id=5&sid=12](http://www.recipav.pt/artigo.php?id=5&sid=12)

[www.recipav.pt/artigo.php?id=5&sid=13](http://www.recipav.pt/artigo.php?id=5&sid=13)

[www.biosafe.pt](http://www.biosafe.pt)

[www.recipneu.com](http://www.recipneu.com)

M. Fernanda N.N. Carvalho, José Armando. L. da Silva

Centro de Química Estrutural, Departamento de Engenharia Química, Instituto Superior Técnico, Av. Rovisco Pais 1, 1049-001 Lisboa

### Propriedades do ar a temperaturas muito baixas

O ar é maioritariamente constituído por nitrogénio<sup>†</sup> (N<sub>2</sub>, 78-79%), oxigénio<sup>†</sup> (O<sub>2</sub>, 20-21%), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>, <0,1%) e vapor de água, entre os componentes importantes, para além de contaminantes em quantidades variável.

À temperatura e pressão ambientes o nitrogénio, o oxigénio e o dióxido de carbono são gases. Porém, por compressão/abaixamento de temperatura é possível modificar o estado físico dos componentes do ar, como seja, liquefazer o nitrogénio e o oxigénio e fazer passar o dióxido de carbono ao estado sólido.



**Figura 1** - Balões cheios com gás

A obtenção de nitrogénio líquido requer uma sequência de ciclos de compressão, arrefecimento e expansão do ar, seguida da separação do nitrogénio dos outros componentes. É um processo energeticamente muito dispendioso.

O ar liquefeito mantém a sua composição, isto é, continua a ser uma mistura maioritariamente de nitrogénio (ca. 79%) e oxigénio (ca. 21%). À pressão atmosférica, a temperatura de ebulição do nitrogénio é 77 K (-195,79 °C) e a do oxigénio 90 K (-182,96 °C). Para medir estes valores é necessário recorrer a um termopar (Figura 2) ligado a um sistema digital de medida. Os termómetros de laboratório usuais, não são adequados.

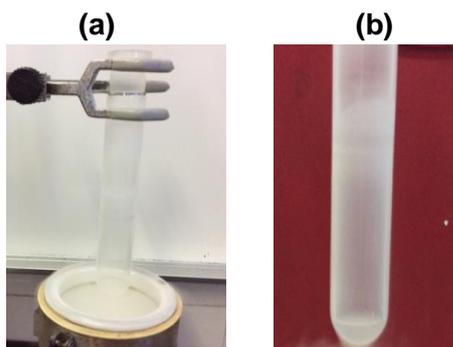


**Figura 2** - Termopar

Dado que, a temperatura de ebulição do oxigénio é superior à do nitrogénio é possível obter oxigénio líquido por imersão, em nitrogénio líquido, de um recipiente com ar. (Figura 3).

---

<sup>†</sup>Em rigor, as designações nitrogénio e oxigénio correspondem aos respetivos elementos químicos e não às moléculas que existem no ar, pelo que a forma mais correta seria usar dinitrogénio (ou nitrogénio molecular) e dioxigénio (ou oxigénio molecular), respetivamente. Todavia, iremos aqui usar as designações correntes por parecerem mais facilmente apreensíveis



**Figura 3**

(a) Tubo «vazio» (Pyrex) a ser introduzido num vaso de Dewar †† contendo nitrogénio líquido.

(b) Tubo imediatamente após ser retirado do vaso de Dewar, mostrando no fundo um líquido (oxigénio).

## Show NiDicOx

**Atenção:** As experiências aqui descritas envolvem líquidos a temperaturas extremamente baixas (criogénicos) pelo que o risco de queimadura grave é substancial. A manipulação deve por isso, ser feita recorrendo aos equipamentos de proteção individual: óculos e luvas específicas para proteção a baixa temperatura. Além disso, deve evitar-se qualquer contacto direto com o líquido criogénico.

O material usado, nestas experiências tem que ser resistente a temperatura baixa para evitar quebra e/ou produção de estilhaços.

## Experiências

### Propriedades do nitrogénio líquido †††

O nitrogénio líquido pode ser conservado em vasos de Dewar por períodos longos. Todavia, em recipientes abertos sem parede dupla, passa rapidamente ao seu estado natural – gasoso. O mesmo acontece quando derramado no chão.

### 1- Derramar nitrogénio no chão.

As nuvens formadas a partir do chão (Figura 4) são consequência de ao evaporar, o nitrogénio retirar calor da atmosfera, o que provoca o seu arrefecimento e leva à condensação do vapor de água existente no ar. Assim, quanto mais húmido estiver o ambiente mais intensa e duradoura é essa nuvem.

†† [http://pt.wikipedia.org/wiki/Frasco\\_de\\_Dewar](http://pt.wikipedia.org/wiki/Frasco_de_Dewar) (consultado em janeiro de 2015)

††† Estas experiências baseiam-se nas descritas no *Show do azoto – ciclo da água*, da responsabilidade da Prof<sup>a</sup>. Clementina Teixeira (Laboratórios Abertos 2013, Editado por Departamento de Engenharia Química, Instituto Superior Técnico).



**Figura 4**

Nuvem, formada após derrame de nitrogénio líquido no chão

a) ao ser derramado;

b) após a sua dispersão.

## **2- O tubo que fuma**

Verter uma pequena quantidade de nitrogénio líquido na extremidade aberta de um tubo de plástico resistente, dobrado em U e observar os vapores resultantes da condensação da humidade do ar.

## **3- Chaleira mágica**

Verter nitrogénio ( $N_2$ ) líquido numa chaleira provida de apito. Ao evaporar o nitrogénio aumenta de volume e de pressão, o que o leva a sair para o exterior pela abertura existente na chaleira. Como essa abertura tem uma palheta que vibra quando o nitrogénio gasoso sai, obtém-se um efeito de um apito.

## **4- Flores e folhas transformadas em vidro**

Colocar flores, folhas, luvas de borracha dentro de nitrogénio líquido e verificar a mudança nas respetivas propriedades físicas.

As substâncias apresentam propriedades que variam com a temperatura. À temperatura do nitrogénio líquido, alguns materiais flexíveis ganham rigidez e adquirem propriedades tipo vidro (flores, folhas, polímeros) ou tornam-se tão duras que permitem pregar um prego (banana). O elevado teor de água é o principal responsável pela dramática variação das propriedades nos sistemas biológicos. Com o abaixamento de temperatura, a água solidifica em todas as suas estruturas afetando por isso as suas características. No caso dos polímeros, as propriedades alteram devido a mudanças estruturais.

## **5- Balão cheio a nitrogénio**

Encher um balão com nitrogénio a partir da expansão de nitrogénio líquido. Ao evaporar o nitrogénio aumenta de volume ( $V$ ) e de pressão ( $P$ ) de acordo com a equação de estado  $PV=nRT$ , por isso o balão enche.

Fazendo imergir o balão cheio, no nitrogénio líquido, o gás contrai devido ao abaixamento de temperatura ( $T$ ), de acordo com a variação direta entre volume e temperatura na equação referida.

## 6- Balão cheio a sopro.

Quando enchemos um balão a sopro, o ar expirado contém uma quantidade apreciável de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) e água, os quais solidificam respetivamente  $-78,5\text{ }^\circ\text{C}$  e  $0\text{ }^\circ\text{C}$ . Ao introduzir um balão cheio a sopro no nitrogénio líquido, cuja temperatura de ebulição é bem inferior ( $-196\text{ }^\circ\text{C}$ ) à do  $\text{CO}_2$  ou da água, acontece o seguinte:

- I. O balão contrai, porque o volume dos gases diminui com a temperatura.
- II. O dióxido de carbono e o vapor de água existente no ar expelido para encher o balão, solidificam.

## 7- Caldeirão das bruxas.

Nesta experiência, associam-se vários dos efeitos anteriores e obtém-se um conjunto visual lúdico que recria um ambiente de magia.

### Propriedades do dióxido de carbono<sup>†††</sup>

O dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) dissolvido em água forma ácido carbónico ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ), pelo que em contato com o ar a água destilada adquire propriedades ligeiramente ácidas, pelo que o pH desce à medida que o dióxido de carbono se dissolve.

## 8- Água mágica

Adicionar dióxido de carbono a uma solução alcalina contendo um indicador ácido-base na forma básica. Devido ao caráter ácido do dióxido de carbono, à medida que o pH baixa cor da solução varia de acordo com a cor da forma ácida do indicador.

### Propriedades do oxigénio

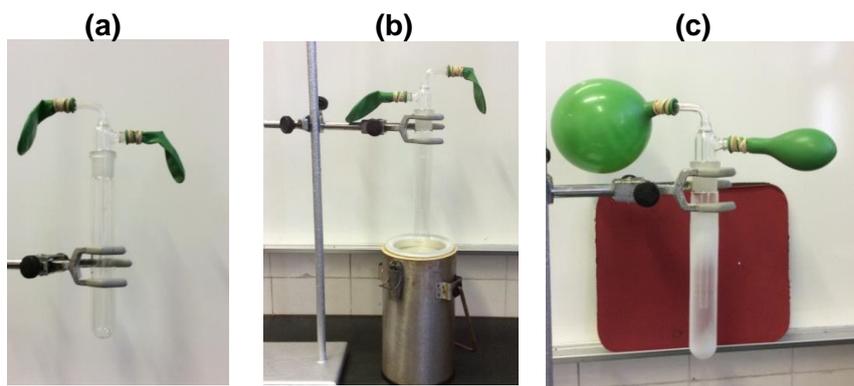
#### Balões que respiram

9- Introduzir um recipiente aberto num vaso Dewar contendo nitrogénio líquido (Figura 3a).

Passados alguns minutos, no fundo do recipiente, é visível o oxigénio liquefeito (Figura 3b).

10- O oxigénio liquefeito volta rapidamente ao estado gasoso assim que a temperatura sobe.

O ciclo líquido/gás do oxigénio aprisionado num balão mimetiza a contração/expansão dos pulmões num processo de respiração (Figura 5).



**Figura 5**

Enchimento de balões com oxigênio previamente liquefeito

11- A liquefação, por arrefecimento em nitrogénio líquido, do oxigénio do ar, contido num tubo cilíndrico (graduado e fechado) cujo volume se conhece, permitiria medir o volume de oxigénio liquefeito e determinar a quantidade de oxigénio no ar, desde que se tivesse em conta a sua variação do volume com a temperatura.

12- Usando um termopar pode medir-se a temperatura a que está o oxigénio liquefeito e confirmar que é superior à do nitrogénio, a qual pode igualmente ser medida.

#### Agradecimentos

À Marta Coelho e ao Jorge Teixeira pelo apoio dado na preparação de algumas das experiências e a todos os alunos que colaboraram na realização do *Show*, em particular ao João Álvaro Malta.

Dulce Elisabete Borneis Teixeira Pereira Simão

Centro de Química Estrutural, Departamento de Engenharia Química, Instituto Superior Técnico, Av. Rovisco Pais 1, 1049-001 Lisboa.

A Química Orgânica é a química dos compostos de carbono e é a base de toda a vida na terra. O átomo de carbono tem uma extraordinária capacidade de constituir cadeias mais ou menos longas e de simultaneamente estabelecer ligações com vários elementos, como o oxigénio, o enxofre, o azoto, o fósforo e os halogénios, entre outros dando origem a milhões de compostos. Os compostos orgânicos podem ser obtidos a partir de produtos naturais por extração, ou a partir de outros produtos químicos por reação, conhecida como síntese orgânica. Deste modo podem obter-se novas moléculas, úteis no desenvolvimento de novos materiais, fármacos e outras biologicamente activas. Muitos destes compostos podem apresentar cores intensas ou emitirem luz e devido a essas propriedades têm aplicações específicas no nosso dia-a-dia. Nas seguintes experiências mostra-se como se isolam compostos orgânicos de produtos naturais e como se obtêm por transformação (reações), ilustrando alguns dos procedimentos habituais num laboratório de química orgânica. Mostram-se ainda os fenómenos do fotocromismo, piezocromismo, fluorescência e quimiluminescência com demonstração de várias aplicações no nosso quotidiano.

#### **Extração do linalol da alfazema (lavanda)**

A lavanda ou alfazema como é mais conhecida em Portugal (origem árabe) é um pequeno arbusto com folhas estreitas e alongadas e flores lilás. Apesar de existirem muitas variedades, a espécie mais comum em Portugal é a *Lavandula latifolia*. Esta planta é considerada anti-séptica, bactericida, analgésica e repelente de insetos<sup>1</sup>. As



folhas e flores depois de secas são habitualmente embaladas em pequenos sacos de tecido e colocadas em armários para aromatizar e impedir a presença de insetos<sup>2</sup>. Na gastronomia pode ser encontrada em infusões, mel, bolos, e na confecção de vários pratos<sup>3</sup> (Figura 1).



Figura 1 – Alfazema e sua utilização como aromatizante e na gastronomia.

Além do uso das folhas e flores, também o óleo essencial da alfazema é amplamente utilizado na indústria alimentar, farmacêutica, cosmética, perfumaria e aromaterapia (Figura 2).



Figura 2 – Óleo de alfazema e suas utilizações.

Na indústria o óleo de alfazema é obtido por destilação por arrastamento de vapor. São necessários cerca de 100 Kg de alfazema para produzir perto de meio litro de óleo essencial. Este óleo contém dezenas de compostos orgânicos que podem ser identificados por cromatografia gasosa, mas os principais responsáveis pelo aroma da alfazema, presentes em maior percentagem são: o linalol<sup>4</sup> (um álcool), acetato de linalilo<sup>5</sup> (um éster) (cerca de 50% do

óleo). O eucaliptol (um éter) e a cânfora (uma cetona) são igualmente detectados em quantidades consideráveis (cerca de 15%)<sup>6,7</sup> (Figura 3).

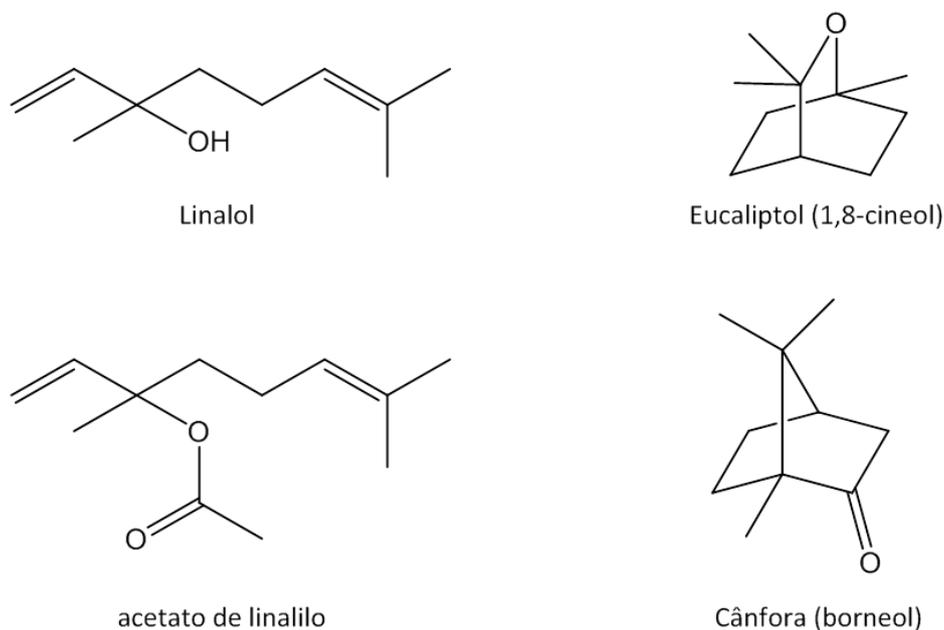


Figura 3 – Estruturas químicas de alguns dos compostos orgânicos presentes na alfazema.

Os teores destes e de outros compostos variam consoante as diferentes espécies de alfazema e país de origem, originando pequenas diferenças nos seus aromas. Além do óleo, a indústria química produz sinteticamente estes compostos para serem utilizados na composição de vários produtos (Figura 4).



Figura 4 – Adição de linalol como aromatizante.

Nesta experiência, mostramos como podemos isolar o linalol, o principal constituinte da alfazema. Como já foi referido, a técnica mais utilizada para isolar estes compostos é a

chamada destilação por arrastamento de vapor. Neste tipo de destilação produz-se vapor de água numa caldeira que depois é introduzido na montagem (Figura 5). Esta destilação só pode ser realizada quando o componente que queremos isolar não é solúvel em água, neste caso o linalol juntamente com acetato de linalilo e outros compostos em menor quantidade.



Figura 5 - Destilação por arrastamento de vapor das folhas e flores de alfazema.

O destilado (água, linalol e acetato de linaloilo) é passado para uma ampola de decantação. Como a quantidade destes compostos existente na planta é relativamente pequena (1-2%), procede-se a uma extração líquido-líquido desta fase aquosa, adicionando um solvente orgânico<sup>8</sup> (diclorometano) (Figura 6). Através de decantação separam-se os dois líquidos imiscíveis e com diferentes densidades.

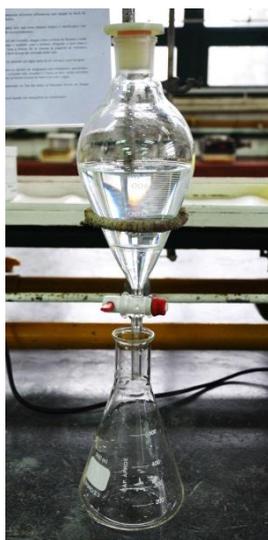


Figura 6 - Extração líquido-líquido com separação do linalol e acetato de linaloilo em diclorometano (fase orgânica) da fase aquosa.

Para obter o óleo de alfazema é ainda necessário separar o solvente por destilação a baixa pressão, recorrendo a um rotavapor ou evaporador rotativo (Figura 7).



Figura 7 – Destilação do diclorometano num rotavapor

O solvente é evaporado e condensa no refrigerante, sendo recolhido num balão. A baixa pressão diminui o ponto de ebulição e aumenta a rapidez de destilação. No final desta destilação obtém-se o óleo essencial de alfazema constituído principalmente por linalol, mas

também acetato de linaloilo, bem como vestígios de outros compostos. Para purificar o linalol seria necessário proceder a uma destilação fracionada.

#### Bibliografia

- 1 - <http://pt.wikipedia.org/wiki/Lavanda> (consultado em 16 Jan 2015)
- 2 - <http://blogdasflores.com/lavanda-ou-alfazema/> (consultado em 16 Jan 2015)
- 3 - <http://frenchfood.about.com/od/frenchcookingtechniques/a/Cooking-With-Lavender.htm> (consultado em 16 Jan 2015)
- 4 - <http://www.inchem.org/documents/sids/sids/78706.pdf> (consultado em 16 Jan 2015)
- 5 - <http://www.inchem.org/documents/sids/sids/115957.pdf> (consultado em 16 Jan 2015)
- 6 - M. M. Barazandeh, *Journal of essential oil research*, 2002, 14, 2, 103-104.
- 7 - S. Salido, J. Altarejos, M. Noguerras, A. Sánchez and P. Luque; *Journal of essential oil research*, 2004, 16, 3, 206-210.
- 8 - <http://herbapolonica.pl/magazines-files/9535420-art.3-3-2010.pdf> (consultado em 16 Jan 2015)

#### *Extração da curcumina do caril*

A curcumina I é o principal composto orgânico existente na raiz de uma planta denominada *Curcuma longa* originária da Índia (açafão da Índia, açafão da terra, açafroa, gengibre amarelo, curcuma ou turmérico). Não confundir com o verdadeiro açafão proveniente de outra planta (*Crocus sativus* L.).



Figura 8 – Raiz da planta *Curcuma longa* e o pó obtido depois de seca e moída utilizada no *caril*

Depois de seca e moída é obtido um pó amarelo vivo muito utilizado como tempero na gastronomia, conferindo o sabor picante aos pratos de caril (Figura 8). O pó de caril, usado no nosso quotidiano, é constituído por uma mistura de curcuma, cominhos, coentros, mostarda, funcho, feno-grego, cebola, cardamomo, gengibre, cravinho, alho, louro, canela e

malaguetas dependendo da marca e país<sup>1</sup>. Devido à sua cor é também utilizado como aditivo alimentar (E100) podendo ser encontrado em gelados, iogurtes, bolos, pipocas, cereais, gelatinas, queijo, margarina e mostarda<sup>2,3</sup> (Figura 9).



Figura 9 – Aplicação do corante comercial (E100) na indústria alimentar.

A curcumina tem forte atividade antioxidante, sendo objecto de intensos estudos científicos como agente anticancerígeno e é considerada responsável pela baixa incidência da doença de Alzheimer na Índia. Além deste composto que existe em 3 a 4% nesta planta, podemos ainda encontrar outros compostos semelhantes na sua estrutura química (curcuminóides), a curcumina II e III (Figura 10).

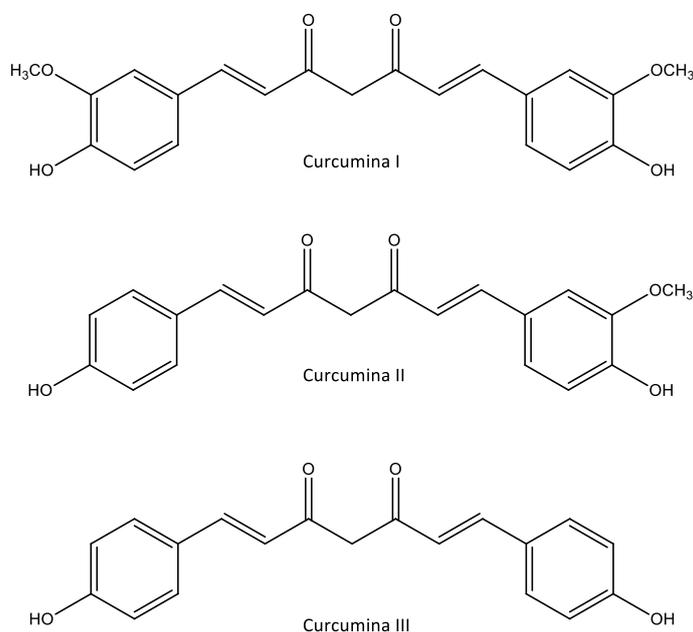


Figura 10 –Estruturas químicas das curcuminas.

Na seguinte experiência vamos mostrar como se pode extrair este pigmento do pó de caril comercial, através de uma técnica denominada extração em soxhlet<sup>4</sup> (Figura 11). Nesta técnica, usa-se etanol como solvente que ao ser aquecido entra em ebulição, evapora,

condensa no extrator sobre o pó de caril que se encontra dentro de um cartucho de papel, sendo depois reconduzidos ao balão juntamente com as curcuminas.



Figura 11 – Extração da curcumina em soxhlet com etanol.

Este extracto pode ser impregnado em papel e utilizado como indicador de pH, uma vez que devido às propriedades ácido base da curcumina se verifica mudança de cor amarela (pH 7.4) para vermelha (8.6) em meio básico. É conhecido como papel turmérico<sup>5</sup> (Figura 12).

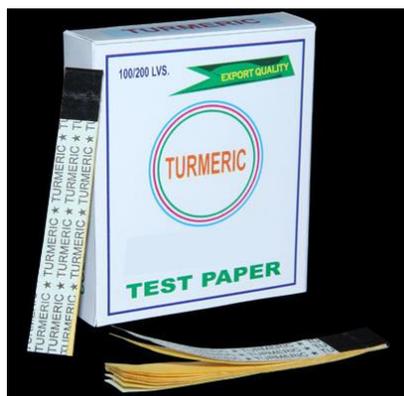


Figura 12 – Papel turmérico, indicador de pH

Para obter a curcumina, destila-se o etanol num rotavapor (Figura 13).



Figura 13 - Destilação do etanol num rotavapor

## Bibliografia

- 1 - M. Pinto; I. F. Silva, Workshop Plantas Medicinais e Fitoterapêuticas nos Trópicos. IICT /CCCM, 2008 ,  
[http://www2.iict.pt/archive/doc/A\\_Pintao\\_wrkshp\\_plts\\_medic.pdf](http://www2.iict.pt/archive/doc/A_Pintao_wrkshp_plts_medic.pdf), (consultado em 17 Jan 2015)
- 2 - <http://www.laleva.cc/food/enumbers/E100-E110.html> (consultado em 17 Jan 2015)
- 3 - <http://www.fao.org/ag/agn/jecfa-additives/specs/Monograph1/Additive-140.pdf> (consultado em 17 Jan 2015)
- 4 - S. Revathy, S. Elumalai, M. Benny and B. Antony, *Journal of Experimental Sciences*, 2011, 2(7): 21-25
- 5 - [http://www.excellup.com/seven\\_science/seven\\_science\\_acid\\_base\\_lesson.aspx](http://www.excellup.com/seven_science/seven_science_acid_base_lesson.aspx)

### **Preparação da eosina (corante vermelho)**

Para obter um composto orgânico através de uma transformação química é necessário pôr em contacto 2 ou mais reagentes em certas condições, chamadas condições reacionais. A figura 14 exemplifica duas montagens típicas para fazer reações:



a)

b)

Figura 14 a) – Montagem para reação na ausência de humidade e com agitação magnética.

14 b) – Montagem para reação na ausência de oxigénio e com agitação mecânica.

A eosina é um corante vermelho utilizado na indústria têxtil, em tinteiros de impressoras e lápis de cor, cosmética, tatuagens e em medicina como marcador biológico para tingir células<sup>1</sup> (Figura 15). É um composto fluorescente e quimiluminescente como poderão ver na última experiência.



Figura 15 – Eosina e suas aplicações na indústria.

É preparado a partir da fluoresceína, composto que se apresenta verde e muito fluorescente e de bromo através de uma reacção que se chama bromação<sup>2</sup> (Figura 16).

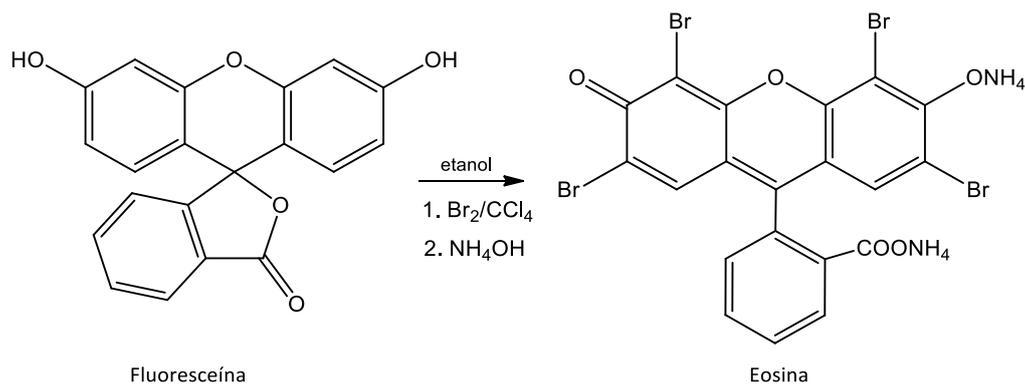


Figura 16 – Esquema reacional de formação da eosina.

Uma solução de bromo é adicionada gota a gota, através de uma ampola de carga com igualizador de pressão e com agitação magnética, à fluoresceína (Figura 17) verificando-se no final da adição a precipitação da eosina sob a forma de um sólido vermelho. O isolamento do produto é feito por filtração a vácuo depois do arrefecimento em gelo (Figura 18).



Figura 17 – Montagem para a reacção de formação da eosina.



Figura 18 – Arrefecimento da mistura reaccional e filtração a vácuo da eosina.

Para tingir um tecido com este corante é necessário transformá-lo no respectivo sal de amónio fazendo-o reagir com hidróxido de amónio (Figura 19).



Figura 19 – Tecido tingido com eosina.

#### Bibliografia

- 1 - Kirk-Othmer, *Encyclopedia of Chemical Technology*, Wiley, 2<sup>nd</sup> Ed., **1970**, 22, 432-437.
- 2 – D. Simão, “100 experiências de química orgânica”, **2011**, ISTPress, Exp. 92, pág. 381.

#### *Observação de fotocromismo e piezocromismo do dímero da lofina*

A lofina (Figura 20) é um derivado do imidazole (anel aromático contendo dois átomos de nitrogénio), o 2,4,5-trifenilimidazole.

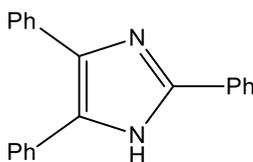


Figura 20 – Estrutura química da lofina

Este composto através de uma reacção de oxidação com ferricianeto de potássio dimeriza, originando um sólido cinzento claro<sup>1</sup> com propriedades muito interessantes como o piezocromismo, ou seja muda de cor quando se aplica pressão, por exemplo moendo-o num almofariz (Figura 21).



Figura 21 – Piezocromismo do dímero da lofina.

De facto o que acontece é que ele se decompõe num radical livre (com um electrão desemparelhado) violeta, ficando de novo cinzento quando se guarda ao abrigo da luz. Esta

cor violeta aparece também quando se expõe o sólido ou uma solução em tolueno sob sol intenso (Figura 22).

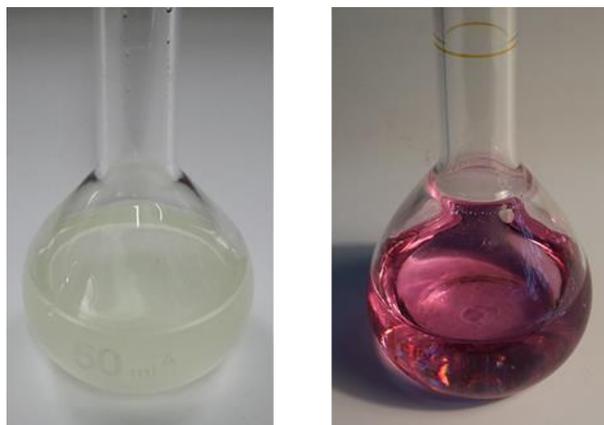


Figura 22 – Fotocromismo do dímero da lofina.

Esta propriedade de mudança de cor com a luz chama-se fotocromismo. Ao abrigo da luz ocorre a recombinação produzindo-se um outro dímero, que pode ser decomposto novamente no radical livre pela acção da luz (Figura 23). Este ciclo pode ser efectuado quase indefinidamente<sup>2,3</sup>.

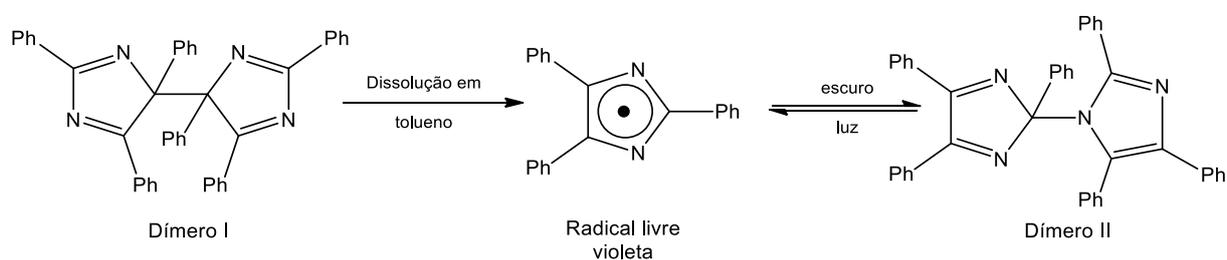


Figura 23 – Decomposição e recombinação do dímero da lofina.

O fotocromismo tem muitas aplicações práticas como por exemplo em lentes de óculos de sol, t-shirts, verniz de unhas e os populares elásticos para fazer pulseiras (Figura 24).



Figura 24 – Aplicações do fotocromismo.

### Bibliografia

- 1 - D. Simão, "100 experiências de química orgânica", **2011**, ISTPress, Exp. 62, pág. 255.
- 2 – D. M. White and J. Sonnenberg, *J. Am. Chem. Soc.*, **1966**, 3825-3829.
- 3 - M. Pickering, *J. Chem. Educ.*, **1980**, 57, 833-834.

### Quimiluminescência

Já todos ouviram falar de "glow party". É uma festa cheia de luz e cor, onde se utilizam muitos produtos fluorescentes e luminosos. Muitos dos artigos usados nestas festas, consistem em pequenos tubos de plástico que se podem apresentar como pulseiras, colares, que se dobras até partir e ficam luminosos durante bastantes horas<sup>1</sup> (Figura 25).



Figura 25 – “Glow Party”

Quando surgiram os primeiros produtos deste gênero, nos anos 70, os chamados “glow sticks” tinham como principal função servir de luz de emergência. Hoje em dia são utilizados nas mais variadas situações uma vez que são à prova de água, toleram altas pressões, não necessitam de baterias ou pilhas, não geram calor e são muito baratos. São por isso muito utilizados pelas forças militares, campismo, mergulho, pesca, etc (Figura 26).



Figura 26 – Aplicações práticas dos “Glow sticks”  
[http://ballyhood.com/swordfish\\_rig.htm](http://ballyhood.com/swordfish_rig.htm)

A luz emitida por estes produtos está relacionada com o fenômeno da quimiluminescência, ou seja com a emissão de luz devido a uma reação química<sup>2</sup>.

Quando se juntam determinados reagentes, uma das moléculas, (ativador - ACT), é eletronicamente excitada devido à reação, regressando depois ao seu estado fundamental emitindo nessa altura luz fluorescente. Nos “glow sticks”, os reagentes estão em 2 compartimentos separados. No momento em que se dobra, quebra-se um dos compartimentos, originando a reação com a consequente emissão de luz que dura várias horas (Figura 27).

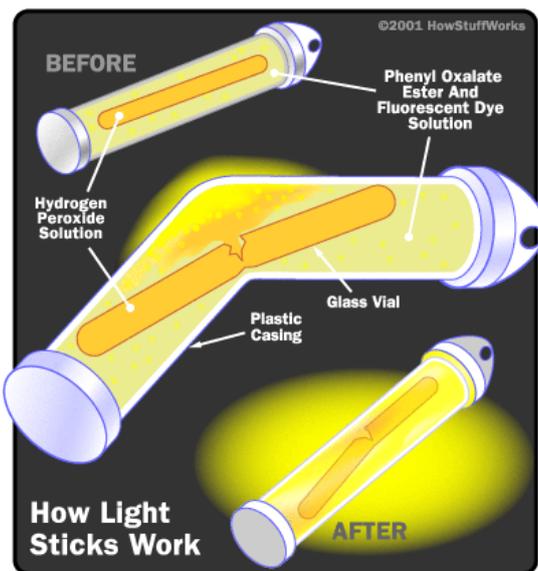


Figura 27 – Como funciona um “Glow stick”

<http://science.howstuffworks.com/innovation/everyday-innovations/light-stick2.htm>

Nesta experiência vamos mostrar este fenómeno da quimiluminescência, fazendo reagir o oxalato de 2,4,6-triclorofenilo (um éster) e a água oxigenada (peróxido de hidrogénio), formando um peróxido cíclico que interage com o ativador (ACT) ficando no seu estado eletronicamente excitado, o qual emite luz fluorescente ao voltar ao estado fundamental (Figura 28). Verifica-se também a libertação de dióxido de carbono<sup>3</sup>.

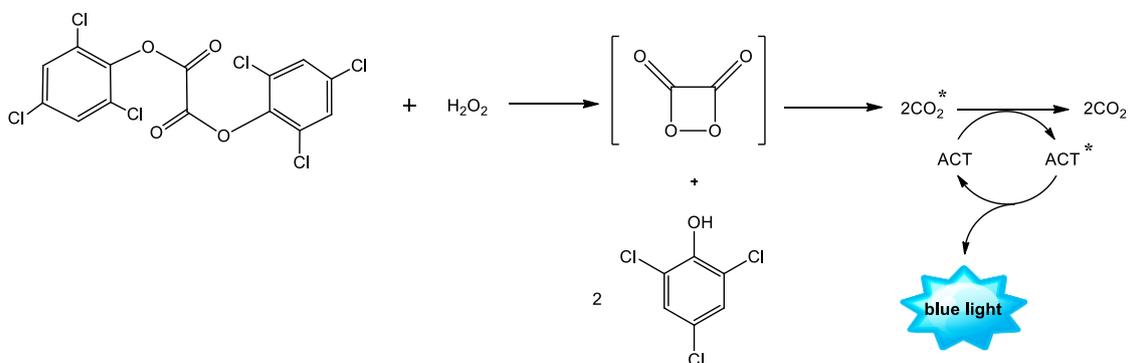


Figura 28 – Reação de quimiluminescência com um ativador (ACT)

A cor emitida dependerá do ativador utilizado<sup>4</sup>. Por exemplo com a rodamina a luz emitida é vermelha, com o trans-9-(2-feniletetil)antraceno<sup>5</sup> é azul e com a eosina é laranja (Figura 29).

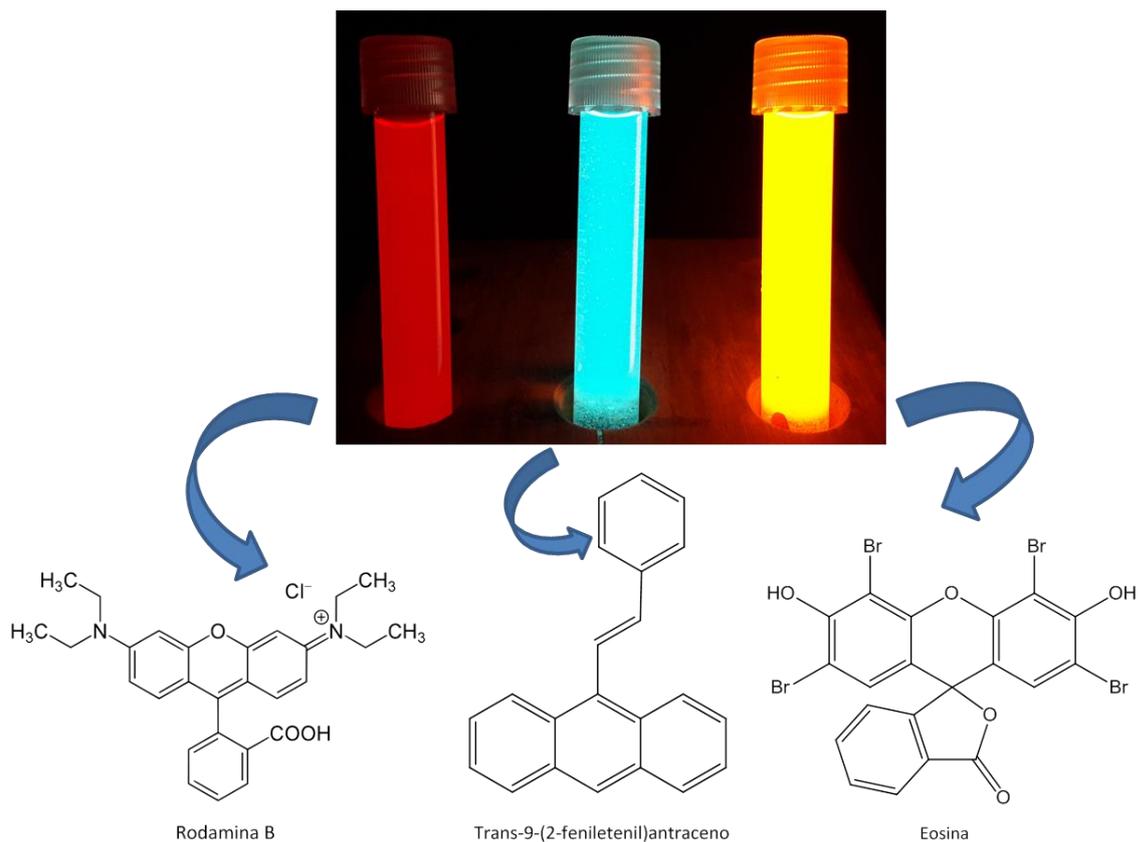


Figura 29 – Reações de quimiluminescência com vários ativadores.

Como aplicação prática deste fenómeno, vamos mostrar como se ativam os “glow sticks” (Figura 30).



Figura 30 – Ativação de um “Glow stick”.

### *Sob a lâmpada de ultra violeta*

Existem compostos orgânicos que são fluorescentes quando observados sob uma lâmpada de ultra violeta como por exemplo, o quinino existente na água tônica, a fluoresceína (Figura 31) muito utilizada para detecção de águas subterrâneas, exames oftalmológicos (angiogramas) e como marcador biológico, como por exemplo em química forense.



Figura 31 – Água tónica, solução de eosina e de fluoresceína sob luz ultra violeta.

Existem também compostos fluorescentes em notas, cartas de condução e outro tipo de documentos (Figura 32). Este tipo de análise é de igual modo usado em investigação criminal para verificação da validade de papel-moeda e de diversos documentos.

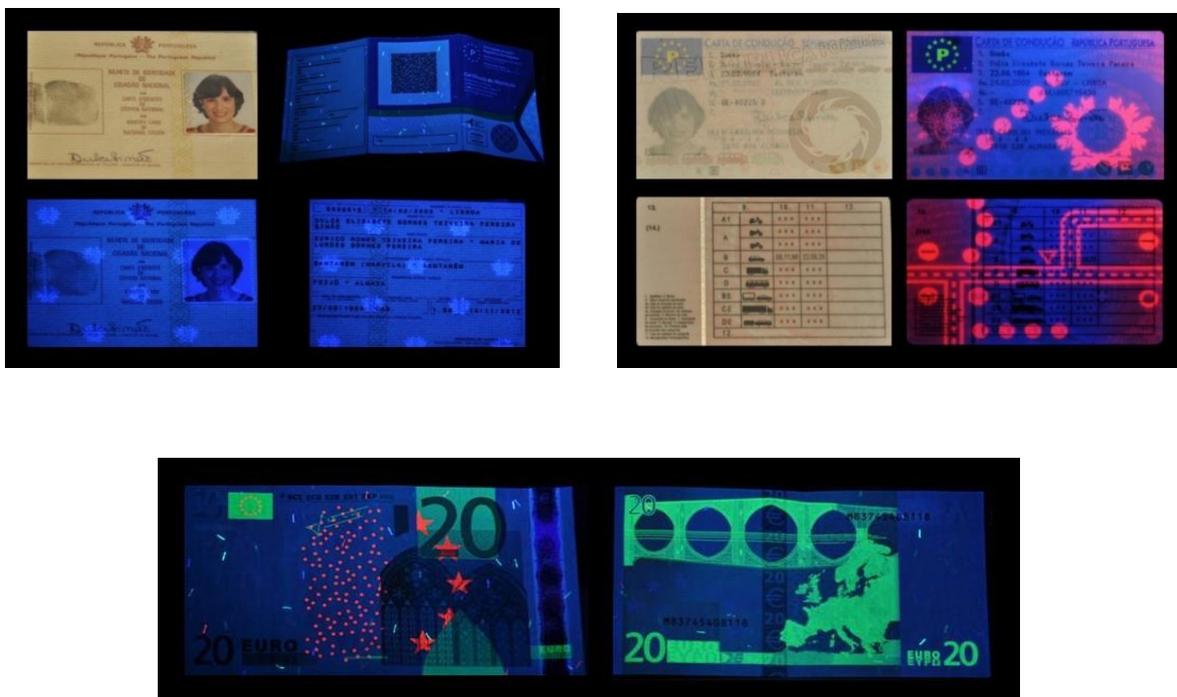


Figura 32 – Vários documentos e notas sob luz natural e sob luz ultra violeta.

- 1 – <http://www.glow.pt/> (consultado em 18 de Jan 2015)
- 2 - R. Albertin et al, *Química Nova*, 21, **1998**, 772.
- 3 - F. McCapra, *Methods Enzymol.*, **2000**, 305, 633 – 659.

4 – <http://www.youtube.com/watch?v=tltOOpyJP5k> (consultado em 18 Jan 2015)

5 - D. Simão, “100 experiências de química orgânica”, **2011**, ISTPress, Exp.48, pág. 199.

### **Agradecimentos**

Agradeço à Técnica de laboratório, Carla Salvador e aos alunos de Engenharia Química, Biológica e Biomédica a preciosa colaboração e empenho, na procura de novos trabalhos, na sua realização e optimização.

Fátima Rosa

Centro Cerena - Centro de Recursos Naturais e Ambiente, Departamento de Engenharia Química, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Av. Rovisco Pais 1, 1049-001 Lisboa.

A Engenharia, numa perspectiva ampla, poder-se-á definir como a ciência que trata do estudo e aplicações práticas dos diversos ramos da tecnologia, com o objectivo de resolver problemas e satisfazer necessidades da Humanidade.

Efectivamente, cabe ao Engenheiro estudar, investigar, projectar, desenvolver e produzir ou aperfeiçoar novos métodos, sistemas ou produtos. Contudo, não se pense que a sua actividade se esgota na aplicação de ciências exactas. A inovação, conceito agora tão em voga, vive e apoia-se muito na criatividade.

É pois à luz da Engenharia que agora se pretende, em ambiente de laboratório, mostrar um pouco do que poderá ser o dia a dia de uma fábrica, aproximando o aluno de algumas ferramentas habituais dos Engenheiros e poder assim estimular curiosidades e, quem sabe, contagiá-lo com o “bichinho” da engenharia química e das excelentes oportunidades que o futuro pode proporcionar.

### **Torre arrefecimento**

A torre de arrefecimento é um equipamento que apesar de muito simples é importante num processo industrial. Em muitas indústrias, para além de outros processos, torna-se necessário o arrefecimento das máquinas, bem como dos produtos intermédios e/ou finais. Para tal é frequente o uso de fluidos térmicos, sendo o mais comum destes fluidos a água, dadas as suas propriedades físicas e também o baixo preço. Apesar deste último aspecto, tratando-se de um bem essencial, convirá não ser desperdiçada. Consegue-se esse objectivo fazendo-a circular em sistema fechado, de forma a ser reutilizada.

Ao arrefecer um determinado equipamento ou produto, a água ficará logicamente mais quente. Para voltar a ser utilizada como fluido de arrefecimento, ela terá de sofrer um processo de arrefecimento que a devolva a uma temperatura semelhante à original, habitualmente cerca de 25°C. Com esse objectivo, as fábricas utilizam normalmente as chamadas torres de arrefecimento abertas, que lhes permitem arrefecer a água e voltar a utilizá-la como fluido térmico.

As torres de arrefecimento são colunas verticais que operam geralmente em contracorrente, e que possuem placas perfuradas como material de enchimento. A água é espalhada em forma de gotas, pelos chuveiros colocados na parte superior da torre, e desce pelos orifícios do enchimento que permite maximizar a distribuição da água ao longo da coluna e dividir ainda mais a água em pequenas gotas, aumentando o seu contacto com o ar.

Se a água entra na torre com uma determinada temperatura e sai com uma temperatura mais baixa, significa que cedeu calor ao ar do meio ambiente, que fica naturalmente mais quente e húmido. De modo a garantir que a passagem do ar no interior da torre é adequada e suficiente, instalam-se ventiladores (geralmente no seu topo) para que o ar seja forçado a entrar.

O fenómeno do arrefecimento por evaporação acontece quando o ar atmosférico (ar seco + vapor de água) entra em contacto com o líquido. A evaporação ocorre a partir da superfície do líquido e a energia associada com a mudança de fase (líquido → vapor) é o calor latente de vaporização. A energia necessária para promover a evaporação é proveniente da energia interna do líquido que, por sua vez, arrefece ao ceder energia.

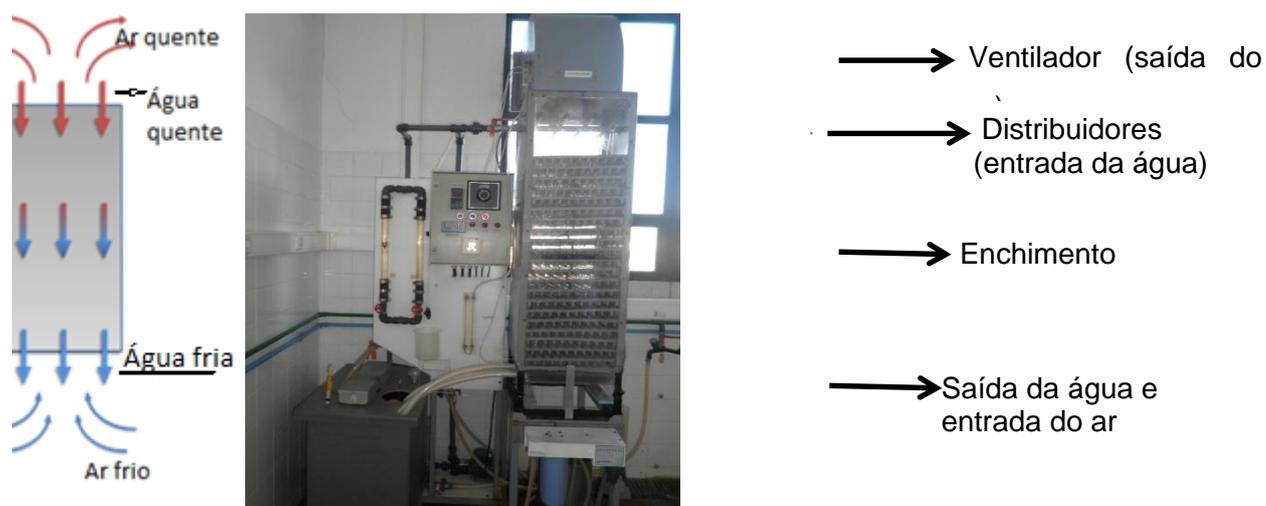


Figura 1 – esquema de uma torre de arrefecimento e instalação piloto

A temperatura mínima num sistema de arrefecimento a água pode até ser menor que a temperatura ambiente, dependendo da humidade relativa do ar e da eficiência do equipamento. No entanto, existe um valor mínimo ao qual a temperatura deste processo pode chegar, que é a chamada temperatura de termómetro húmido. A temperatura do termómetro húmido é a temperatura do ar quando medido com um termómetro envolto numa gaze ou tecido molhado e depois de o agitarmos energeticamente no ar. O termómetro húmido regista uma temperatura inferior ao seco, a água que se evapora arrefece a superfície do termómetro, a diferença das duas temperaturas é uma medida da humidade relativa.

O desempenho de uma torre de arrefecimento varia, entre outros factores, conforme a temperatura do ar ambiente, humidade do ar, temperatura de termómetro húmido e tratamento da água.

A ausência de tratamento de água pode originar a formação de depósitos, incrustações formação de algas, fungos e bactérias, como a tão falada Legionella Pneumophila, que se traduz em degradação das superfícies, entupimentos e riscos para a saúde pública.

A torre de refrigeração apresenta um risco elevado porque a água é projectada na forma de aerossóis e estes podem ser facilmente inalados.

### Polímeros Superabsorventes

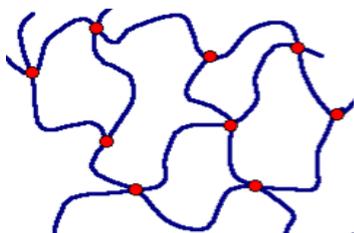
Os polímeros são materiais macromoleculares de grande importância socio-económica, cuja crescente utilização se deve essencialmente à grande diversidade de propriedades e aplicações. Na sua composição podem entrar uma ou várias unidades químicas, os monómeros.

Os polímeros que apresentam uma grande capacidade de absorção – polímeros hidrofílicos capazes de absorver grandes quantidades de fluidos por alojamento entre as moléculas- são conhecidos como polímeros superabsorventes. Cada grama de polímero pode absorver cerca de 100 a 1000 vezes o seu peso em água. Esta capacidade depende da estrutura da rede dos polímeros, que por sua vez é resultado dos monómeros utilizados e do processo de produção [1,2].

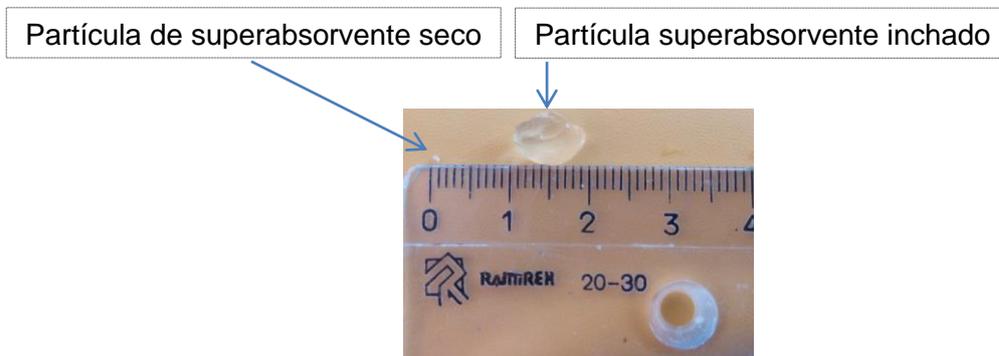
Os superabsorventes têm sido habitualmente produzidos pela polimerização de ácido acrílico  $\text{CH}_2=\text{CHCOOH}$ , ésteres acrílicos, acrilamida  $\text{CH}_2=\text{CHCONH}_2$  e outros monómeros insaturados pela técnica de polimerização radicalar.

No seu estado seco as longas cadeias de polímero são enroladas .

Quando absorvem líquido elas desenrolam e a rede expande. O líquido é então armazenado nos espaços da rede molecular e o material forma um gel.



É interessante verificar que, dada a sua pequena dimensão, medir uma pequena partícula de polímero seco com uma régua é muito difícil. Só depois de se adicionar água se consegue, consequência da sua grande capacidade de absorção.



Várias aplicações têm-se revelado de particular interesse, sendo que uma parte significativa do actual mercado se relaciona com produtos de cuidados higiénicos, nomeadamente fraldas. Usam-se também em áreas tão diversas como a agricultura, medicina, em processos de separação de soluções diluídas de materiais orgânicos ou biológicos, como por exemplo para remover a água do soro do queijo, etc. Aplicam-se também em combustíveis para remover a água como contaminante e no tratamento de efluentes.

Por exemplo nas fraldas, a utilização de partículas de material superabsorvente permite simultaneamente diminuir a quantidade de algodão a utilizar, uma vantagem económica, e reduzir a espessura da fralda, aumentando o bem-estar do utilizador.

Pesar uma fralda seca e uma certa quantidade de polímero antes e depois de os termos introduzido numa tina de água, permite-nos estimar o sucesso da aplicação destes materiais em termos de capacidade de absorção, como se observa na Figura.



Na Agricultura, permite uma melhoria das condições ecológicas em áreas desertificadas ou em vias de desertificação, diminuição dos efeitos de seca por aumento da retenção de água à superfície dos solos, ficando mais disponível para a planta, permitindo assim um melhor desenvolvimento das culturas.

### **Transformação química com produção de energia - Pilha**

No séc. XVIII, Lavoisier enunciou a Lei da conservação da massa: “Na natureza nada se cria, nada se perde, tudo se transforma”. A energia não é excepção. Seja energia eléctrica transformada em energia térmica (torradeira) ou energia química em eléctrica (pilha).

Tomando este último caso, na pilha realiza-se uma reacção química de oxi-redução. Este tipo de reacções químicas resultam na condução de iões livres através de um meio iónico.

Uma pilha é formada por dois eléctrodos de metais diferentes, por exemplo zinco e cobre e um electrólito, uma solução capaz de conduzir a corrente eléctrica do ânodo para o cátodo sob a forma de iões.

Considere-se como eléctrodos uma barra de zinco e outra de cobre (metal de baixa oxidação). Os átomos que saem do eléctrodo de zinco estão carregados positivamente e são atraídos pelos aniões (-) do electrólito, enquanto repelem os catiões(+) do eletrólito em direção ao eléctrodo de cobre. Assim, os electrões são retirados do cobre, deixando-o com um excesso de carga positiva. Se ligarmos uma lâmpada através dos terminais dos eléctrodos, as forças de atração e repulsão farão com que os electrões livres do eléctrodo de zinco (negativo), dos fios condutores e do filamento da lâmpada se desloquem em direção ao eléctrodo de cobre carregado positivamente. A diferença de potencial resultante leva a que a pilha permita à lâmpada acender. As reacções de oxi-redução envolvidas são:

reação de oxidação:  $\text{Zn(s)} \rightarrow \text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^-$

reação de redução:  $\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu(s)}$

**Reacção global:  $\text{Zn(s)} + \text{Cu}^{2+}(\text{aq}) \rightarrow \text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + \text{Cu(s)}$**

Desta forma, o zinco oxida-se (ânodo) uma vez que cede dois electrões ao cobre e este se reduz (cátodo). Esta transferência de electrões gera uma corrente entre o ânodo e o cátodo. Podem formar-se pilhas de batata, de limão ou de solução de sal. Em qualquer das opções com metal de cobre e zinco. Em todos os casos temos a transformação da energia química em eléctrica através da reacção de oxi-redução dos eléctrodos, sustentada pelos fluxos iónicos da batata, limão e sal como se pode ver nas Figuras seguintes.

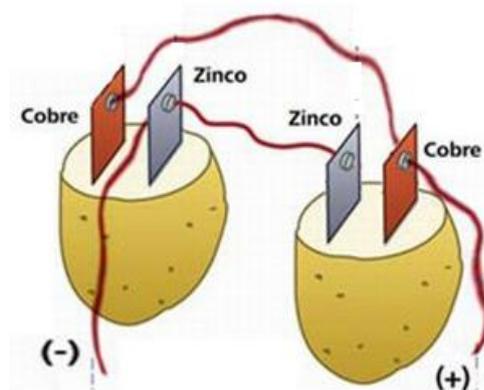


Figura 2 – Pilha de batata [3].

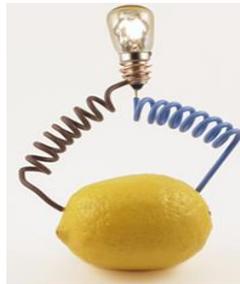


Figura 3 – Pilha de limão [3].

Em todos os casos, temos a transformação da reacção química em energia eléctrica através de uma reacção de oxi-redução dos eletrodos, sustentada por fluxos iónicos.

Quimicamente, o que ocorre é a transferência de electrões do zinco para o cobre, usando os fluidos iónicos como condutores. Assim, o zinco transforma-se no polo negativo da pilha, enquanto o cobre é o lado positivo. No final do circuito a eletricidade chega ao LED e acende-o.

### **Bibliografia**

- 1 – Suo, A.; Qian, J.; Yao, Y.; Zhang, W. *J Appl Polym Sci*, 103 (2007), 1382
- 2 – F. Rosa, M. Casquilho, *Fuel Processing Technology*, 103 (2012), 174
- 3 – <http://portaldoprofessor.mec.gov.br/fichaTecnicaAula.html?aula=33527>

## A 4ª dimensão da engenharia química!

Rita Vilas Boas, Beatriz Nogueira Gomes Lobato Forte, Faissen Barbosa Lordeiro e Mariana Duarte Fino de Oliveira Costa.

Alunos do Mestrado Integrado em Engenharia Química, Departamento de Engenharia Química, Instituto Superior Técnico, Av. Rovisco Pais 1, 1049-001 Lisboa.

### A tinta que desaparece em segundos!

Procedimento experimental:

Em primeiro lugar, adicionam-se num copo de precipitação 10 mL de álcool etílico e uma espátula com fenolftaleína. Dissolve-se bem até obter uma solução incolor. De seguida, adiciona-se ao copo 20 mL de água, certificando-se de que a fenolftaleína está bem dissolvida (a mistura continua incolor). Por fim, adiciona-se 5 mL de amoníaco ao copo, verificando-se um tom carmim.

Transfere-se parte da solução para uma superfície absorvente branca, por exemplo, um filtro de papel branco. Seca-se o papel com o auxílio de um secador de cabelo no modo frio e observa-se a cor carmim a desaparecer (o mesmo resultado é passível de ser obtido sem o secador, no entanto levará mais tempo).

Explicação:

A fenolftaleína é um indicador ácido-base, sendo incolor para  $\text{pH} < 8$  e rosa/carmim para  $\text{pH} > 8$ . A mistura água-álcool apresenta um pH menor que 8 (entre 6 e 8, dependendo das quantidades de cada componente) e, por isso, a solução com fenolftaleína não apresenta coloração. Quando se adiciona o amoníaco, o pH da solução aumenta, conferindo um tom carmim à mesma.

Quando se aplica a ventilação forçada (secador), o amoníaco evapora. Desta forma, o pH da solução diminui. Quando grande parte do amoníaco tiver evaporado, a solução irá tornar-se novamente incolor visto que o pH será inferior a 8, obtendo-se, no fim, um sólido húmido branco (fenolftaleína).



Cuidados a ter:

O amoníaco possui um cheiro muito forte e irritante, sendo aconselhável que se faça a experiência numa hotte, tendo sempre o cuidado de tapar o frasco de amoníaco e a solução quando não estejam a ser utilizadas.

Se utilizar um secador de cabelo, aconselha-se a utilização do mesmo no modo frio. Isto deve-se ao facto do etanol também se evaporar ao longo da experiência e ser inflamável. Os secadores eléctricos libertam faíscas que, em contacto com o etanol e com o ar atmosférico, podem originar a combustão do etanol. Além disso, o calor libertado pelo secador também pode originar a combustão do etanol, nas mesmas condições referidas anteriormente.

### Água a arder

Procedimento experimental:

Primeiramente, adiciona-se 2mL de éter de petróleo a um Erlenmeyer agitando de forma a cobrir a base. De seguida, adiciona-se água até perto da parte superior do Erlenmeyer, acende-se o isqueiro/fósforo e passa-se o mesmo junto da superfície. Se não se verificar o pretendido, ou seja, uma chama à superfície do líquido, adiciona-se mais água.

Explicação:

O éter de petróleo, líquido obtido na destilação fraccionada do petróleo, está na base de toda esta experiência. A saber, o éter de petróleo é incolor pelo que não se reconhece quando misturado com água, é imiscível nesta e menos denso pelo que, conjugando estas duas últimas propriedades, permite que o éter fique junto à boca do Erlenmeyer pois a fase mais densa ficará na parte inferior e a menos densa, na superior. Todavia, a chama não seria possível se o éter não fosse inflamável. No conjunto, estas três últimas características permitem vermos o que pensamos ser água a arder não se tratando desta que inflama mas sim o éter pois é este que tem essa propriedade. Outros compostos inflamáveis poderiam não dar o mesmo resultado como, por exemplo, o etanol, pois este mistura-se com a água.

A ser assim, ao fazer-se passar o isqueiro junto de algo inflamável, este faz uma chama que ficará acesa até deixar de haver éter.

Cuidados a ter:

Sendo o éter muito inflamável, há que ter cuidado com as quantidades do mesmo para não se gerar uma chama em demasia, assim como não tocar no topo do Erlenmeyer para evitar possíveis queimaduras. Há ainda que ter o cuidado de não deixar o frasco de éter aberto.



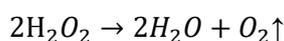
## Pasta de dentes de elefante

Procedimento experimental:

Adicionou-se numa proveta de 14 mL de água oxigenada concentrada (30 volumes), uma pequena quantidade de detergente e 3 gotas de corante. Por fim, adicionou-se à proveta uma espátula rasa de iodeto de potássio tendo-se verificado que a reacção se dá imediatamente, havendo a formação da pasta de dentes de elefante.

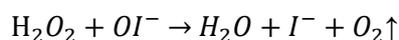
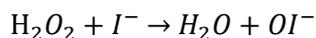
Explicação:

O peróxido de hidrogénio, mais conhecido como água oxigenada, com a fórmula química  $H_2O_2$ , é um líquido instável que, fácil e rapidamente, se decompõe em água ( $H_2O$ ) e oxigénio ( $O_2$ ) havendo libertação de calor.



A velocidade da reacção depende da concentração dos reagentes, da temperatura, da pressão e da presença dos produtos da mesma ou de um catalisador.

Recorrendo ao iodeto de potássio, cuja fórmula química é KI, conseguimos catalisar a reacção em questão.



Tal como todos os catalisadores, este acelera a velocidade da reacção química sem se alterar quimicamente. Graças aos catalisadores, reacções químicas ocorrem mais rápido, recorrendo a menos energia.

Observa-se então a formação de uma espuma colóide, em que o gás, oxigénio, se encontra disperso num líquido ou seja, várias bolhas de oxigénio separadas por uma fina película de líquido, dispersas numa superfície líquida. Tendo que no início foi adicionado o detergente, a quantidade de espuma formada aumenta significativamente.

Cuidados a ter:

É muito importante utilizar luvas e óculos de protecção uma vez que a água oxigenada concentrada é muito irritante para a pele. Se possível, realizar a experiência numa hotte, tendo sempre em atenção que a quantidade de espuma que transbordará da proveta será significativa.

Bibliografia:

<http://www.scielo.br/pdf/qn/v29n1/27876.pdf>

[http://pt.wikipedia.org/wiki/Iodeto\\_de\\_pot%C3%A1ssio](http://pt.wikipedia.org/wiki/Iodeto_de_pot%C3%A1ssio)

[http://pt.wikipedia.org/wiki/Per%C3%B3xido\\_de\\_hidrog%C3%AAnio](http://pt.wikipedia.org/wiki/Per%C3%B3xido_de_hidrog%C3%AAnio)

<http://en.wikipedia.org/wiki/Foam>

### Dança com a química

Reagentes:

- Farinha de amido de milho comercial (p.e. Farinha Maizena)
- Água
- Corante (opcional)
- Coluna do tipo subwoofer
- Película aderente

Procedimento experimental: Devem ser colocadas pequenas porções de farinha e misturar água devagar, de modo a ter percepção da consistência do fluido. A consistência ideal, onde se irá verificar a propriedade dilatante do fluido, foi atingida quando, sem aplicação de qualquer força é possível afundar um objecto e por aplicação de uma determinada força o fluido ofereça resistência. O corante não tem qualquer influência na experiência, podendo ser colocado ao longo do procedimento simplesmente por opção estética. Cobrir a coluna com película aderente para evitar entrada de fluido na coluna. Colocar diferentes tipos de música e verificar a reacção do fluido à música.



Explicação:

A experiência “Dança com a química” está relacionada com as propriedades dos fluidos, em particular a viscosidade. A ciência que estuda as propriedades físicas que influenciam o transporte de quantidade de movimento num fluido é a Reologia (ramo da Mecânica dos Fluidos). Esta engloba o estudo do comportamento não só dos sólidos elásticos como dos fluidos Newtonianos e não-Newtonianos.

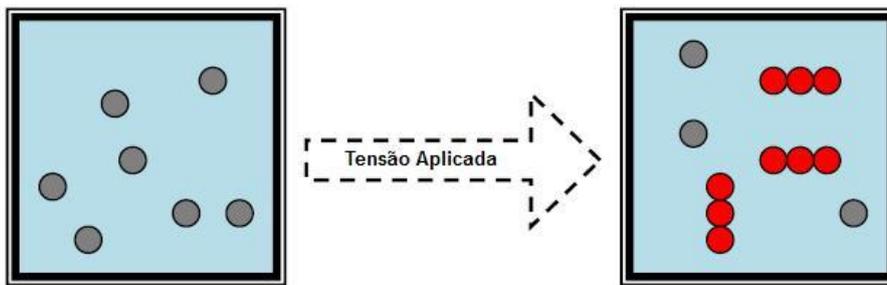
Um fluido é uma substância que se deforma continuamente quando submetida a uma tensão de corte (força aplicada numa determinada direcção), independentemente da tensão aplicada. Os fluidos podem ser líquidos, gasosos ou uma mistura de ambos e podem ser classificados como Newtonianos e não-Newtonianos.

Os fluidos Newtonianos são aqueles que seguem a lei de Newton da viscosidade (equação abaixo indicada), que relaciona a tensão de corte,  $\tau$ , com a taxa de deformação,  $\frac{du}{dy}$ , através

da viscosidade,  $\mu$ . A viscosidade é definida como a resistência que um fluido oferece ao seu escoamento, que se mantém constante para fluidos Newtonianos, como a água.

$$\tau = -\mu \frac{du}{dy}$$

Os fluidos que não obedecem a esta lei, fluidos não-Newtonianos, possuem comportamentos da viscosidade diferentes consoante a força aplicada. O fluido criado na experiência possui estas características, estando incluído na categoria dos fluidos dilatantes. Um fluido dilatante caracteriza-se pela existência de um aumento súbito da viscosidade quando aplicada uma tensão mecânica ou de corte. Isto acontece porque o fluido é um colóide cujas partículas exercem uma repulsão entre si. A energia de um impacto súbito, quando suficientemente grande de forma a contrariar os efeitos de repulsão entre as partículas, faz com que estas se agreguem, formando aglomerados.



Reacção de um fluido dilatante a uma tensão aplicada

Outro exemplo de um fluido dilatante é a areia molhada da praia: quanto maior for a força aplicada num dado instante, maior é a força de reacção do fluido.

A importância do estudo destes fluidos prende-se com o facto de existirem diferentes reacções dos fluidos não-Newtonianos quando submetidos a uma força, pois podem comportar-se como sólidos ou como fluidos. Por exemplo, a construção de uma casa sobre um fluido não-Newtoniano é potencialmente perigosa porque uma situação adversa, como um terramoto, poderá fazer com que a base da casa, anteriormente sólida, se transforme num líquido.



Diferença entre fluido Newtoniano (água) e fluido não-Newtoniano (fluido dilatante – farinha de amido de milho)  
(<https://www.youtube.com/watch?v=D-wxnID2q4A>)

# Equipa

## Coordenação

Maria Amélia Lemos  
Cristina Gomes de Azevedo  
Dulce Simão

## Palestras

Alda Simões  
Alexandra Marques  
Amélia Lemos  
Carlos Baleizão  
Francisco Lemos  
José Armando Silva  
Luís Santos  
Mário Berberan e Santos  
Pedro Oliveira  
Pedro Póvoa  
Rui Dias

## Apoio na Realização

NEQIST  
Carla Carvalho  
Carla Salvador

## Apoio Laboratorial

Alunos dos Mestrados em  
Engenharia Química  
Engenharia Biológica  
Engenharia de Materiais

## Logística

Lurdes Ribeiro  
NEQIST

## Módulos Experimentais

Alberto Ferro  
Amélia Almeida  
Beatriz Forte  
Dulce Simão  
Faissen Lordeiro  
Fátima Rosa  
Fernanda Carvalho  
José Armando Silva  
Mariana Costa  
Rita Vilas Boas  
Sílvia Chaves

Jorge Teixeira  
Leonel Nogueira  
Marta Coelho

## Escolas Participantes

- Agrupamento de Escolas de Nuno Gonçalves
- Colégio do Sagrado Coração de Maria
- Colégio Moderno
- Colégio São João de Brito
- Colégio Valsassina
- Esc. Secundária Jorge Peixinho
- Escola Gil Vicente
- Escola Mães D'Água
- Escola Secundária Anselmo de Andrade
- Escola Secundária Braamcamp Freire
- Escola Secundária D Pedro V
- Escola Secundária D. Filipa de Lencastre
- Escola Secundária de Coruche
- Escola Secundária de Dona Filipa de Lencastre
- Escola Secundária de Gago Coutinho
- Escola Secundária de Pinhal Novo
- Escola Secundária de Romeu Correia
- Escola Secundária do Lumiar
- Escola Secundária do Lumiar
- Escola Secundária Fernão Mendes Pinto
- Escola Secundária Gil Vicente
- Escola Secundária José Gomes Ferreira
- Escola Secundária Madeira Torres
- Escola Secundária Maria Amália Vaz de Carvalho
- Escola Secundária Maria Amália Vaz de Carvalho
- Escola Secundária Rainha Dona Amélia
- Salesianos de Manique
- Salesianos de Manique

## Patrocínios

