



INSTITUTO
SUPERIOR
TÉCNICO



Ano Internacional da
QUÍMICA
2011



Departamento de Engenharia Química e Biológica

Laboratórios Abertos 2011

Editado por:

**Departamento de Engenharia Química e Biológica
Instituto Superior Técnico**

Edição de:

Maria Amélia Lemos, Cristina Gomes de Azevedo

Com a participação do Departamento de Bioengenharia

Com a colaboração de:

**Núcleo de Engenharia Química
Núcleo de Engenharia Biológica**

Capa:

Maria Amélia Lemos, Cristina Gomes de Azevedo

Fevereiro 2011

ISBN: 978-989-96933-2-6

Índice

Índice.....	3
Programa.....	4
Palestras	5
Combustíveis para o Futuro	6
Das Moléculas às Toneladas	12
Bio-inspiração e Engenharia	18
Quem Faz a Química?	22
Bactérias Inimigas de Tumores: Novas Terapias para Combater o Cancro	26
O Electrão nas Propriedades e no Desenvolvimento de Materiais	30
"A Crise dos Estados – um Estado Supercrítico"	34
Produção de Biodiesel – A Aplicação Exemplar da Engenharia Química	39
Espelhos e Simetrias: uma Visão Química (Orgânica)	45
Experiências no Laboratório.....	49
Módulo I – Química e Engenharia Química	49
Experiências no Laboratório.....	95
Módulo II – Ciências Biológicas e Bioengenharia.....	95
Equipa	103
Escolas Participantes	106
Laboratórios Abertos Vistos pela Objectiva	107
Uma tarde no Técnico	107
There and back again!.....	108
Laboratórios abertos: as escolas vão à escola.....	110
Patrocínios	112

Programa

Programa

	Horário	Actividades
Manhã	10 h – 10:30 h	Palestra
	11 h – 12:30 h	Experiências no laboratório (Módulo I ou II)
	14:30 h – 15:00 h	Palestra
Tarde	15:30 h – 17:00 h	Experiências no laboratório (Módulo I ou II)

Palestras

Dia	Hora	Título
14/2/11	14h 30m	Combustíveis para o Futuro
	10h	Das Moléculas às Toneladas
15/2/11	14h 30m	Bio-inspiração e Engenharia
	10h	Quem faz a Química
16/2/11	14h 30m	Bactérias Inimigas de Tumores - Novas Terapias para Combater o Cancro
	10h	O Electrão nas Propriedades e Desenvolvimento de Materiais
17/2/11	14h 30m	A Crise dos Estados - um Estado Supercrítico
	10h	Produção de Biodiesel – A Aplicação Exemplar da Engenharia Química
18/2/11	14h 30m	Espelhos e Simetrias: uma Visão Química

Experiências no Laboratório

Módulo I – Química e Engenharia Química

- Luz e Cor ... talvez Química
- Técnicas e Experiências de Química Orgânica
- A Engenharia Química e as Novas Tecnologias
- Show do Azoto

Ou

Módulo II – Ciências Biológicas e Bioengenharia

- Super-Microorganismos: os Heróis e os Vilões do Futuro
- O Tamanho não Interessa

Palestras

Combustíveis para o Futuro

Francisco Lemos, Maria Amélia Lemos, Anabela Coelho

Instituto de Biotecnologia e Bioengenharia, Departamento de Engenharia Química e Biológica, Instituto Superior Técnico, Av. Rovisco Pais 1, 1049-001 Lisboa.

Introdução

A sociedade moderna está muito dependente da energia e as suas necessidades são cada vez maiores. Efectivamente estas necessidades têm crescido de forma muito significativa nos últimos anos, não só porque a população do Mundo tem crescido exponencialmente (ver figura 1) mas também porque o nosso estilo de vida consome cada vez mais energia para uma grande variedade de actividades: as actividades industriais, os transportes, uso doméstico, etc. Acresce a estes aspectos o facto de nos últimos anos uma série de economias emergentes, como o Brasil, a Índia e a China, terem aumentado muito os seus gastos energéticos devido ao rápido desenvolvimento económico.

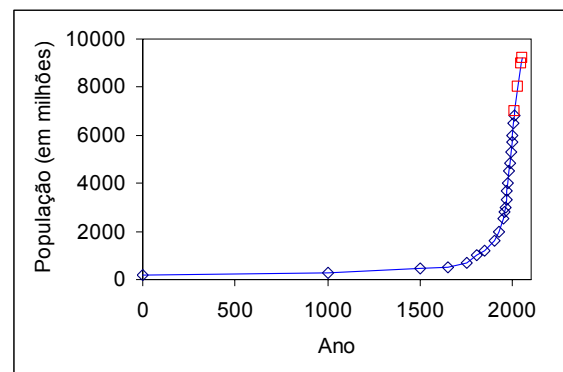


Figura 1 – Evolução da População Mundial.

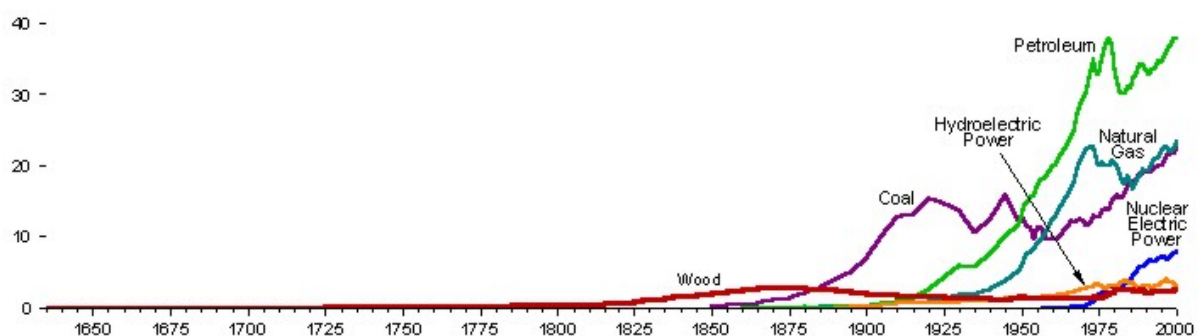


Figura 2 – Consumo primário de energia nos EUA por fonte *in* Annual Energy Review 2009
(US Energy Information Administration - <http://www.eia.org>)

Existem uma grande variedade de fontes de energia acessíveis mas, por questões históricas e de conveniência uma grande parte das nossas necessidades energéticas tem sido suprida por combustíveis fósseis (carvão, petróleo e gás natural) (ver figura 2). Nos últimos anos, no entanto, tem havido uma crescente preocupação quanto a esta utilização intensiva de

petróleo, não só porque este é considerado um recurso limitado que se esgotará num futuro mais ou menos próximo e também porque a utilização do petróleo, bem como do carvão, implica a sua combustão ao ar com a consequente produção de dióxido de carbono, que é visto como o principal causador de alterações climáticas que afectam o Planeta de forma global.

O Cenário Energético

As fontes de energia possíveis na Terra são limitadas, ainda que abundantes. Quando a Terra se formou, há cerca de 4500 milhões de anos, o material que a formou continha uma grande quantidade de energia, que foi sendo aumentada pelo material que, vindo do espaço, continuou a aumentar a massa da Terra. À medida que a Terra foi arrefecendo uma parte dessa energia perdeu-se para o espaço mas ainda hoje o núcleo da Terra é quente e podemos aproveitar esta energia residual através da energia geotérmica. Este legado incluiu também os elementos químicos que constituem a Terra, entre os quais o Urânio que, produzido em explosões estelares anteriores à formação do nosso Sistema Solar, ainda retém energia acumulada nessas explosões e que, actualmente, utilizamos em centrais nucleares.

Para além deste “dote” inicial de energia a Terra recebe energia da principal fonte de energia do Sistema Solar, o Sol. Plantas e animais foram acumulando essa energia ao longo de milhões de anos, convertendo o dióxido de carbono e a água em hidrocarbonetos, que constituem o grosso dos combustíveis ditos “fósseis” que utilizamos hoje em dia, sob a forma de carvão, petróleo e gás natural.

Os Combustíveis

O nosso consumo energético tem várias componentes. Na Figura 3, podemos ver o consumo, nos EUA, por grandes sectores. O maior consumo corresponde ao sector industrial, seguido de perto pelos transportes, que têm subido muito rapidamente.

Como já referimos, observando a Figura 2 podemos verificar que uma grande parte das nossas necessidades energéticas são supridas por combustíveis fósseis e, em particular, que o petróleo assume um papel claramente preponderante. O petróleo é

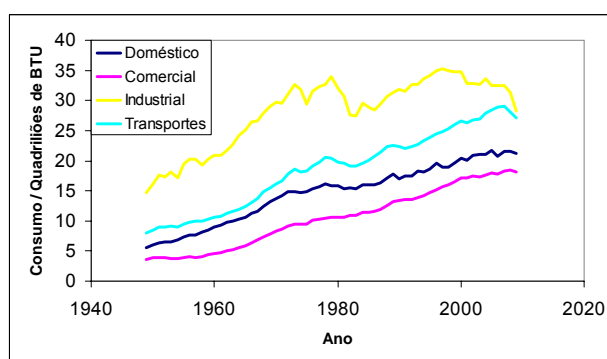


Figura 3 – Consumo de energia por sector de actividade.
Dados de Annual Energy Review 2009

particularmente importante na produção de combustíveis líquidos utilizados para o transporte, uma das áreas que consome maiores quantidades de energia (ver Figura 4).

Não é por acaso que o petróleo assumiu um papel de relevo no sector dos transportes. Nestes, o facto de se utilizarem combustíveis líquidos é de grande vantagem. Com efeito a utilização de combustíveis sólidos é muito pouco prática e a de combustíveis gasosos traz problemas significativos de segurança – não é invulgar encontrar, por exemplo num parque de estacionamento subterrâneo, a indicação de que é proibida a entrada a automóveis movidos a GPL.

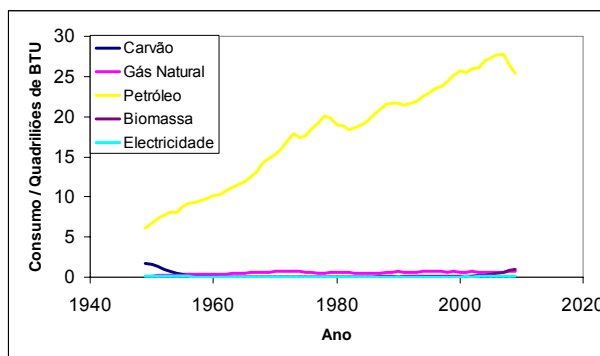


Figura 4 – Consumo de energia por fonte no sector dos transportes. Dados de Annual Energy Review 2009

Embora actualmente a electricidade tenha vindo a ser indicada como uma forma mais ecológica de fornecer energia aos sistemas de transportes, na realidade ainda é necessário algum trabalho para que os sistemas se tornem suficientemente práticos em termos de carregamento de energia e a sua utilização é ainda residual, como se pode ver na Figura 4. Em qualquer caso, mesmo a utilização de motores eléctricos implica a existência de sistemas químicos para gerar a energia necessária, seja através de baterias que acumulem corrente, seja de células de combustível que gerem a corrente eléctrica consumindo o combustível.

Mais, tendo em conta a enorme quantidade de automóveis existente, estima-se que sejam perto de 620 milhões de viaturas, é pouco provável que, mesmo que a tecnologia utilizada para as movimentar se altere de forma muito radical num futuro próximo, a procura por combustíveis diminua significativamente nos próximos anos. Assim, a procura por combustíveis irá continuar a crescer, particularmente tendo em conta a pressão das economias emergentes.

O Futuro

O futuro da utilização de combustíveis passa por muitos aspectos, alguns deles da organização da nossa Sociedade. Não é, no entanto, previsível que as necessidades de energia venham a reduzir-se no futuro próximo e os estudos de projecção dos consumos continuam a prever uma subida muito significativa do consumo de combustíveis fósseis. O World Energy Outlook 2009 prevê, num cenário padrão de continuidade, um aumento da procura de energia, entre 2007 e 2030, de 40 %, com um aumento muito substancial do

consumo de combustíveis fósseis. Num cenário mais centrado na redução das emissões de CO₂ prevê que será necessário um investimento adicional de 10.5 trilhões de dólares entre 2010 e 2030, chegando a 1.1 % do PIB mundial em 2030, para que em 2030 a energia neutra em emissões de carbono (que inclui a utilização de energia nuclear) seja 1/3 das necessidades globais.

Assim há que:

- Investir no aumento a eficiência da utilização da energia;
- Investir na melhor utilização das fontes fósseis disponíveis, para garantir a sua conservação;
- Investir na produção de combustíveis neutros em relação à emissão de carbono (os chamados biocombustíveis);
- Investir na utilização energética de resíduos urbanos e industriais.

Em todos estes aspectos está envolvida a Química e a Engenharia Química:

Relativamente ao petróleo o principal consumo centra-se na gasolina, no gasóleo e no combustível para a aviação. Há ainda muito trabalho a fazer para permitir o processamento de cargas cada vez mais pesadas – a quantidade de combustíveis utilizáveis directamente a partir do petróleo é muito pequena é são necessários vários tratamentos químicos para transformar o petróleo em combustível de forma cada vez mais eficiente e mais flexível, para se adaptar ao mercado. Há também os combustíveis alternativos:

Gás Natural – o gás natural comprimido pode ser usado como combustível, embora seja também de origem fóssil;

GPL – também um combustível fóssil semelhante ao gás natural;

Etanol - O etanol é já utilizado em muitos mercados,

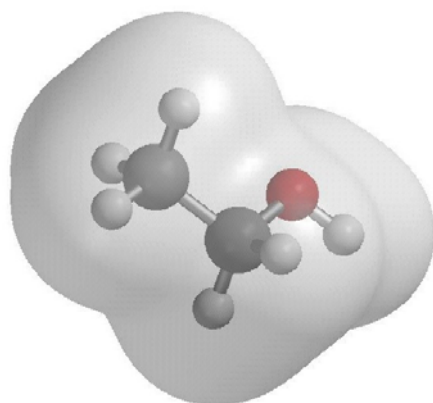


Figura 6 – Representação da molécula de etanol.

nomeadamente no Brasil e é um combustível que pode ser utilizado

quer sozinho quer misturado com gasolina ou diesel (E-Diesel). Pode ser produzido quimicamente, a partir do petróleo, ou por fermentação de açúcares vegetais e posteriormente processado;

Biodiesel – produzido por transesterificação de triglicéridos (os óleos gordos) com um álcool de

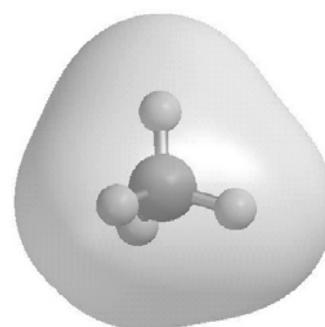


Figura 5 – Representação da molécula de metano.

cadeia curta. Esta reacção pode ser feita que por catálise química quer por catálise enzimática, se bem que esta última ainda não seja completamente competitiva. A utilização de óleos vegetais para a produção de combustíveis, se bem que constitua uma solução que pode vir a ser mais sustentada, apresenta também algumas dificuldades. Muitos dos óleos que são utilizados actualmente são óleos alimentares e a sua utilização para a produção de combustíveis já teve impactos negativos no preço dos alimentos; a utilização de óleos não-alimentares pode resolver parcialmente este problema mas não evita a necessidade de usar terrenos agrícolas para produzir combustíveis em vez de alimentos. Neste domínio há ainda a possibilidade de recorrer a óleos alimentares usados, nomeadamente os óleos de fritura das indústrias alimentares, restaurantes, etc...

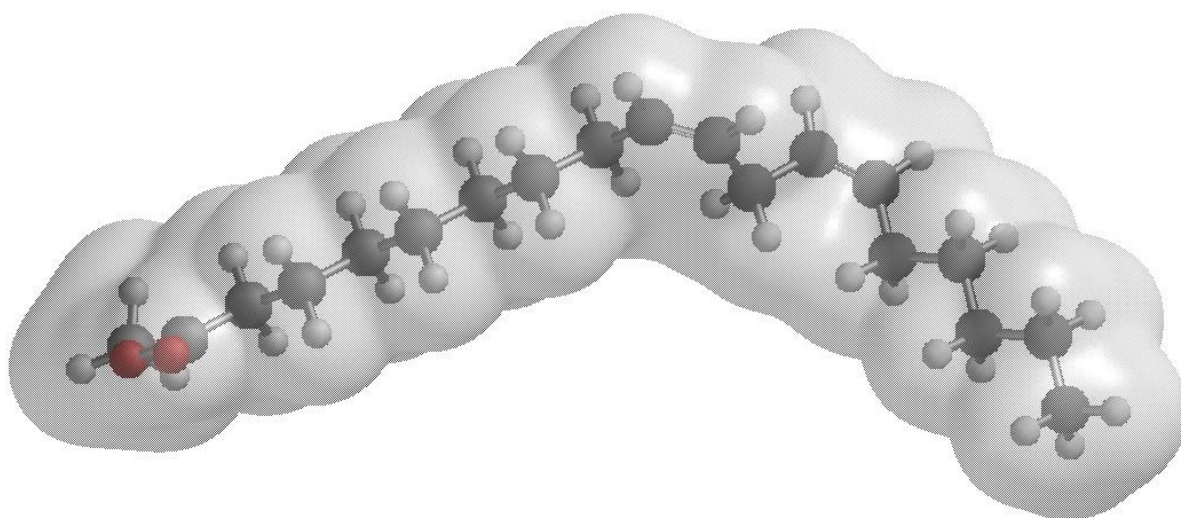


Figura 7 – Representação de uma molécula do éster metílico do ácido linoléico (ácido cis, cis-9,12-octadecadienoico).

Combustíveis Sintéticos – produzidos a partir de biomassa, metano ou carvão, por processos como a síntese de Fischer-Tropsch (descoberta em 1920);

Combustíveis a partir de plásticos reciclados – se bem que não se possa considerar como uma solução estável para o problema da escassez de combustíveis, uma vez que os próprios plásticos são, de forma geral, produzidos a partir o petróleo, a transformação de plásticos usados em combustíveis pode ter um impacto significativo na gestão e processamento de resíduos, produzindo combustíveis.

Hidrogénio – apesar de o hidrogénio ser muitas vezes apresentado como o combustível do futuro tem várias problemas que têm de ser resolvidos para permitir a sua utilização de forma generalizada. Por um lado não é fácil produzi-lo, tendo de ser gerado química ou electroquimicamente recorrendo a outra fonte de energia e, por outro, é altamente explosivo e tem uma densidade energética relativamente baixa.

Tecnologia de Motores e Combustíveis

Um outro aspecto que é relevante é a tecnologia a utilizar nos motores dos automóveis. Na generalidade dos automóveis em circulação actualmente são utilizados motores de combustão interna. Nestes motores o automóvel é impulsionado por uma sucessão de pequenas explosões controladas (na ordem dos milhares de explosões por minuto). Estes motores têm limitações em termos de eficiência uma vez que estas explosões, para além de gerarem movimento mecânico, geram também grandes quantidades de calor que, no essencial, são perdidas.

Uma alternativa possível é a utilização de motores eléctricos. Estes motores eléctricos podem ser accionados quer por energia eléctrica armazenada e baterias quer por reactores químicos que produzem a electricidade através da oxidação do combustível de forma controlada – as chamadas células de combustível. Um célula de combustível é um reactor electroquímico que, na realidade, oxida o combustível, utilizando o oxigénio atmosférico mas que, em vez de libertar energia sob a forma de calor, a liberta directamente sob a forma de uma corrente eléctrica.

Saliente-se também que, mesmo em automóveis movidos a baterias, a bateria também é um reactor electroquímico que liberta a corrente de electrões produzida pelas reacções que nela ocorrem.

Conclusão

Para mantermos o estilo de vida a que estamos habituados as necessidades em termos de energia vão continuar a crescer e vai caber, em grande parte, à Química e à Engenharia Química encontrar as soluções adequadas para suprir estas necessidades, quer com fontes primárias de energia quer com formas de armazenar a energia gerada através de outras fontes, como a energia solar, eólica, geotérmica, etc...

Para Saberes Mais...

U.S. Energy Information Administration – <http://www.eia.gov>

International Energy Agency - <http://www.worldenergyoutlook.org/index.asp>

European biodiesel Board – <http://ebb-eu.org>

The National Biodiesel Board (EUA) – <http://www.biodiesel.org>

International Organization of Motor Vehicle Manufacturers – <http://oica.net>

European Automobile Manufacturers Association – <http://www.acea.be>

Das Moléculas às Toneladas

Pedro Borges

Solvay Interox, Produtos Peroxidados S.A, R. Eng. Clément Dumoulin, 2625-106 Póvoa de Santa Iria.

Instituto para a Biotecnologia e Bioengenharia, Centro de Engenharia Biológica e Química, Instituto Superior Técnico, Av. Rovisco Pais 1, 1049-001 Lisboa.

Engenharia Química

O que é, o que faz e para que serve a Engenharia Química?

Talvez para a maioria das pessoas, a palavra “Química” está indubitavelmente associada à ideia de um laboratório cheio de frascos e tubos de vidro com líquidos coloridos...

No entanto, a actividade de um engenheiro químico está muito para além de se limitar apenas ao ambiente laboratorial.

Apesar da própria expressão “Engenharia Química” sugerir uma relação íntima com reacções químicas, é, no entanto, muito mais do que isto. Em verdade, um engenheiro químico sente-se muito (mais) à vontade num ambiente industrial e o leque de indústrias onde a sua actividade se desenrola é muito variado:

- Química de síntese;
- Refinação de petróleo;
- Plásticos e polímeros;
- Farmacêutica;
- Agro-alimentar;
- Biotecnologia;
- Metalúrgica e mineração;
- Electrónica;
- Ambiente e tratamento de resíduos;
- etc.

Os conhecimentos e as actividades dos engenheiros químicos não se resumem apenas às reacções químicas envolvidas nestes processos. (Estes, em alguns casos, nem sequer contêm quaisquer transformações químicas).

Transformações físicas são lugar-comum na indústria química. De um modo análogo às operações unitárias realizadas no laboratório (tais como filtração, decantação, mistura,

destilação, secagem e muitas outras) é necessário do mesmo modo preparar, separar, purificar as diferentes substâncias presentes num processo industrial.

A diferença reside essencialmente na diferença de escala entre o laboratório e a indústria, bem como o facto de nos processos fabris as diferentes operações serem geralmente realizadas em simultâneo, muitas vezes de uma forma ininterrupta.



Figura 1 – “Complexidade” de uma unidade fabril de produtos químicos

Por outro lado, existe uma dança interminável das diferentes substâncias que é necessário circular entre os diferentes equipamentos. Para tal, uma intrincada rede de tubagens, bombas, compressores, e sistemas de transporte de sólidos são necessários para efectuar estes movimentos, criando um emaranhado de estruturas metálicas muito características das indústrias químicas (tal como é patente na figura 1).

A sincronização de todos estes aparelhos é fundamental e só possível com o auxílio de sistemas de controlo automatizados¹ e com uma constante monitorização das inúmeras

¹ Embora com supervisão humana.

variáveis operacionais (temperaturas, pressões, caudais, concentrações, etc.) com a instrumentação apropriada.

Em sùmula, o grau de multidisciplinaridade numa unidade industrial desta natureza envolve um largo número de profissionais de diferentes áreas da engenharia (mecânica, electrotecnia, civil, segurança, ambiente, qualidade). No entanto, cabe ao engenheiro químico, tendo um profundo conhecimento em todas estas áreas, fazer a ponte e a coordenação entre os especialistas das diferentes disciplinas, de modo a obter uma unidade fabril funcional e optimizada.

Do Laboratório à Produção Industrial

A função do engenheiro químico industrial passa também pela criação de novos processos industriais, levando o conhecimento inicialmente obtido, em condições *batch*², à escala laboratorial (geralmente na ordem de alguns miligramas ou gramas) até a unidades capazes de produzir várias toneladas por dia, em processos muitas vezes contínuos.

Este procedimento, designado geralmente de “*scale-up*”, apresenta vários desafios uma vez que as condições óptimas em que os ensaios laboratoriais são efectuados são geralmente impossíveis de replicar directamente em larga escala.

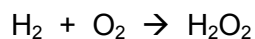
É habitual que o *scale-up* não seja efectuado num único passo, procedendo-se à construção de uma unidade *piloto* de uma escala intermédia (na ordem dos quilogramas) onde partes ou a totalidade da futura unidade industrial são replicados e testados. Este tipo de unidades é também utilizado para a optimização de fábricas já existentes, testando novos parâmetros operacionais ou a integração de novos equipamentos e tecnologias, antes da sua instalação definitiva na unidade principal.

Exemplo de um Processo Industrial

A produção de peróxido de hidrogénio (H₂O₂ - vulgarmente conhecido como “água oxigenada”) não é realizada, como muitos imaginam, simplesmente fazendo borbulhar ar em água.

² Uma operação *batch*, ou descontínua, é um processo em que todas as substâncias são inicialmente introduzidas, de uma única vez, no equipamento e os produtos finais só são retirados no fim da operação. Em oposição, numa operação contínua, o equipamento é alimentado e os produtos são extraídos de uma forma continuada e sem interrupções.

De facto, o fabrico desta substância é bastante mais complexo apesar de que, de uma perspectiva global do processo, resulta simplesmente da combinação de hidrogénio com oxigénio segundo a reacção:



No entanto, a combinação directa destas duas espécies no mesmo reactor químico não é exequível dada ao potencial perigo explosão que adviria da mistura destes dois gases.

A solução encontrada, e que é empregue na quase totalidade das unidades industriais espalhadas pelo Mundo, consiste em fazer reagir cada uma destas matérias-primas com uma substância orgânica intermediária (*alquil-antraquinona*) em dois reactores distintos, tal como representado na figura 2.

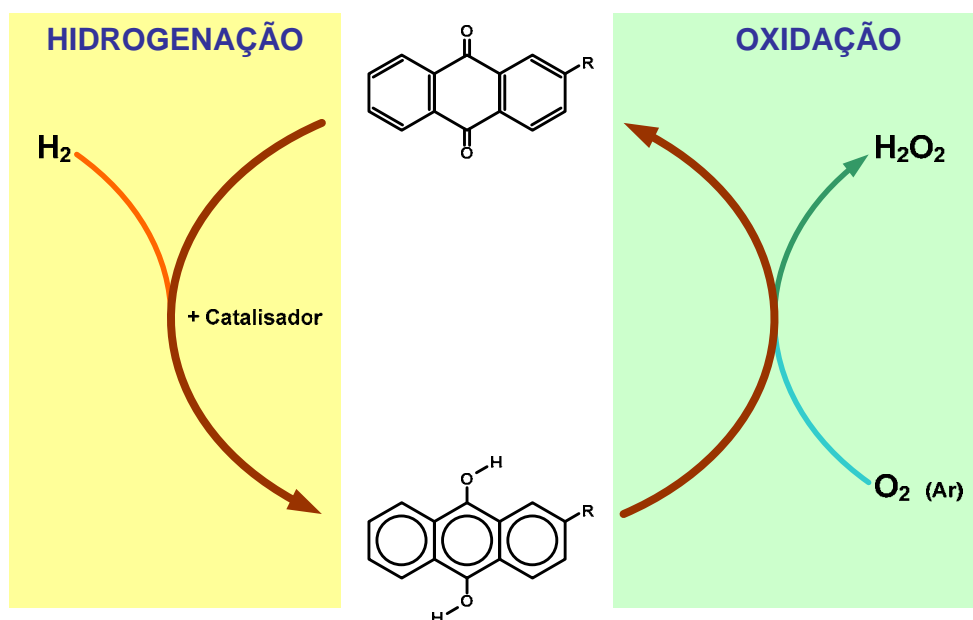


Figura 2 – Esquema reaccional simplificado da produção de peróxido de hidrogénio

Este composto orgânico tem de circular num *loop* perpétuo entre os dois reactores. Para tal tem de estar dissolvido numa mistura líquida de solventes, designada como solução orgânica, tal como ilustrado na figura 3.

Tal como referido acima, muitas operações físicas tem de ser executadas paralelamente às reacções químicas. Tome-se por exemplo o peróxido de hidrogénio produzido no reactor de oxidação: é fundamental separá-lo da solução orgânica, antes desta ser enviada novamente

ao sector de hidrogenação. Para este fim, é necessário extraí-lo num equipamento apropriado: uma coluna de extracção líquido-líquido³.



Figura 3 – Esquema de blocos simplificado da produção de peróxido de hidrogénio

Este equipamento consiste numa torre cilíndrica onde a solução orgânica (menos densa) contendo H_2O_2 é introduzida na base da coluna. Em simultâneo, água desmineralizada (mais densa) é introduzida no topo da coluna. A diferença de densidades dos dois fluidos, imiscíveis, faz com que haja um movimento cruzado (a fase aquosa desce e a solução orgânica sobe) forçando um contacto íntimo entre os dois fluidos e permitindo a transferência e lavagem do peróxido de hidrogénio.

O *design* e operação de um equipamento deste género implicam um conhecimento multidisciplinar em diversas áreas de engenharia fundamentais para o seu correcto funcionamento:

- Mecânica dos fluidos: o fluxo dos fluidos dentro da coluna, que dependem de propriedades tais como as sua densidades, viscosidades e temperatura;

³ A extracção líquido-líquido é uma das muitas operações unitárias utilizadas em processos industriais. Esta operação consiste na remoção de um soluto dissolvido numa fase líquida utilizando uma segunda fase líquida imiscível onde esse soluto é mais solúvel.

A coluna visível no lado esquerdo da figura 1, com uma altura superior a trinta metros, é um exemplo de um equipamento de extracção líquido-líquido.

- Transferência de massa: o conhecimento dos fenómenos moleculares e macroscópicos que regem a transferência do peróxido de hidrogénio entre as duas fases líquidas;
- Mecânica e engenharia dos materiais: o desenho mecânico do equipamento e a escolha dos materiais apropriados à sua construção, bem como os equipamentos necessários para bombear os líquidos para a coluna;
- Instrumentação: os sensores que monitorizam o funcionamento da coluna, tais como o nível de líquido, os caudais de entrada dos fluidos ou a análise em linha da concentração de H_2O_2 nas correntes de solução orgânica;
- Controlo e teoria do controlo: toda a electrónica e sistemas informáticos, bem como os algoritmos matemáticos, que permitem operar o equipamento dentro das condições óptimas e em segurança.

No entanto, o processo representado na figura 3 contém uma panóplia muito diversificada de equipamentos. A unidade fabril de H_2O_2 da Solvay Portugal, na Póvoa de Santa Iria, por exemplo, contém cerca de 200 equipamentos distintos⁴ (entre reactores químicos, equipamentos de destilação e extracção líquido-líquido, permutadores de calor, reservatórios, bombas, compressores, etc.), sem contar todos os diferentes instrumentos, bem como quilómetros de tubagens e cabos eléctricos.

Para Saberes Mais...

1. http://en.wikipedia.org/wiki/Chemical_engineering
2. <http://www.pafko.com/history>
3. <https://fenix.ist.utl.pt/cursos/meq>
4. http://labvirtual.eq.uc.pt/siteJoomla/index.php?option=com_content&task=view&id=113&Itemid=2
5. <http://www.youtube.com/OrdemEngenheiros#p/u/0/CVZWICUbFTY>
6. http://en.wikipedia.org/wiki/Hydrogen_peroxide

⁴ Sem contar com os equipamentos das unidades de produção de utilidades (energia eléctrica, vapor, água desmineralizada, ...)

Bio-inspiração e Engenharia

Gabriel Monteiro

Instituto de Biotecnologia e Bioengenharia (IBB), Departamento de Bioengenharia, Instituto Superior Técnico, Av. Rovisco Pais 1, 1049-001 Lisboa.

A bioinspiração ou biomimetismo é uma disciplina relativamente recente que descreve a transferência de ideias e conceitos da Natureza ou da Biologia para as diversas áreas da Engenharia. Assim, o biomimetismo pode ser uma ferramenta muito útil em todas as áreas da engenharia, desde a Biotecnologia e a Bioengenharia até à Engenharia Aeronáutica, Civil, Mecânica e tantas outras.

É importante distinguir o biomimetismo da Engenharia Biológica e da Bioengenharia. Estas últimas, aplicam os conceitos e métodos da física, química e da matemática para solucionar problemas das Ciências da Vida desenvolvendo produtos baseados em sistemas biológicos -biomoléculas, células, tecidos, órgãos, organismos- ou desenvolvendo estruturas e dispositivos tecnológicos para a aplicação em pessoas e animais.

O biomimetismo não usa directamente os produtos ou as estratégias biológicas. “Apenas” se inspira na Natureza para copiar ou mimetizar soluções e preferentemente, se pretender aumentar o sucesso numa aplicação, usando materiais não disponíveis na Natureza e adaptando-se especificamente à solução pretendida.

A Natureza ao longo de milhares de milhões de anos seleccionou sempre os materiais, estruturas, mecanismos, funções, sistemas ou estratégias melhor adaptados às condições ambientais existentes num dado momento. O Homem desde sempre mas mais recentemente graças ao biomimetismo dum modo mais sistemático, científico e melhor sucedido tem-se inspirado nos sistemas biológicos, desde moléculas até organismos da Natureza, tendo essa bioinspiração levado os cientistas e engenheiros a realizar muitos projectos inovadores.

Uma das primeiras aplicações do biomimetismo foi o velcro inventado em 1941 por um engenheiro suíço (George de Mestral). Este material permite unir dois materiais de uma maneira reversível e simples. Este engenheiro inspirou-se no facto de determinadas sementes vegetais se agarrarem fortemente aos pêlos dum animal. Com esta estratégia as plantas aumentam substancialmente a sua dispersão no ambiente. A invenção do velcro obviamente resultou da tentativa de resolução dum problema; no caso a dificuldade que o engenheiro tinha em escovar o seu cão após um passeio no campo... e do modo como o tentou resolver: descobrir e perceber quais os mecanismos físico e/ou químicos que

explicam a adesão das sementes ao pêlo. Assim, verificou que não era mediada quimicamente por nenhum tipo de cola mas fisicamente por muitos microganchos que prendem os pêlos ou fibras do vestuário. Este exemplo ilustra bem o aforismo dum dos mais prolíficos inventores de sempre, Thomas Edison, 1% de inspiração (bio ou não) e 99% de transpiração! Não basta olhar para a Natureza e usá-la como molde ou espelho ou fonte de matéria-prima é necessário compreender os fenómenos físico-químicos e biológicos por detrás dum dado material, estrutura ou mecanismo biológico e, depois aplicar usando outros materiais e/ou adaptações funcionais à função que se pretende num novo ambiente.

Em seguida descrever-se-ão sumariamente alguns exemplos de sistemas naturais susceptíveis de utilização em aplicações úteis ao Homem.

Alguns edifícios “verdes” usam sistemas de ventilação independentes de fontes complementares de energia que são baseados no sofisticado sistema de ventilação das termiteiras que permitem valores de temperaturas nestas estruturas adequadas às térmitas mesmo quando a temperatura no exterior é muito elevada.

Um grave problema existente em tubagens e em superfícies quer em fábricas quer em pequenos equipamentos aplicados à clínica médica é o entupimento ou a presença de microrganismos patogénicos devido à formação de biofilmes de bactérias, por exemplo no interior de cateteres ou na superfície de lentes de contacto. Actualmente, uma estratégia para evitar os biofilmes de bactérias é a utilização de bactericidas. Alternativamente, podemos olhar para alguns organismos marinhos com as esponjas que evitam a colonização das suas estruturas internas por biofilmes de bactérias produzindo, não substâncias tóxicas, mas moléculas que impedem as bactérias de comunicarem entre si. Essa comunicação é essencial para as bactérias formarem um biofilme. Esta estratégia se aplicada como uma tecnologia de prevenção de formação de biofilmes, evita a toxicidade co-lateral que as substâncias bactericidas podem ter sobre o Homem e outros organismos e os ecossistemas.

A resistência mecânica das conchas marinhas serviu de inspiração para engenheiros químicos e de materiais desenvolverem materiais cerâmicos super-resistentes quer para materiais de construção quer de reparação e substituição óssea. Tal foi conseguido por combinação de carbonato de cálcio com partículas de poliestireno, que reduziu a fragilidade dos ingredientes originais e originou materiais mais resistentes à fractura.

Uma espécie de borboleta encontrada na Indonésia é vista como azul clara por outras borboletas da sua espécie mas como sendo verde se observada pelos seus predadores, o que lhe permite passar despercebida no meio da folhagem verde. Esta aparente existência de duas cores em simultâneo deve-se ao facto dos sistemas visuais que a observam serem diferentes. Inspirado nesta borboleta que não é caso único, cientistas desenharam um

sistema semelhante às escamas da borboleta para serem utilizadas em sistemas de assinatura óptica, para segurança de notas e sistemas de identificação como passaportes, que quando observada por diferentes sistemas ópticos é vista com um determinado padrão de muito difícil imitação por contrafactores.

Os fatos de “pele de tubarão” que permitem bater recordes em natação são bem conhecidos. Baseadas na reduzida resistência ao movimento oferecido pela superfície da pele do tubarão estão a ser desenvolvidas novas tintas para aviões, barcos e aerogeradores que permitem diminuir o consumo de combustíveis ou melhorar a eficiência energética. Este é um produto particularmente interessante pois permitirá diminuir o consumo em 2.000 toneladas de combustível por ano num barco de grande porte.

Uma outra tinta com outras características foi bioinspirada nas folhas da planta lótus que se apresentam sempre limpas, o que torna o lótus um símbolo sagrado de pureza na tradição budista. Tal capacidade de auto-limpeza deve-se à existência de nanoestruturas cónicas (pequenos montículos) densamente distribuídos na superfície da folha que impedem que as partículas de sujidade e a água adiram pois a superfície de contacto é mínima. Estas características permitem aplicá-la em revestimentos como tintas, papéis de parede ou a superfícies que exigem padrões de higiene elevados (hospitais, cozinhas, etc), mas também a vidros de janelas e a lentes de câmaras fotográficas e de vídeo.

Ao contrário do exemplo anterior a Natureza também oferece exemplos para promover a adesão. Neste caso as patas das osgas capazes de andar sobre paredes e tectos foram a fonte de inspiração. O segredo da osga encontra-se na estrutura composta das suas patas onde existem milhões de nanofibras que interagem por forças de van der Waals (cada interação por si é fraca mas o somatório resulta numa força muito forte) que lhe permitem andar em paredes e tectos. Biomimetizando esta estratégia é possível criar adesivos fortes e reversíveis bem como desenhar robots capazes de se deslocarem em superfícies verticais ou invertidas. Todavia, o desenvolvimento de materiais homofuncionais e de processos de fabricação dessas nanofibras com custos baixos é essencial para uma utilização generalizada desta estratégia. Esses materiais podem ser baseados em biomoléculas, principalmente proteínas e DNA. Estas novas biomoléculas, em especial proteínas e DNA, podem ser combinadas com diferentes materiais inorgânicos resultando em novos materiais com propriedades novas que não seriam possíveis criar recorrendo à tecnologia não biológica. Actualmente a Engenharia Biomolecular e Celular pode criar moléculas não existentes na Natureza, recorrendo aos sistemas biológicos disponíveis. Deste modo determinadas funções biológicas podem ser mimetizadas usando nanobiofábricas para a produção de nanomateriais híbridos, biomoléculas/material inorgânico.

Animais, plantas, e microrganismos são engenheiros e cientistas altamente qualificados pois através da evolução têm “descoberto” as melhores estruturas e mecanismos funcionais para lidarem com os fenômenos físico-químicos e biológicos que os rodeiam. E 3,8 mil milhões de anos de investigação e desenvolvimento ou evolução garantem-lhes um enorme crédito e prestígio!

Por último, é possível que o uso de estratégias biomiméticas aliadas a um outro conceito recente: a ecologia industrial, que usa a natureza como modelo para os fluxos óptimos de materiais energia poderá levar a uma produção industrial sustentada: Tal sustentabilidade permitirá preservar a biodiversidade que é a fonte de inspiração do biomimetismo. A Natureza pode e deve ser maioritariamente uma fonte de inspiração e menos uma fonte de matérias-primas pois não é inesgotável. A combinação de criatividade humana em produzir materiais e a sabedoria da Natureza é uma sinergia com um incrível potencial

Referências

- Rinaldi, A. “Naturally better”, EMBO reports, 8, 995-999 (2007)
- Sarikaya, M. et al. "Molecular biomimetics: nanotechnology through biology", Nature Materials 2, 577-585 (2007)
- <http://www.asknature.org/>

Quem Faz a Química?

Bernardo J. Herold

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

Introdução.

Para responder à pergunta “quem faz a química”, é preciso primeiro ter uma ideia do **que é a química hoje**. Não basta dizer que é a ciência que estuda as substâncias químicas e os materiais quanto à sua composição, estrutura, propriedades e transformações umas nas outras. Há que ter em consideração, como é que esta ciência cresce e evolui, como se faz e se aprende a fazer química nova.

Um conjunto de saberes registados em documentos?

Quem pega, pela primeira vez num livro de química, pode ficar com a ideia de que estudando o que lá está escrito fica a saber química. Na realidade o corpo de conhecimentos de química, na actualidade tem uma dimensão que as pessoas que não são químicos normalmente não imaginam.

Veja-se o tamanho do tratado de química orgânica de *Beilstein* que resume a informação que existia até à década de 1970 acerca das substâncias orgânicas, isto é, dos compostos de carbono (ver Fig. 1), remetendo, para conhecimento dos pormenores respeitantes a cada substância, o leitor para os artigos das revistas. de onde a informação resumida foi extraída. A actualização deste tratado, hoje, já não é feita em papel, mas encontra-se de uma forma permanentemente actualizada numa base de dados chamada *Crossfire*, juntamente com as substâncias inorgânicas. Essa base não é de acesso gratuito. O preço do acesso (nome de utilizador e senha) é tão elevado que, presentemente, nenhuma entidade em Portugal o consegue pagar.

Uma outra fonte de informação de resumos é a revista *Chemical Abstracts*. Veja-se só o espaço ocupado pelos números com os resumos de alguns anos recentes (As quatro filas superiores de prateleiras da Fig. 2).



Fig. 1: O tratado de química orgânica de Beilstein na Biblioteca do Departamento de Engenharia Química e Biológica DEQB do Instituto Superior Técnico IST.



Fig. 2: Uma estante com volumes de resumos dos *Chemical Abstracts* na Biblioteca do DEQB do IST.

Em 2005 os *Chemical Abstracts* publicaram, em média, um resumo por cada cerca de 32 segundos.

A cada substância nova, cujo método de síntese e propriedades são publicadas pelos *Chemical Abstracts*, é atribuído um número de registo. Em média registam-se 12 000 novas substâncias químicas por dia. Actualmente, já se encontram descritas na literatura química entre 56 e 57 milhões. A cada substância nova, também se atribui um nome, de acordo com regras que são sistematizadas e publicadas pela IUPAC *International Union of Pure and Applied Chemistry*. O processo de registo pode ser acompanhado em tempo real em

<http://www.cas.org/index.html>

Uma Arte que se Aprende em Laboratórios?

Saber fazer substâncias novas ou extraí-las de produtos naturais, determinar as suas propriedades, analisá-las em misturas e descobrir novos tipos de reacções são competências que não se podem aprender só por meio de livros. Aprendem-se sim, pela

prática em laboratórios, oficinas e instalações industriais. Um laboratório que, pela sua concepção e modo de funcionamento, constituiu um modelo de escola de investigação imitado depois em muitos países está representado na Fig. 3. Trata-se dum desenho datado de 1842 do laboratório do químico alemão Liebig, na pequena universidade de província *Giessen*. Hoje, como sempre, o ensino da química tem uma forte componente de prática laboratorial. É na preparação de uma tese de doutoramento que se consegue atingir o nível de competência mínimo que habilita uma pessoa a investigar com alguma autonomia.

O Saber e a Arte Transmitidas de Geração em Geração.

Como a química se aprende num laboratório ou equivalente, dirigido por um orientador, pode-se traçar a genealogia da esmagadora maioria dos investigadores em química, recuando sucessivamente de doutorando para orientador quase sempre até ao século 15, quando já havia várias universidades a funcionar na Europa. A genealogia de uma espantosa proporção dos químicos orgânicos entre os inúmeros actuais investigadores passa por Liebig. A genealogia de Liebig, por sua vez, passa no século 16 por Falópio, o mesmo que descobriu as trompas de Falópio, aqueles delgados vasos que ligam os ovários ao útero. Essa transição para a medicina não é de admirar, uma vez que quanto mais se recua no tempo, menos os domínios científicos estavam diferenciados, de modo que, a certa altura, a história da química se confunde com a história da farmacologia, da medicina, da física e da matemática.

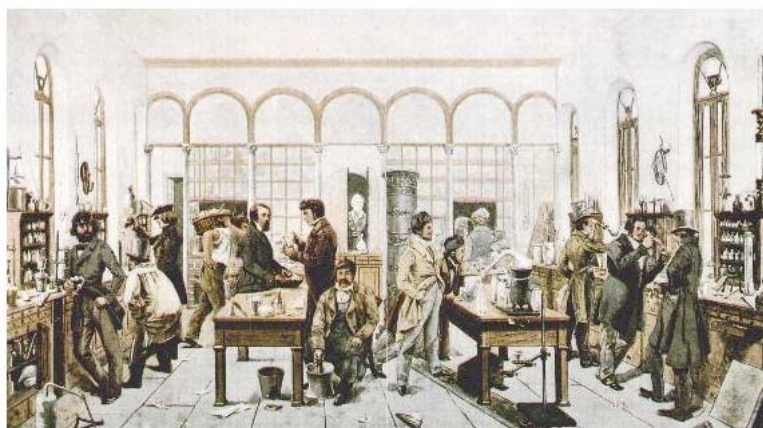


Fig. 3: Laboratório de Liebig, Universidade de *Giessen* 1842

Quem São e Quantos São os que Fazem a Química?

Voltemos à acima mencionada revista dos *Chemical Abstracts*. Esta publica índices quinquenais. Um dos vários índices respeitantes a cada quinquénio é um índice alfabético de autores. Com alguma paciência consegue-se por isso fazer uma estimativa bastante aproximada do número de investigadores em química em cada época (ver Fig. 4 *Chemical*

Abstracts Índices 1992-1996). O índice de autores 1992-1996 ocupa os primeiros 24 volumes a contar de cima.

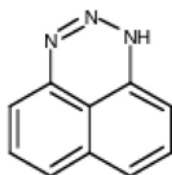


Fig. 4: *Chemical Abstracts*, Índices 1992-1996.

Conclui-se que entre 1917 e 1926 havia cerca de 97 mil investigadores em química em todo o mundo, mas sobretudo na Europa e América do Norte. Entre 1992 e 1996 havia globalmente cerca de 26 milhões, isto é mais de 2,6 vezes os habitantes de Portugal. Embora a história da química mencione sobretudo os grandes vultos, tal como Lavoisier, Liebig e muitos outros, incluindo os laureados Nobel, a química de facto é feita por muito mais pessoas. Para que possa emergir um grande químico, também é necessário que haja uma multidão de outros a investigar e a comunicar mutuamente.

Será Possível, Para Qualquer Substância, Determinar Quem Foi o Primeiro a Prepará-la?

Cada substância tem sempre um químico-pai (ou mãe). Como exercício, vamos experimentar determinar um tal pai para o seguinte composto:



Uma vez determinada essa pessoa, será possível determinar de quem foi discípulo e estabelecer a sua genealogia química?

Bactérias Inimigas de Tumores: Novas Terapias para Combater o Cancro

Arsénio M. Fialho

Instituto de Biotecnologia e Bioengenharia (IBB), Departamento de Bioengenharia, Instituto Superior Técnico, Av. Rovisco Pais 1, 1049-001 Lisboa.

A utilização de bactérias na inibição do crescimento tumoral é uma evidência reconhecida pela medicina à longa data. São vários os trabalhos que demonstram que os microrganismos podem ser usados na imunoterapia do cancro, como veículos para direccionar drogas para o tecido tumoral e como forma de activar pró-fármacos em drogas anti-cancerígenas efectivas. Para além disso, nos últimos anos, novas e promissoras terapias anti-cancerígenas têm vindo a ser propostas com base em produtos de origem microbiana, nomeadamente, entre outras, toxinas, enzimas, proteínas, péptidos e antibióticos.

Bactérias como Agentes Anti-Cancerígenos

A história da Microbiologia revela que os microrganismos podem ser usados como agentes anti-cancerígenos. A primeira observação deste fenómeno foi descrita em 1890 por William Coley. Este cirurgião constatou que nos doentes que após cirurgia para remoção tumoral, sofriam infecções bacterianas, apresentavam um melhor prognóstico pós-cirúrgico. Este cirurgião implementou uma terapia que se baseava na injeção da bactéria *Streptococcus pyogenes*, capaz de despoletar simultaneamente infecção e regressão tumoral. W. Coley em 1893, desenvolveu uma vacina “Toxinas de Coley”, preparada com extractos celulares de duas bactérias, *Streptococcus pyogenes* e *Serratia marcescens*. Nas décadas seguintes, este cirurgião administrou a sua vacina a cerca de 1000 doentes, tendo conseguido obter resultados muito satisfatórios [1]. A terapia anti-tumoral de W. Coley não deixou no entanto de levantar controvérsia, sendo que com o aparecimento da quimio e radioterapia foi desacreditada e colocada em desuso.

A redescoberta dos trabalhos de W. Coley e o surgimento dos estudos acerca da utilização de bactérias como agentes anti-tumorais tem conduzido na última década à publicação de inúmeros trabalhos científicos e patentes, à realização de ensaios clínicos e inclusive à sua introdução na prática clínica. As bactérias selvagens e geneticamente manipuladas usadas pertencem, entre outros, aos géneros *Salmonella*, *Listeria*, *Shigella*, *Mycobacterium*,

Clostridium e *Bifidobacterium* (Figura 1). São três os modos de acção, nomeadamente como i) estimuladores do sistema imunitário (imunoterapia); ii) vectores para transporte dirigido de drogas anti-tumorais; iii) forma de activar, no tecido tumoral, pró-fármacos de acção anti-cancerígena [2].

Na imunoterapia do cancro, a injeção de bactérias atenuadas (deficientes para genes de virulência), estimula o sistema imunitário, com a consequente produção de citocinas, as quais promovem a inibição do crescimento tumoral. Acresce ao estímulo do sistema imunitário, o facto de que é possível direccionar a sua acção, dado que o uso de bactérias anaeróbias facultativas (*Salmonella*, *Listeria* e *Shigella*), encontram condições favoráveis de crescimento no microambiente de hipoxia (baixo teor de oxigénio) que caracteriza o tecido tumoral. De entre as várias estratégias usadas, o caso de maior sucesso, com aprovação para uso clínico, diz respeito à terapia com *Mycobacterium bovis* (BCG - Bacilo de Calmette-Guérin) para tratamento de tumores da bexiga.

No que se refere ao uso de bactérias como vectores para transporte de drogas anti-cancerígenas ou como forma de activar pró-fármacos em drogas, recorre-se ao uso de bactérias anaeróbias estritas ou facultativas (*Clostridium*, *Bifidobacterium* e *Salmonella*), explorando assim o seu crescimento no tecido tumoral. De entre os vários estudos, destacam-se duas terapias, ambas submetidas a ensaios clínicos. A primeira, designada TAPET (*Tumour Amplified Protein Expression Therapy*) usa uma estirpe atenuada de *Salmonella typhimurium* (VNP20009), a qual sobre-expressa o gene que codifica para a enzima citosina desaminase, necessária à transformação do pró-fármaco 5-FC (5-fluorocitosina) em 5-FU (5-fluorouracilo), uma potente droga anti-cancerígena. A administração combinada da bactéria e do pró-fármaco, conduz ao crescimento localizado da bactéria no tecido tumoral com a consequente síntese da droga 5-FU. A segunda terapia, designada COBALT, recorre à injeção de esporos da estirpe atenuada *Clostridium novyi*-NT em conjunto com a administração/uso de agentes de quimio ou radioterapia.

Produtos de Origem Microbiana Usados como Agentes Anti-Cancerígenos

Embora o uso de microrganismos vivos como agentes anti-cancerígenos seja promissor, é de salientar a dificuldade em ultrapassar a problemática das infecções/toxicidade associadas à sua injeção nos doentes/modelos animais. Por esta razão, têm vindo a ser publicados trabalhos que demonstram o sucesso no uso de produtos de origem microbiana como agentes anti-tumorais, nomeadamente, entre outros, antibióticos, toxinas bacterianas, enzimas, proteínas e péptidos (Figura 1) [2].

Os antibióticos, inicialmente identificados como agentes anti-bacterianos, representam o grupo com maior relevância terapêutica e uso clínico. A sua acção citotóxica ao nível da inibição da síntese de DNA/RNA/proteínas é potente, embora carecendo de especificidade para o tecido tumoral. Várias estratégias têm vindo a ser propostas no sentido de direccionar a acção dos antibióticos para o tecido tumoral, nomeadamente a sua encapsulação em novas formas de lipossomas, os quais contêm na sua superfície moléculas (p.ex. anticorpos, açúcares ou péptidos) preferencialmente reconhecidas pelas células neoplásicas.

Para além dos antibióticos, também as toxinas bacterianas, as enzimas e proteínas/péptidos se constituem como novos e promissores agentes anti-cancerígenos. O uso de toxinas de elevada citotoxicidade, purificadas a partir de bactérias patogénicas, permitiu desenvolver uma nova modalidade terapêutica. Assim, por recurso a técnicas de Engenharia Genética é possível construir um gene recombinante, composto pela sequência de DNA que codifica para uma toxina com a sequência codificante para um determinado anticorpo, capaz de encontrar especificidade para antígenos expostos nas células neoplásicas. A expressão deste gene permite a síntese e purificação de uma proteína de fusão (anticorpo-toxina) usada na terapia anti-tumoral (imunotoxina). Esta estratégia confere especificidade de acção à proteína citotóxica dado que a presença do domínio de anticorpo permite o seu reconhecimento pelas células tumorais.

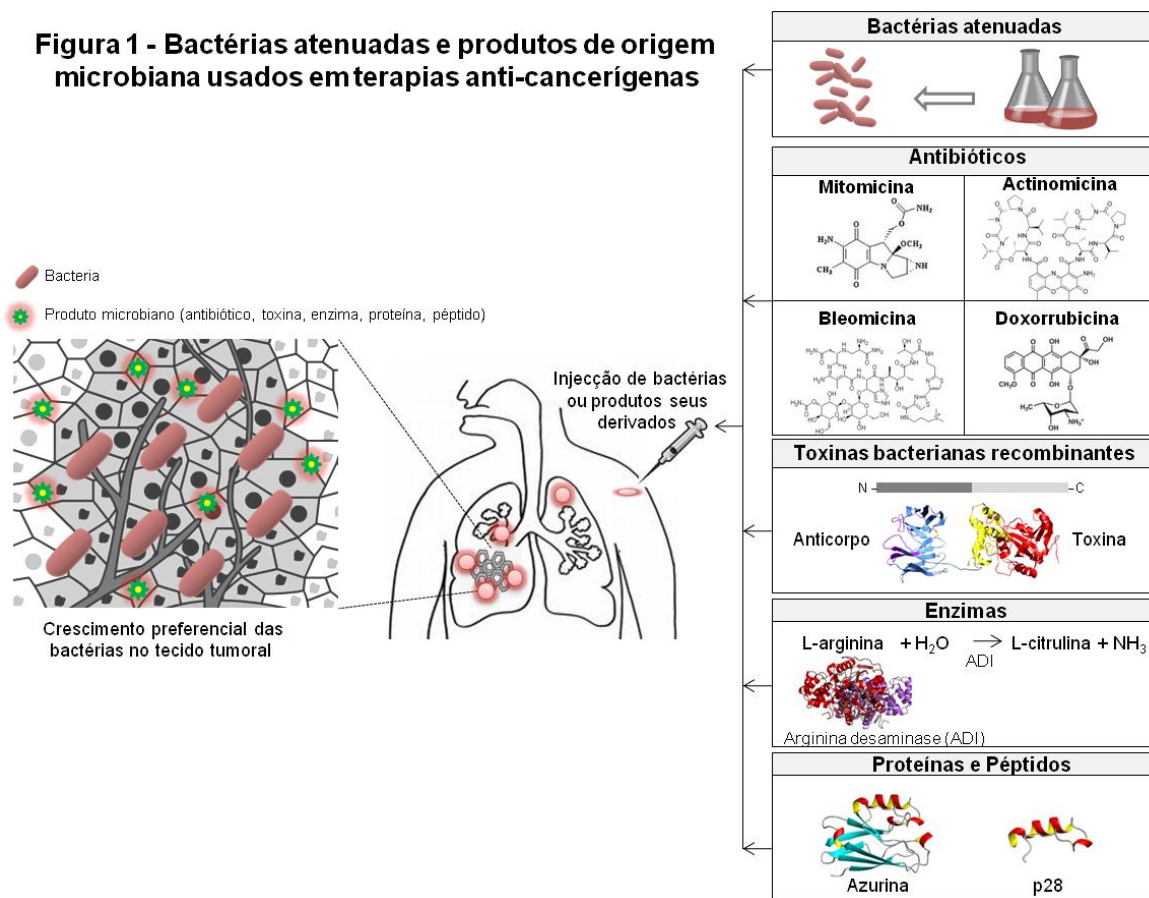
No que se refere ao uso de enzimas bacterianas como agentes anti-tumorais, destacam-se as enzimas arginina desaminase, glutaminase e asparaginase, as quais degradam respectivamente os aminoácidos arginina, ácido glutâmico e ácido aspártico, essenciais ao crescimento de determinadas células neoplásicas, auxotróficas para estes aminoácidos.

Na classe das proteínas e péptidos destaca-se o uso da azurina, uma proteína sintetizada pela bactéria *Pseudomonas aeruginosa*. Constatou-se, de forma surpreendente, que a azurina apresenta especificidade de entrada para células tumorais. Acresce a esta característica o facto de a sua acção ser dirigida a múltiplos alvos extra e intracelulares da célula neoplásica, nomeadamente interacções com proteínas da sua superfície em simultâneo com a sua entrada na célula e estabelecimento de interacção/estabilização do factor de transcrição p53. Como consequência demonstrou-se que a azurina induz a apoptose das células neoplásicas. A azurina inibe ainda o processo de angiogénese. Verificou-se a acção *in vivo* desta proteína, demonstrando-se regressão tumoral em ratinhos, sem sintomas de toxicidade detectáveis. Um péptido com 28 aminoácidos (P28) derivado da azurina, foi identificado como responsável pela especificidade da entrada/citotoxicidade da azurina em células neoplásicas. A FDA (*Food and Drug Administration*), Estados Unidos da América, aprovou o seu uso em ensaios clínicos (fase I), como agente terapêutico com acção anti-tumoral.

Conclusões

O mundo microbiano não deixa de nos surpreender! Associada à extrema diversidade taxonômica, fisiológica e molecular, os microrganismos são uma fonte inesgotável para produzir um elevado número de moléculas únicas, capazes de encontrar inúmeras aplicações na indústria e na medicina. Depois da descoberta dos antibióticos, parece agora possível estender o uso dos microrganismos e produtos seus derivados a novas e promissoras formas de terapia anti-cancerígena.

Figura 1 - Bactérias atenuadas e produtos de origem microbiana usados em terapias anti-cancerígenas



Referências:

- [1] Coley WB. End-results in malignant disease of the testis. Ann Surg. 78:370-86,1923
- [2] Fialho A.M., Chakrabarty A.M. "Emerging Cancer Therapy: Microbial Approaches and Biotechnological tools" John Wiley & Sons, Inc, p. 432, 2010

O Electrão nas Propriedades e no Desenvolvimento de Materiais

José Lopes da Silva

Centro de Química Física Molecular, Instituto de Nanociências e Nanotecnologia, Departamento de Engenharia Química e Biológica, Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa

A capacidade de manipular a estrutura dos materiais às escalas molecular, atómica e electrónica permite desenvolver e utilizar materiais até então exclusivamente fabricados pela natureza. Ela reflecte a disponibilidade dos elementos químicos para intervirem na edificação de novas estruturas ou modificar as já existentes, e evidencia a importância de conhecer o microscópico para compreender o macroscópico. Neste domínio, a Química tem uma intervenção fundamental respondendo, nomeadamente, a questões tais como: porque é que um material é bom condutor e outro não, porque um é duro e outro frágil, porque razão umas substâncias são gasosas, outras líquidas e outras sólidas à temperatura ambiente, etc. Sobre esta temática, tem cabimento recordar palavras de Jean Marie Lehn, Prémio Nobel da Química em 1987, afirmando que *“o químico cria moléculas originais, novos materiais e novas propriedades, partindo dos elementos que há na natureza, na verdade autênticos novos mundos que não existiam antes de tomarem forma nas mãos do químico, tal como a matéria toma forma nas mãos do artista, como foi tão poderosamente ilustrado por Rodin”*.

No entanto, as portas de acesso ao conhecimento do domínio microscópico só puderam ser abertas a partir da descoberta do electrão em 1897 por J. J. Thomson. A evolução extraordinária da Ciência daí resultante implicando a criação de uma nova Mecânica permitiu, por sua vez, atingir o conhecimento que hoje temos do átomo e da molécula.

A disponibilidade de um electrão para abandonar o seu átomo e deixar-se captar pelo núcleo de outro átomo, para ser partilhado por dois núcleos ou mesmo para se distribuir por um grande número de átomos qualifica a electronegatividade dos elementos químicos e determina a capacidade de ligação entre os seus átomos. Assim, na ligação entre elementos com electronegatividades iguais ou muito próximas, a partilha de electrões é mais ou menos homogénea. Se, pelo contrário, as electronegatividades forem muito diferentes, os electrões

têm tendência a situar-se mais próximos dos átomos do elemento mais electronegativo e, no limite, dar origem à formação de um ião negativo e de um ião positivo. Finalmente, se, para além de muito próximas, as electronegatividades forem muito baixas, então os electrões, atraídos fracamente pelos seus núcleos, tendem a ser partilhados por vários átomos comportando-se de forma deslocalizada. Estas considerações assumem uma significativa importância na compreensão da forma como os átomos se ligam entre si, e estão na origem daquilo que usualmente se designa por ligação covalente, ligação iónica e ligação metálica.

Nos diferentes modelos que descrevem os átomos e as moléculas, assume particular significado o conceito de nuvem electrónica como a representação estatística da probabilidade de encontrar os respectivos electrões em torno dos núcleos. No entanto, isso não significa que em todo os instantes se encontrem electrões em todos os pontos dessa nuvem. Na verdade num dado instante, mesmo numa ligação entre dois átomos iguais, os electrões podem estar maioritariamente mais perto de um dos núcleos. Isso significa que, naquele momento, a molécula tem um carácter negativo (pólo negativo) junto desse núcleo e um carácter positivo (pólo positivo) junto do outro. Nas moléculas formadas por elementos químicos com electronegatividades muito diferentes esta situação pode assumir um carácter permanente. Estes pólos positivos e negativos estão na origem das chamadas forças de van der Waals e das ligações por pontes de hidrogénio responsáveis por ligações intermoleculares e, conseqüentemente, pela formação de agregados moleculares que estão na base da estrutura de diversos produtos e materiais.

Neste contexto, a grafite, uma forma alotrópica do carbono, é um exemplo clássico de um sólido cujo estado físico é assegurado por forças de van der Waals. Na sua estrutura tridimensional, cada átomo de carbono partilha três dos seus quatro electrões de valência com outros 3 átomos, definindo hexágonos regulares que se dispõem em folhas. A ligação entre camadas é assegurada pelos restantes electrões de valência que formam uma nuvem deslocalizada. Esta configuração explica o comportamento anisotrópico das suas propriedades mecânicas: a grafite oferece uma forte resistência a um esforço perpendicular às placas, mas tem um comportamento oposto na direcção paralela devido ao facto das ligações entre camadas serem mais fracas. Pela mesma razão, a grafite é boa condutora eléctrica na direcção paralela às camadas não o sendo numa direcção perpendicular. Estas propriedades incentivaram muitos investigadores a procurarem criar novos materiais com base em folhas de grafite. Um desses materiais, o grafeno, formado por uma folha de carbono apenas com um átomo de espessura, tem suscitado grande atenção por parte dos cientistas suscitando a atribuição do Prémio Nobel da Física de 2010 a André Geim e

Kostantin Novoselov. As perspectivas do grafeno substituir o silício na preparação de transístores são tão elevadas que se começa já a falar de uma electrónica de carbono. Uma particularidade destas folhas de grafeno tem a ver com a mobilidade dos seus electrões, da ordem dos 10^4 cm²/volt segundo, dez vezes mais elevada do que no silício. Este valor tão elevado indicia que, nestes materiais, os electrões se movem sem sofrer difusões ou resistências, comportando-se como um feixe de luz. Por outro lado, tendo presente as propriedades mecânicas da grafite, Sumio Iijima desenvolveu em 1991 um novo material, a partir de uma ou mais folhas de grafeno enroladas formando um cilíndrico oco denominado por “nanotubo” dotado de elevada flexibilidade e cerca de cem vezes mais forte do que o aço.

Os polímeros orgânicos, constituídos por moléculas de grandes dimensões, são um outro tipo de materiais em que a coesão interna é sustentada por forças intermoleculares. De entre eles, dada a sua importância no desenvolvimento da chamada «electrónica de plástico», individualizamos o caso dos polímeros orgânicos semicondutores nos quais podemos, como na grafite, encontrar electrões deslocalizados que lhes conferem propriedades condutoras, ópticas e luminescentes. De entre as aplicações destes materiais destacamos as de produção de transístores de filmes finos orgânicos, de díodos de emissão de luz (OLED), de células voltaicas e de sensores

A Química Supramolecular, um novo domínio da Química em grande desenvolvimento, abriu as portas à produção de novas substâncias e de novos materiais. É o caso das “máquinas moleculares” formadas por assembleias moleculares que, quando devidamente activadas por estímulos físico-químicos externos (fotões, electrões, moléculas, iões, etc.), são susceptíveis de executar funções complexas tais como realizar movimentos lineares ou rotacionais, funcionar como interruptores, conversores de luz, rectificadores, etc. Neste contexto, pode ainda referir-se o “fio molecular”, uma cadeia assimilável a um segmento de um polímero com electrões deslocalizados susceptível de conduzir um trilião de electrões por segundo entre uma superfície de ouro e a ponta da sonda de um microscópio. A evolução da Química Supramolecular também se tem orientado na direcção da Ciência da Informação, criando sistemas com capacidade para realizar funções de armazenagem, detecção, processamento, amplificação e transferência de sinais. Pode ainda permitir o desenho de sistemas químicos que mimetizem os processos biológicos e, eventualmente, abram as portas do conhecimento dos processos vitais.

Uma referência final ao ADN, uma supermolécula formada por ligações de hidrogénio entre duas cadeias poliméricas enroladas em dupla hélice, determinante para a compreensão de muitos mecanismos da vida por encerrar em si as instruções genéticas necessárias à formação, ao desenvolvimento e à manutenção de todos os organismos vivos.

Em qualquer dos produtos ou materiais anteriormente referidos, o tipo de ligação que sustenta as suas estruturas está, como seria de esperar, na fundamentação das suas propriedades, permitindo-nos afirmar que todo o conhecimento que delas temos ou viermos a ter passa necessariamente pelo entendimento que temos e viermos a ter dos átomos e/ou das moléculas que os constituem. De qualquer forma, é no que a descoberta do electrão permitiu desenvolver que encontramos o ponto de partida para os grandes avanços do passado, do presente e do futuro.

"A Crise dos Estados – um Estado Supercrítico"

Miguel Ângelo Rodrigues

Centro de Química Estrutural, Departamento de Engenharia Química e Biológica, Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa

Podemos afirmar que já ultrapassamos o ponto crítico – hoje vivemos numa era supercrítica. Talvez pudesse ser uma afirmação de Ciências Políticas, mas não é, neste caso é de engenharia. A tecnologia actual permite ultrapassar o limite dos estados da matéria com que interagimos naturalmente (sólido, líquido e gasoso) e explorar novos estados como é o caso do estado de fluido supercrítico.

O Estado de Fluido supercrítico

Na nossa atmosfera terrestre a matéria apresenta-se em três estados fundamentais; sólido, líquido e gasoso. Também nós somos uma mistura de matéria nestes três estados fundamentais; somos em parte sólidos, em parte líquidos e em parte gasosos!

Mas há outros estados da matéria com os quais não podemos interagir sem recorrer à tecnologia, como por exemplo o estado de fluido supercrítico.

Estamos habituados a viver num mundo descontínuo, isto é, em superfícies. Conseguimos distinguir as fases sólidas das fases líquidas e fases gasosas que constituem tudo à nossa volta.

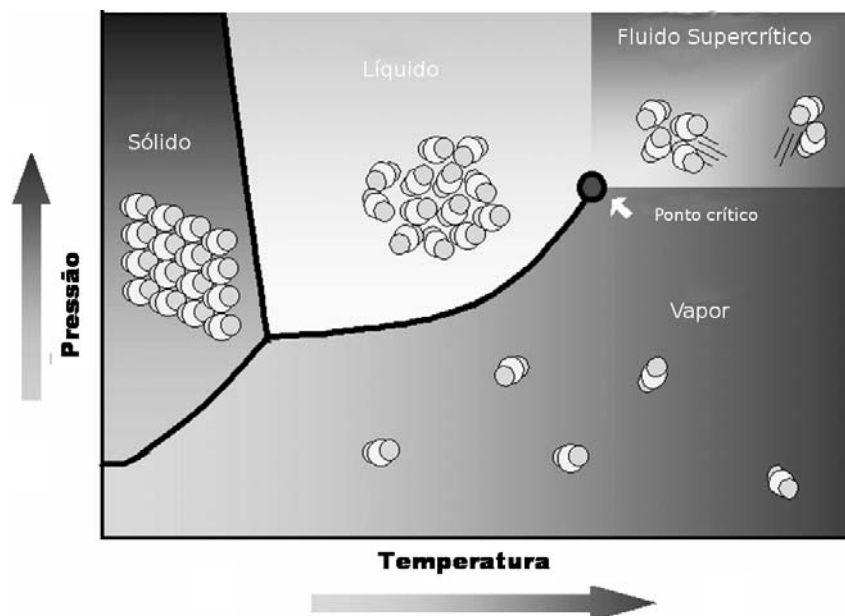


Figura 1 – Diagrama de equilíbrio de fases. No fim da linha líquido-vapor a substância transforma-se num fluido supercrítico

Por isso, pensamos que a água, por exemplo, não pode passar de líquido para vapor sem que nos apercebamos. Ou, pelo menos, era o que se pensava antes de Thomas Andrews demonstrar que isso pode acontecer.

Na Fig. 1 estão esquematizadas as linhas de equilíbrio que limitam as fases em função da pressão e temperatura.

Para temperaturas mais baixas as substâncias encontram-se no estado sólido. Com o aumento da temperatura, fundem-se, ou seja atravessam a linha do sólido para o líquido.

Sempre que se atravessa uma destas linhas, podemos observar a mudança de uma fase para a outra como um fenómeno contínuo, isto é, podemos observar, por exemplo, o sólido a desaparecer e o líquido a aumentar quando a substância se funde. Ou, o líquido a desaparecer à medida que o vaporizamos.

Contudo, na Fig. 1 observa-se que existe uma interrupção da linha que divide o líquido do vapor – o ponto crítico. Isto significa que, se aquecermos um líquido até atingir uma pressão superior à do ponto crítico, ele transforma-se imediatamente num fluido supercrítico, sem que se observe o desaparecimento progressivo de uma fase através do aumento da outra.

Neste caso acontece uma verdadeira revolução entre os estados! É por esta razão que se designa o ponto de crítico de ...“crítico”, pois quando é ultrapassado as propriedades alteram-se abruptamente e as substâncias ficam com características de líquido e de vapor em simultâneo: são gases que parecem líquidos, ou líquidos que parecem gases!

Todas as substâncias podem transformar-se num fluido supercrítico a partir de uma determinada temperatura e de uma determinada pressão. No estado supercrítico, a pressão é quase sempre superior à pressão atmosférica e, por esta razão, necessitamos de câmaras ou células de paredes rígidas (como o aço) para o poder estudar.

A Tabela 1 apresenta as condições de pressão e de temperatura a partir das quais algumas substâncias passam para o estado de fluido supercrítico - temperaturas e pressões acima dos respetivos valores críticos.

Tabela 1 – Constantes críticas de várias substâncias.

Substância	Temperatura crítica (K)	Pressão crítica (MPa)
Hélio	5,19	0,227
Azoto	126,19	3,398
Oxigénio	154,59	5,043
Dióxido de Carbono	304,25	7,380
Água	647,10	22,064
Ouro	7250	510

A Figura 2 mostra a transformação abrupta que acontece no ponto crítico. Abaixo do ponto crítico existe uma superfície (menisco) que separa as duas fases (líquido e vapor) pois elas têm densidades diferentes. Porém, ao atingir o ponto crítico (por aquecimento – por exemplo), o menisco desaparece, conforme podemos observar na Figura 2(b).

Contudo, se de seguida reduzirmos a pressão ou a temperatura abaixo do valor crítico, surgem novamente líquido e vapor em equilíbrio, como se observa na imagem “c” da Figura 2.

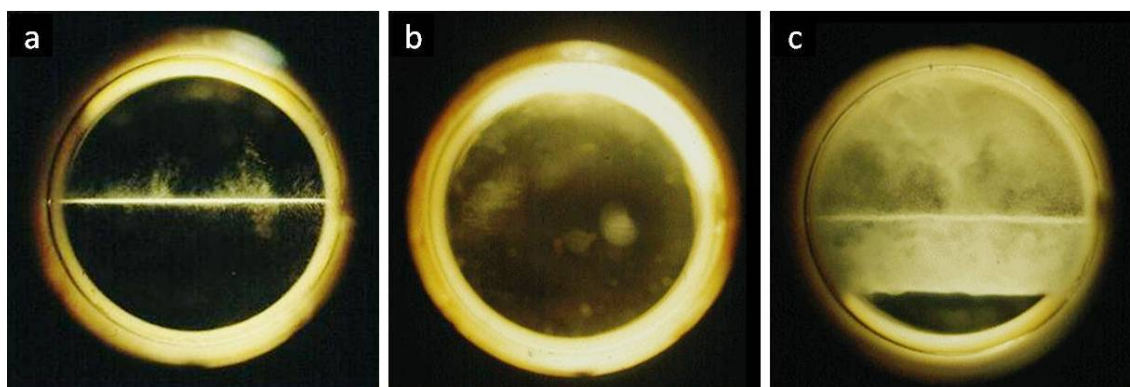


Figura 2 – Na imagem (a) observa-se CO_2 abaixo do ponto crítico: as fases de líquido e de vapor estão separadas por um menisco. Em (b), o menisco desapareceu, sinal que já foi ultrapassado o ponto crítico, pois existe apenas uma fase (supercrítica). Em (c), observa-se que, ao diminuirmos a pressão (ou a temperatura) para valores inferiores às do ponto crítico, voltamos a obter um equilíbrio líquido-vapor e forma-se um menisco que separa as duas fases com densidades diferentes.

Propriedades e aplicações dos Fluidos Supercríticos

Os fluidos supercríticos possuem propriedades, algumas que são características dos gases (como a viscosidade) e outras que são características dos líquidos (como a densidade). São assim, “líquidos” com propriedades de gases ou “gases” com propriedades de líquidos. É esta ambivalência dos fluidos supercríticos que lhes confere características únicas que são aproveitadas em aplicações de interesse tecnológico.

Por exemplo, por serem densos, podem dissolver substâncias tal como fazem os líquidos. De facto, o dióxido de carbono supercrítico é o processo usado actualmente para extrair a cafeína dos grãos de café. Assim, ao bebermos um “descafeinado” estamos a tirar partido de uma aplicação da tecnologia supercrítica!

Contudo, ao contrário dos líquidos, o poder solvente dos fluidos supercríticos pode ser controlado através da pressão. Ou seja, se reduzirmos a pressão, o fluido supercrítico transforma-se num gás e liberta imediatamente quaisquer substâncias que tenha dissolvidas. Isto é muito prático, pois permite recuperar a cafeína (ou quaisquer outras substâncias) sem quaisquer resíduos de solvente, contrariamente ao que acontecia

anteriormente quando se usavam solventes orgânicos (muitas vezes tóxicos!) em vez de um fluido supercrítico.

Os fluidos supercríticos também têm propriedades de gases, pois fluem e difundem-se com facilidade. Podem, por exemplo, misturar-se rapidamente com outras soluções e provocar a precipitação instantânea dos solutos que estejam dissolvidos. Actuam, neste caso, como antisolventes. Contudo, este tipo de fenómenos envolve a mistura de várias substâncias e são, por isso, muito mais complicados do que o caso representado no diagrama da Figura 1, que é típico da maioria das substâncias puras. O estudo desses fenómenos constitui os “segredos” que tentamos observar em células como a da Figura 2, de forma a explorar as suas potencialidades tecnológicas.

Por exemplo, uma destas potencialidades consiste em usar os fluidos supercríticos para fazer precipitar muito rapidamente substâncias dissolvidas, de tal forma que provoca a formação de partículas muito pequenas que têm várias e importantes aplicações na indústria farmacêutica.

A Figura 3 mostra imagens de microscopia electrónica de varrimento (MEV) de micro-partículas produzidas por fluidos supercríticos (à direita) que têm aproximadamente o tamanho de bactérias do nosso tracto intestinal (*Escherichia coli*).

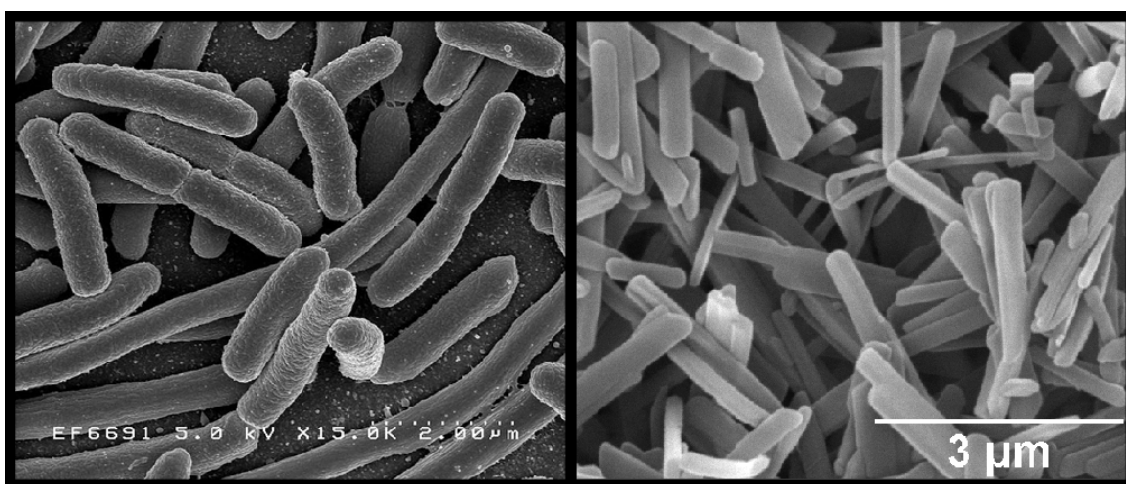


Figura 3 – Imagens de microscopia electrónica de varrimento. À esquerda: *Escherichia coli*. À direita: partículas de um produto farmacêutico produzidas com CO_2 supercrítico. Conforme mostra esta figura, as partículas do produto farmacêutico podem ser produzidas pela tecnologia supercrítica em tamanhos muito, muito pequenos.

Ao transformar substâncias em partículas muito pequenas, conseguimos melhorar a sua dissolução e facilitar a sua absorção pelo organismo, mesmo que sejam fármacos muito difíceis de dissolver.

A Figura 4 mostra pequeníssimas esferas de uma vacina produzidas com fluidos supercríticos em comparação com o tamanho das bactérias que causam a doença que a vacina previne. Estas esferas, por serem tão pequenas e serem feitas com proteínas da

própria bactéria, funcionam como “bactérias falsas”. Quem respirar estas bactérias falsas fica imune às verdadeiras. Assim, ao contrário das vacinas comuns, para a administração desta vacina, basta cheirar.

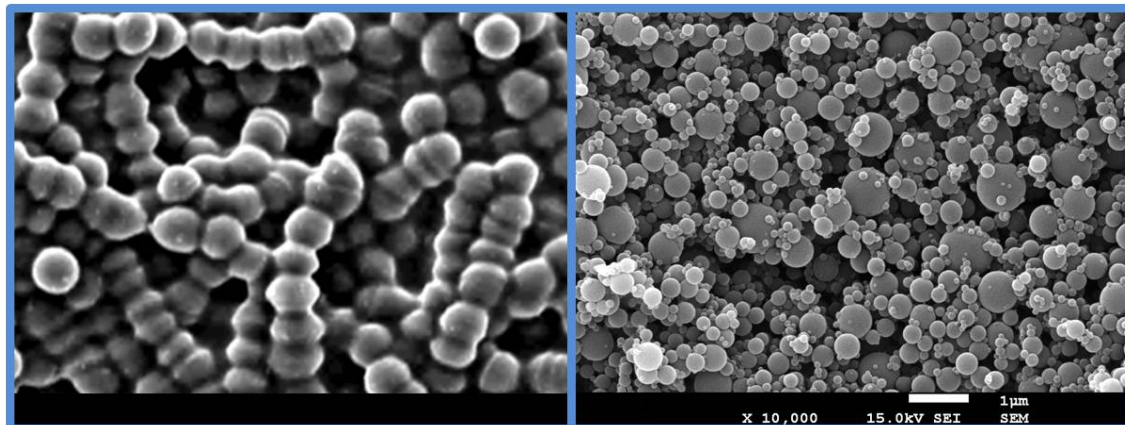


Figura 4 - Imagens de microscopia electrónica de varrimento. À esquerda: bactérias *Streptococcus*. À direita: esferas de proteínas de *Streptococcus* produzidas com CO₂ supercrítico.

Um Estado Revolucionário

O estado supercrítico é um estado da matéria que nunca coexiste com os outros estados. Por exemplo, é impossível que uma substância possa estar simultaneamente no estado líquido e no estado supercrítico, como acontece com os estados líquido e vapor.

Esta característica desencadeia verdadeiras revoluções nas propriedades das substâncias quando entram ou saem do estado supercrítico. Juntamente com esta característica, as propriedades híbridas de líquido e de vapor dos fluidos supercríticos motivam o desenvolvimento de novos processos tecnológicos, também eles revolucionários relativamente aos processos usuais.

Não admira, por isso, que investigadores no IST e também muitos outros em todo o mundo se dediquem ao desenvolvimento de novas tecnologias baseadas nos fluidos supercríticos com aplicação em vários campos: ciência dos materiais e biológicas, indústrias alimentar e farmacêutica, etc.

Os exemplos aqui apresentados são ilustrativos da importância actual da tecnologia supercrítica, assim como da expectativa que existe para novas aplicações de que poderemos usufruir num futuro próximo.

Produção de Biodiesel – A Aplicação Exemplar da Engenharia Química

Renato H. Carvalho

Iberol – Sociedade Ibérica de Biocombustíveis e Oleaginosas, S.A., Departamento de Desenvolvimento Tecnológico, Quinta da Hortinha - Alhandra, 2601–908 Vila Franca de Xira, Portugal.

Palavras-Chave: Engenharia, Química, Biodiesel, Indústria

Resumo

Esta apresentação tem como objectivo testemunhar e transmitir a experiência de um Engenheiro Químico no ramo dos biocombustíveis, uma energia renovável focada nos transportes. Explica a importância desta formação académica para a produção industrial de biodiesel, uma indústria simplesmente transformadora.

Introdução

A **Iberol - Sociedade Ibérica de Biocombustíveis e Oleaginosas, S.A.**, empresa criada em **1967**, tem vindo a desenvolver a sua actividade industrial na produção de farinha e óleo de soja (Figura 1). Desde 2006 que aposta na produção de biodiesel e em 2008 a sua actividade foi alargada ao processamento de sementes de colza, conseguindo assim dar resposta ao mercado e necessidades nacionais na procura deste óleo para os biocombustíveis



Figura 1 – Importação de semente de soja para a extracção de óleo com destino à produção de Biodiesel.

Sendo a Iberol empresa pioneira na indústria de biodiesel em Portugal, apostou desde o início no elevado nível dos seus quadros, tendo na divisão de produção de biodiesel nove licenciados e no seu departamento de controlo de qualidade igualmente cinco licenciados, o que lhe permitiu não só adquirir facilmente as tecnologias internas, como criar potencial para futuros desenvolvimentos.

A Iberol ao apostar em novos mercados assumiu novas responsabilidades para com as metas impostas pelo Governo para a implementação de energias renováveis no sector dos transportes. A inovação é o melhor veículo para acompanhar o veloz desenvolvimento deste mercado e satisfazer assim as necessidades de Portugal. Em 2007, criou um Departamento de Desenvolvimento Tecnológico, com uma estratégia de engenharia e I&DT, directamente dependente da Administração, com a colocação de um Doutoramento em Engenharia Química que lhe permite manter a ligação com as universidades.

No que diz respeito à fábrica de biodiesel, esta tem actualmente capacidade de produção anual de 120 mil toneladas de biodiesel e 14 mil toneladas de glicerina, criando cerca de 105 postos de trabalho directos e centenas de indirectos. A produção é contínua com um regime de laboração de 24 horas por dia, entregando a totalidade da produção à indústria refinadora para a incorporação nos combustíveis rodoviários.

São necessárias tecnologias inovadoras e de integração de processos que permitam produzir biocombustíveis de uma forma enérgica e economicamente eficiente, a partir de uma gama variada de matérias-primas. Actualmente, existe uma enorme variedade de tecnologias para produção de biocombustíveis a partir da biomassa, no entanto, só são comercializados biocombustíveis de primeira geração, sendo ainda necessários importantes avanços para chegarmos à designada segunda geração.

O biodiesel actualmente é produzido por transesterificação de óleos ou gorduras. A transesterificação é a reacção em que os triglicéridos presentes nos óleos vegetais ou gorduras animais reagem com um álcool para formar ésteres e glicerol, catalisada por via ácida ou básica (Figura 2). O metanol e o etanol são os álcoois mais utilizados no processo de transesterificação, sendo o metanol o mais usado por ser mais barato, isento de água, e por permitir uma maior facilidade de separação entre a fase de ésteres e de glicerina.

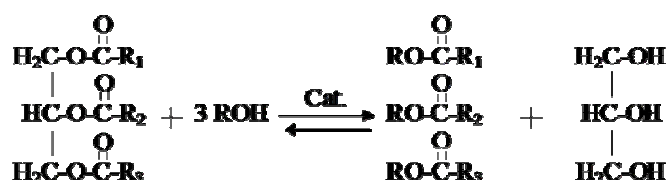


Figura 2 – Reacção de transesterificação.

O Mercado de Trabalho

A exigência do mercado de trabalho obriga-nos a escolher uma área na qual será baseada toda a nossa formação. Durante o longo percurso de progressão na carreira e geralmente em qualquer profissão de chefia, muitos dos temas necessários para se vencer passam pelo domínio de política de empresa, gestão de operações, direcção financeira, factor humano, análise social e económica, controlo, direcção comercial e muitos outros.

Cada um destes temas daria por si só um curso/licenciatura, no entanto, podem ser vistos como complementos importantes de uma formação de base sólida, e esta sim extremamente importante. A engenharia química é sem dúvida uma formação abrangente que nos prepara para os desafios do mercado de trabalho.

Um Engenheiro Químico precisa de um vasto leque de conhecimento, desde as ciências básicas como a matemática, a química, a física, assim como disciplinas mais avançadas como processos, termodinâmica, operações unitárias, catálise e muitas outras matérias. Estas matérias têm como finalidade conceber, desenvolver, projectar, dimensionar, otimizar e operar os processos e os seus produtos. Acima de tudo o engenheiro químico é alguém focado para a indústria nos seus vários sectores.

O Biodiesel

O biodiesel “nasce” em Portugal após a constante dificuldade de utilização do óleo de soja, co-produto na produção da respectiva farinha, esta última essencial para as rações animais. Como qualquer arranque de um negócio, este para ser sustentável tem de passar por várias fases no seu tempo de vida:

- ✓ Identificação das oportunidades de investimento (a ideia, a visão, a iniciativa, a necessidade de criar valor ao óleo de soja, os primeiros a ganhar o mercado...);
- ✓ Preparação do pré-projecto (o conhecimento de engenharia química);
- ✓ Avaliação de viabilidade económica (o conhecimento de análise económica);
- ✓ Preparação do projecto de detalhe (o conhecimento de engenharia química e outros);
- ✓ A implementação da obra (o conhecimento de engenharia química e outros);
- ✓ O iniciar a produção (as dificuldades de arranque que um engenheiro químico tem de ultrapassar);

- ✓ A operação e gestão (o controlo das variáveis de processo, a gestão logística e de custos, de recursos humanos...).



Figura 3 – Várias fases durante a implementação da fábrica de biodiesel.

A Indústria de biodiesel é um bom exemplo de como a adaptabilidade de um engenheiro químico é uma variável diferenciadora importante. Cada vez mais a polivalência é um factor extremamente importante numa empresa dada a constante mudança dos mercados, o que obriga uma empresa a ser dinâmica se quer sobreviver no mundo dos negócios e do biodiesel em particular. Actualmente o conceito de “mentes de obra” em vez de mão-de-obra, diferencia uma visão de crescimento sustentável.

O engenheiro químico deve acompanhar toda a fase de implementação da fábrica (Figura 3), desde a sua estrutura base, à confirmação dos respectivos equipamentos para as operações unitárias que dimensionou, tubagens, tanques de armazenagem, e outras etapas até à fase de arranque. Ninguém melhor que o engenheiro para solucionar os variadíssimos contratempos que vão aparecendo durante a fase de implementação, ficando assim com um conhecimento profundo da própria unidade, o que lhe proporciona “ferramentas” para solucionar posteriores problemas de operação.

O Processo

O processo de produção de biodiesel da Iberol é composto por várias etapas conforme descrito na Figura 4. Cada uma destas etapas é composta por várias operações unitárias tais como: mistura dos dois líquidos imiscíveis (óleo e metanol já com o catalisador metilato de sódio misturado), reacção de transesterificação, separação por centrifugação do biodiesel e glicerina, lavagem do biodiesel com água e respectiva separação por centrifugação, secagem a vácuo do biodiesel, recuperação por destilação do metanol em excesso, e muitas outras operações.

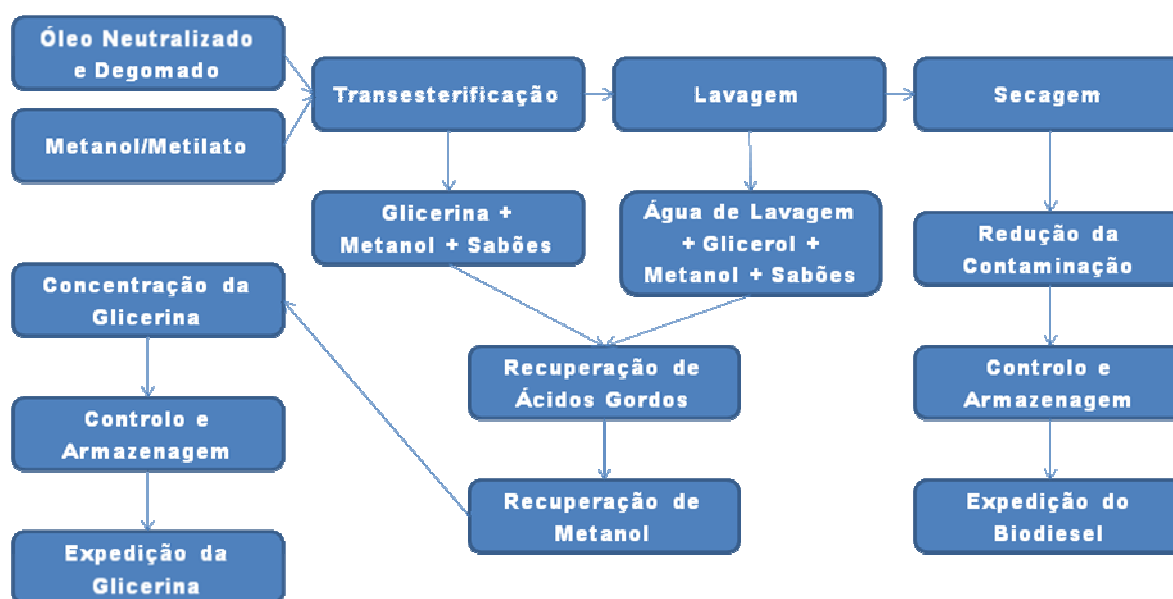


Figura 4 – As várias etapas do processo de produção de biodiesel.

O Controlo operacional

Todas as operações unitárias podem ser do conhecimento do engenheiro químico, no entanto, é o no controlo operacional que terá a oportunidade de demonstrar a sua capacidade para gerir e otimizar ao longo do tempo as inúmeras variáveis de processo tais como: temperatura, pressão, concentração, densidade, características das matérias-primas

e muitas outras, com o auxílio das análises químicas de controlo operacional. Esta gestão implica decisões de manutenção operativa e de planeamento de produção durante todo o ciclo de vida da unidade fabril.

No fundo estes são os desafios de um Engenheiro Químico nesta nova área de biocombustíveis. A Figura 5 ilustra uma amostra do primeiro biodiesel e respectiva glicerina, cujo biodiesel respeitaria a norma EN14214 (norma de qualidade) em Portugal para ser entregue às empresas introdutoras deste biocombustível no mercado.



Figura 5- Primeiro biodiesel e respectiva glicerina após arranque na Unidade de Produção de Biodiesel (UPB) da Iberol.

Conclusão

A produção de biodiesel é uma indústria química totalmente focada para os conhecimentos de um engenheiro químico. Não escolham este curso em busca de dinheiro ou sucesso, entrem sim a pensar na vossa realização, no gosto pela resolução de problemas e paradigmas, tudo o resto será consequência do vosso trabalho árduo. A engenharia química aborda um vasto leque que cria a base para mais tarde suportar toda a necessidade do conhecimento que é necessário para a experiência profissional.

Espelhos e Simetrias: uma Visão Química (Orgânica)

Pedro Paulo Santos

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

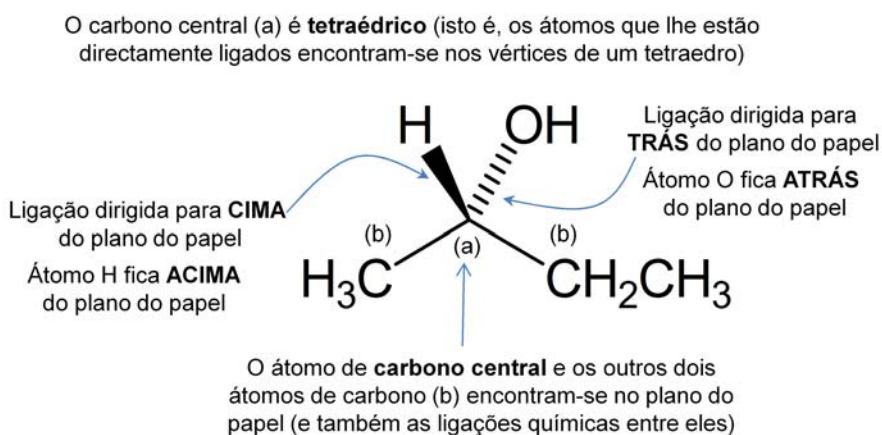
Resumo:

Esta apresentação é adaptada de uma aula ministrada aos alunos dos Mestrados Integrados de Engenharia Química e Engenharia Biológica na disciplina de Química Orgânica I (primeiro ano). Durante a palestra são apresentados conceitos básicos relativos à estereoquímica, que estuda a estrutura tridimensional molecular de um modo sistemático.

Estrutura Tridimensional Molecular e Classificação de Isómeros

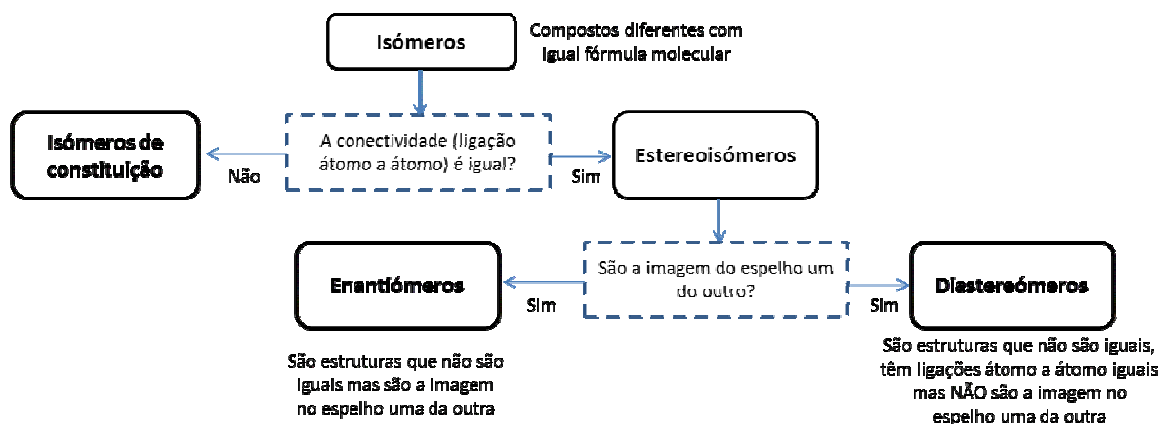
As moléculas constituintes da matéria possuem uma estrutura tridimensional que pode afectar decisivamente as suas propriedades. O reconhecimento desta estrutura tridimensional molecular torna-se essencial para o entendimento da reactividade química e também das propriedades químicas e físicas das entidades químicas.

A **ESTEREOQUÍMICA** (stereo significa sólido em grego) estuda a estrutura tridimensional molecular de um modo sistemático. Para a representação de estruturas tridimensionais em suportes bidimensionais (ex: papel, quadro) é necessária a utilização de convenções para a escrita das fórmulas. O entendimento desta estrutura tridimensional a partir de desenhos bidimensionais exige um esforço de imaginação que nem sempre se afigura fácil. A seguinte figura mostra uma das convenções frequentemente usadas na escrita de fórmulas em química orgânica (exemplificada com o S-butan-2-ol):



Por vezes, compostos diferentes (ligações entre átomos diversa e/ou estrutura tridimensional diferente) possuem igual fórmula molecular (igual composição atómica, em

espécie e em número). Estes compostos dizem-se **isómeros** (a isomeria é uma relação entre compostos). De um modo muito resumido, o seguinte esquema classifica as diversas relações de isomeria possíveis:

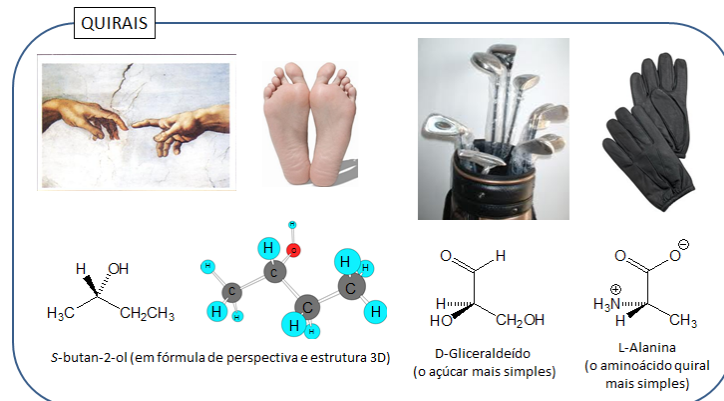


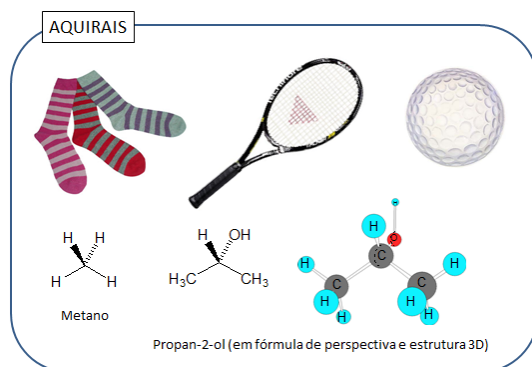
Enantiómeros, Quiralidade e Simetria

As propriedades de simetria de uma estrutura molecular são quimicamente muito importantes. Uma estrutura diz-se **QUIRAL** quando **não é sobreponível na sua imagem no espelho**. Assim, a reflexão de um dado objecto num espelho permite identificar a sua **quiralidade (ou não)**. Tal propriedade é uma característica muito importante para uma entidade química e determina se uma molécula pode ou não ter um enantiómero:

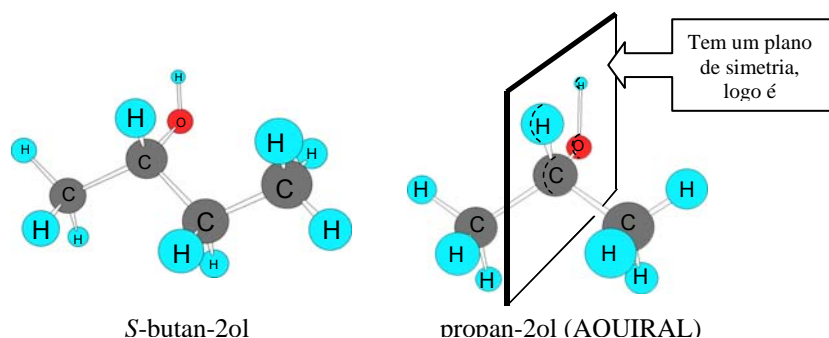
- Estruturas **QUIRAIS** NÃO são sobreponíveis na sua imagem no espelho (são diferentes da sua imagem no espelho) e admitem a existência de um (e apenas um) enantiómero.
- Se uma estrutura é sobreponível na sua imagem no espelho, não pode ter um enantiómero e diz-se que é **AQUIRAL** (a estrutura é idêntica à sua imagem no espelho).

Exemplos de estruturas quirais e aquirais:





As características de simetria de um objecto são determinantes para a possibilidade de sobreposição na sua imagem no espelho e assim para a sua quiralidade ou não (note-se que a possibilidade de existência de enantiómeros só pode ocorrer em objectos quirais). Uma estrutura contendo (pelo menos) um plano de simetria é obrigatoriamente aquiral e não pode ter enantiómeros. Recuperando duas das moléculas das figuras anteriores:



Durante a palestra serão utilizados modelos moleculares e objectos tridimensionais comuns para exemplificação dos conceitos a apreender. A reflexão de modelos moleculares e outros objectos quirais e aquirais será testada.

A Importância da Quiralidade e da Não Simetria Molecular

Isómeros de constituição e diastereómeros possuem normalmente propriedades físicas e químicas diferentes. No entanto, os enantiómeros de uma dada molécula têm habitualmente iguais propriedades físicas e químicas, excepto quando colocados em ambientes assimétricos (quirais).

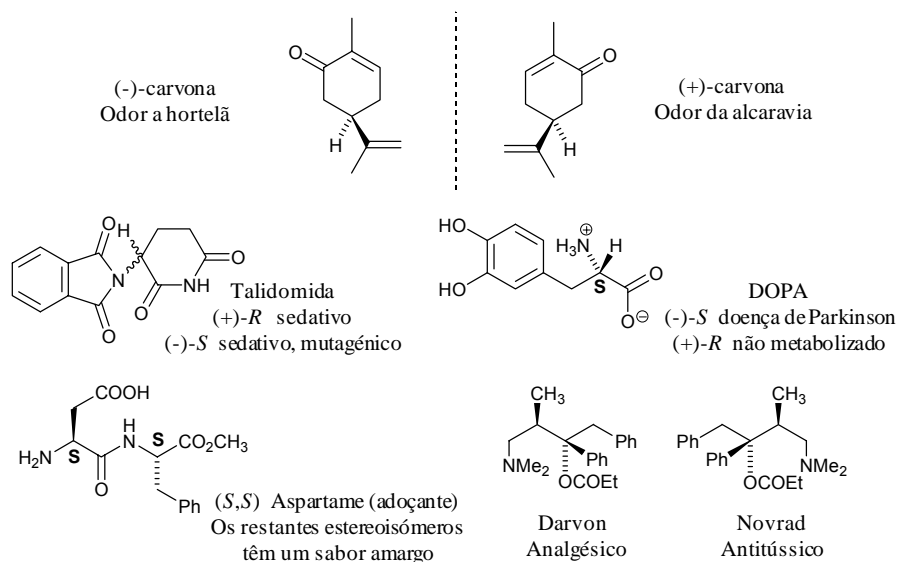
Muitas das moléculas e estruturas químicas constituintes dos organismos vivos (espécie humana incluída) são quirais. Alguns exemplos de classes de compostos importantes do ponto de vista biológico, cujas moléculas são essencialmente quirais:

- As nossas **proteínas** são quirais, sendo “polímeros” de **aminoácidos quirais** (apenas um dos 20 aminoácidos naturais - a glicina - é aquiral). Incrivelmente, todos os aminoácidos naturais têm a mesma disposição espacial dos grupos no átomo de

carbono assimétrico. Por alguma razão indecifrável e enigmática, a natureza “escolheu” apenas um dos enantiómeros de todos os aminoácidos (os seus enantiómeros existem apenas em quantidades muito reduzidas). As proteínas são essenciais à vida, sendo algumas das suas funções, a catálise de reacções químicas (pelas enzimas), a regulação do funcionamento do organismo e o transporte de outras substâncias.

- Os **hidratos de carbono** são materiais constituídos essencialmente por **açúcares**, habitualmente assimétricos (quirais). Além de serem habituais reservas energéticas (ex: amido, glicogénio), também têm relevo como unidades estruturais (ex: celulose, quitina).
- Muitos dos **lípidos** são quirais (ex: ésteres de glicerol, colesterol). Têm funções muito importantes como reservas energéticas ou como constituintes essenciais de membranas celulares.
- Os **ácidos nucleicos**, constituintes do **ADN** e **ARN** também são quirais. O enrolamento em hélice do ADN é por si só criador de assimetria (uma estrutura helicoidal é por natureza quiral).

Sendo os organismos vivos assimétricos, a actividade biológica de dois enantiómeros de uma molécula é habitualmente diferente e bastante importante em diversas áreas, com realce para a produção de novos medicamentos. A nossa percepção sensorial (ex: olfacto, paladar) é também ela própria bastante afectada pela estrutura tridimensional das moléculas. Alguns exemplos de estereoisómeros com actividade biológica diferente:



Com esta apresentação demonstra-se que a quiralidade está presente no nosso dia-a-dia e que nos influencia mais do que poderíamos pensar!

Experiências no Laboratório

Módulo I – Química e Engenharia Química

Neste módulo apresentam-se experiências e demonstrações que pretendem mostrar, de forma colorida e aromática e sempre com um grande carácter lúdico, alguns aspectos fundamentais da Química como Ciência essencial para explicar o Mundo que nos rodeia bem como esta Ciência pode ser colocada em acção para desenvolver processos e produtos de interesse prático.

Esperamos que, depois de se participar nestes Laboratórios Abertos, se fique com a noção que a Química enquanto Ciência Fundamental, e a Engenharia Química, enquanto a sua aplicação, que facultam muito do bem estar de que gozamos na Sociedade Moderna e que podem desenvolver as soluções que precisamos para um Desenvolvimento Sustentado.

Luz e Cor... Talvez Química

Sílvia Chaves

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

A cor é definida em função do modo como o olho humano interpreta a emissão de luz proveniente de um objecto, que foi previamente irradiado por uma fonte luminosa, e corresponde à parte do espectro electromagnético que é visível. O olho humano é constituído por um mecanismo complexo, desenvolvido para a percepção de luz e cor. É composto basicamente por uma lente e por uma superfície fotossensível que pode ser comparada a uma câmara fotográfica. As cores percebidas pelo olho humano dividem-se em três tipos: temos cones (células foto-receptoras) sensíveis a azuis e violetas (A), verdes e amarelos (V) e encarnados e laranjas (E). Esses cones estão distribuídos sobre a retina de forma heterogénea, sendo 94% do tipo V e E e somente 6% do tipo A. Esta aparente distorção é, de facto, consequência de um processo evolutivo já que é uma característica dos primatas enquanto os restantes mamíferos só têm dois tipos de cones. O terceiro cone que desenvolvemos, além de dar mais informação sobre as cores, traduz-se fundamentalmente numa melhoria da percepção dos contrastes.

É, pois, devido a esta capacidade de percepção da luz e da cor que em “Luz e cor...talvez Química” será possível observar/interpretar diferentes ensaios coloridos que ilustram reacções químicas de ácido-base, de complexação, de precipitação ou redox bem como vários fenómenos em câmara escura que envolvem a emissão de luz por parte de diferentes substâncias, tendo por base um fenómeno físico ou químico.

Este tópico inclui as seguintes experiências:

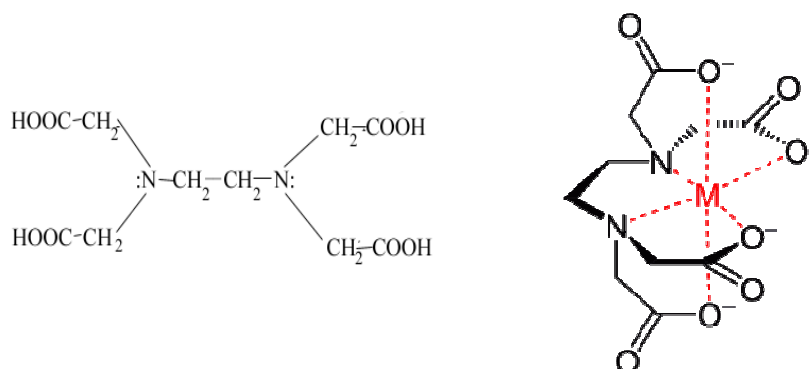
- À caça dos metais – os indicadores metalocrómicos
- Camaleão químico
- Identificação de ferro no leite enriquecido
- Incineração do PVC
- Experiências em câmara escura

À caça dos metais - os indicadores metalocrómicos

Uma reacção de complexação consiste numa reacção química entre um ião metálico (M) e um composto (L), também chamado de ligando ou complexante, que dá origem a um composto de coordenação denominado complexo metálico (ML):



Os ligandos são compostos doadores de electrões que se ligam aos iões metálicos, deste modo formando complexos. Um complexante largamente utilizado, tanto em análise química como bioquímica, medicina, diversas indústrias e tratamento de efluentes, é o EDTA, visto ser um composto fácil de obter puro e formar complexos de elevada estabilidade com a maior parte dos metais. O EDTA (abreviatura de ácido etilenodiamino tetraacético) é um ligando polidentado que se coordena aos iões metálicos através dos seus átomos de azoto e de alguns dos átomos de oxigénio, originando, por isso, complexos extremamente fortes.



As reacções de complexação têm sido usadas quer com objectivos qualitativos (reconhecer um dado metal em solução devido ao aparecimento de uma cor característica) ou com fins quantitativos (doseamento da espécie por comparação das intensidades de cor obtidas ou por titulação complexométrica).

Em geral, numa titulação complexométrica directa, tem-se na bureta a solução de complexante e no copo de titulação a solução a titular, com o ião metálico em causa. No entanto, para detectar o ponto de equivalência da titulação, em que o complexo está completamente formado, ou seja, o ponto em que a quantidade de complexante adicionado é igual à de ião metálico a dosear, partindo do princípio que se forma um complexo 1:1 (M/L), é necessário adicionar um indicador metalocrómico à solução contida no copo de titulação. Os indicadores metalocrómicos (**Ind**) são compostos orgânicos capazes de formarem complexos (**MInd**) com determinados iões metálicos (M) e que apresentam cores distintas na forma complexada e livre.

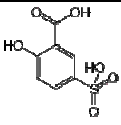
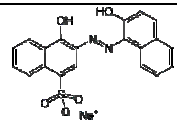
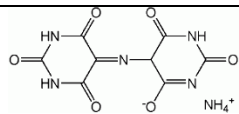


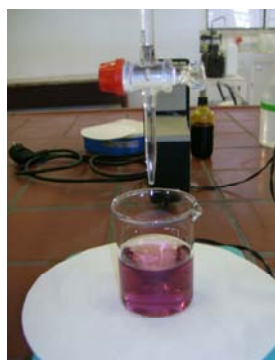
Por sua vez, estes indicadores também têm, em geral, comportamento ácido-base, podendo apresentar cores diversas consoante o número de protões que adquirem. Sendo assim, uma boa detecção do ponto de equivalência numa titulação complexométrica exige, para além de uma reacção de complexação rápida, que o complexo **MInd** tenha cor distinta da forma livre **Ind** do indicador ao pH em que é feita a titulação. Deste modo, no início da titulação a cor que aparece corresponde à da forma **MInd**, porque ainda não foi adicionado qualquer

complexante L ao ião metálico (M), e no ponto de equivalência a cor obtida é a correspondente a **Ind** visto que todo o ião metálico M se ligou ao complexante L para dar o complexo ML. Para isto funcionar desta maneira, o complexo do metal com o indicador (**MInd**) deve ser menos estável do que o complexo do metal com o titulante (ML), caso contrário o titulante não desloca o indicador do metal no ponto de equivalência.



Em “À caça dos metais” são apresentadas três titulações complexométricas para titular ferro, cálcio e cobre, usando como indicadores metalocrômicos ácido sulfossalicílico, calcon e murexida, respectivamente.

Indicador	Estrutura	Mudança de cor	pH	Metal detectado
Ácido sulfossalicílico		Vermelho → Incolor	2	Fe
Calcon		Rosa → Azul	12	Ca
Murexida		Amarelo → Violeta	10	Cu



a)



b)

Titulação complexométrica do ferro com EDTA usando o indicador ácido sulfossalicílico: a) antes do ponto de equivalência; b) no ponto de equivalência.

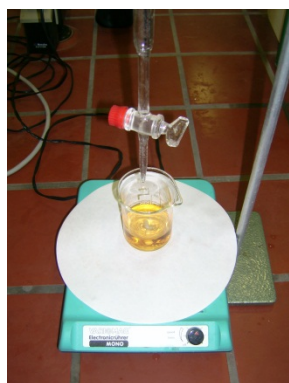


a)



b)

Titulação complexométrica do cálcio com EDTA usando o indicador calcon: a) antes do ponto de equivalência; b) no ponto de equivalência.



a)



b)

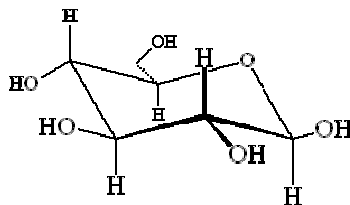
Titulação complexométrica do cobre com EDTA usando o indicador murexida: a) antes do ponto de equivalência; b) no ponto de equivalência.

Se bem que haja defensores e oponentes relativamente ao uso de complexantes em terapia de quelação, esta tem sido utilizada para resolver situações de intoxicação por metais (alumínio, chumbo, mercúrio), sendo importante não só a escolha do quelante adequado (o EDTA é um dos mais usados) bem como do seu processo de administração (via oral, endovenosa, intramuscular). Com efeito, são apontados riscos à terapia de quelação tais como a possível remoção de oligoelementos (ex: zinco, ferro, cobre) do corpo além da possibilidade de ocorrência de infecções fúngicas ou bacterianas no intestino, geralmente ultrapassados por suplementação mineral, protecção intestinal ou mudança do complexante utilizado.

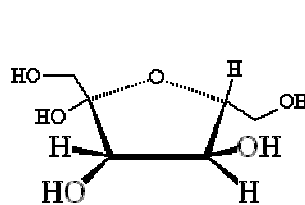


Camaleão químico

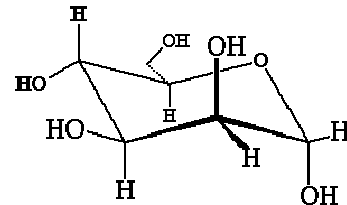
O que é o açúcar? Depende da definição usada...No dia-a-dia chama-se “açúcar” a uns cristais brancos usados para adoçar e, nesse caso, referimo-nos à sacarose. No entanto, em termos científicos, açúcar significa qualquer monossacárido (também chamado açúcar simples), dissacarídeo (2 unidades açúcar por molécula) ou polissacárido (várias unidades açúcar por molécula). Em 1888, Emil Fischer descobriu os 3 açúcares monossacáridos glucose, frutose e manose e obteve o prémio Nobel da Química em 1902 pelos seus estudos com açúcares.



Glucose

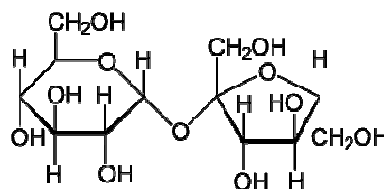


Frutose



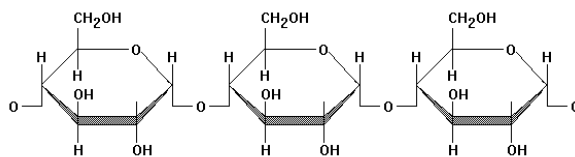
Manose

A sacarose, contudo, é um dissacarídeo, formado por condensação da glucose e da frutose. A reacção inversa, a hidrólise da sacarose, origina glucose e frutose e é conseguida pelas abelhas através do uso da enzima invertase.

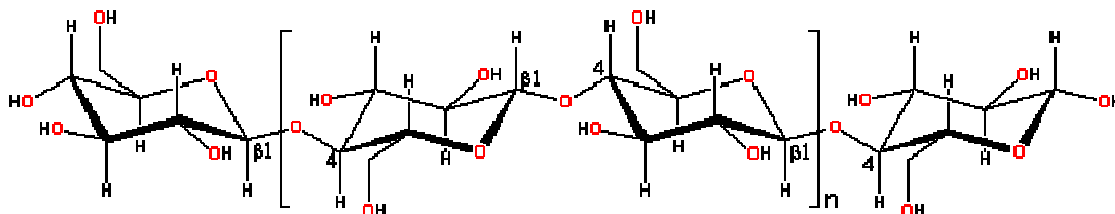


Sacarose

Exemplos de polissacáridos são o amido e a celulose.



Amido

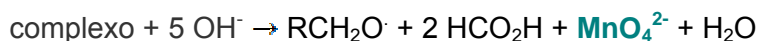
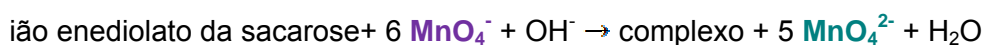


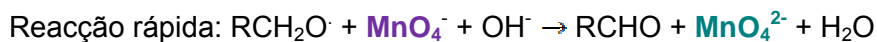
Celulose

Sendo os açúcares a principal fonte de energia dos seres vivos, e atendendo igualmente à sua importância biológica e económica, é fácil de entender o interesse na compreensão dos mecanismos de oxidação dos carboidratos. Com efeito, uma das principais categorias de reacções químicas são as chamadas reacções redox, em que existe transferência de electrões entre os reagentes. Apesar de algumas reacções na natureza parecerem bem distintas entre si, tais como a respiração, a fotossíntese, o metabolismo dos alimentos, a corrosão e a combustão, elas constituem, na realidade, exemplos de reacções redox.

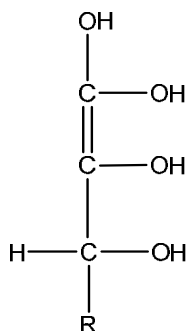
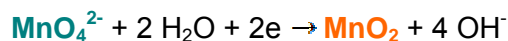
Em “camaleão químico” propõe-se a observação do aparecimento das sucessivas formas reduzidas do ião permanganato, como resultado da oxidação do açúcar (sacarose) por permanganato de potássio em meio básico. O permanganato de potássio (KMnO_4) é um agente oxidante poderoso utilizado em muitas reacções químicas em laboratório e na indústria, bem como no tratamento da água e até como desinfetante/desparasitante de pés. Ao juntar a uma solução concentrada de açúcar, em meio básico, uma solução de permanganato de potássio (KMnO_4), o permanganato é reduzido lentamente pelo açúcar em meio alcalino: começa por se obter uma coloração violeta (MnO_4^-), depois passa a verde (MnO_4^{2-}) e finalmente, por haver excesso de açúcar, fica vermelho-acastanhada devido à formação de MnO_2 , que não chega a precipitar se a solução de permanganato estiver suficientemente diluída.

Os diversos passos da reacção são os seguintes [1]:

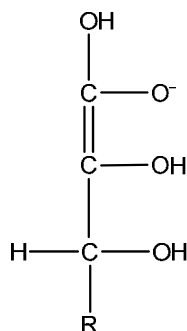




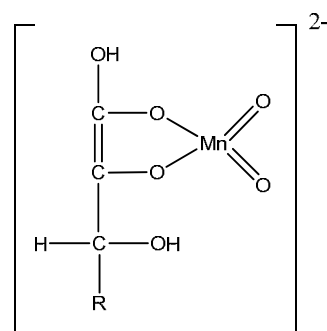
Quando há excesso de açúcar:



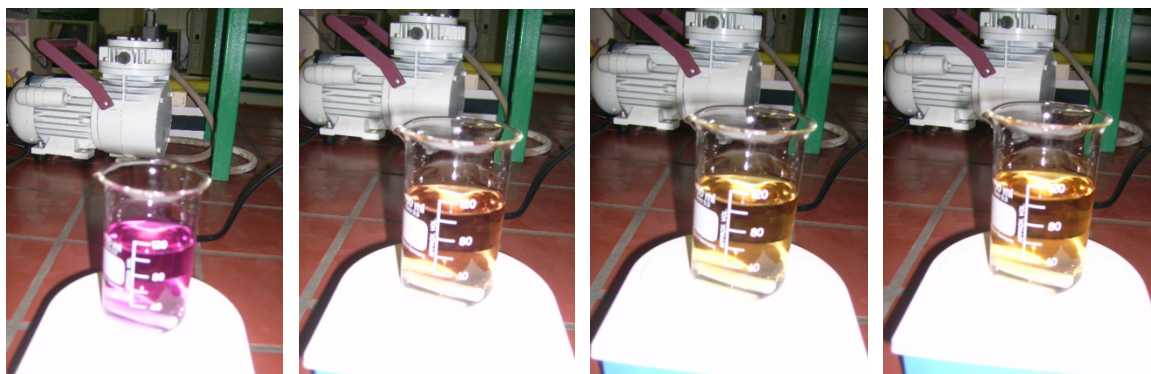
Enediol



Enediolato



Complexo



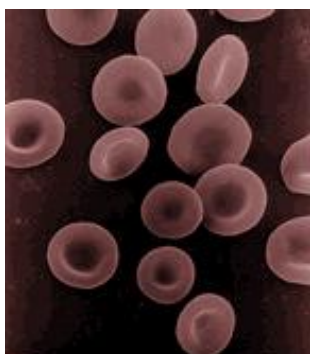
Identificação de ferro no leite enriquecido

Pode-se descrever o leite como uma emulsão de gorduras em água contendo proteínas, sais minerais e vitaminas a um pH de 6,5 - 6,7. O leite é uma fonte de cálcio e de vitamina A, sendo também encontrados na sua constituição outros elementos relacionados com problemas de deficiência em recém-nascidos tais como fósforo, zinco, ferro e cobre.

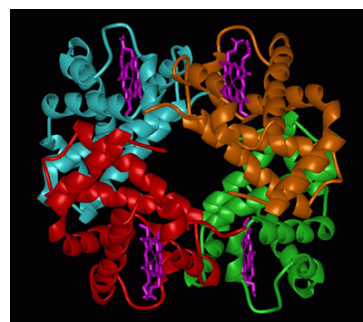
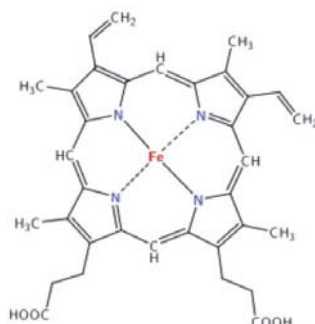
O leite é o alimento mais comum na dieta das crianças durante os seus dois primeiros anos de vida e mantém-se um alimento muito frequente até aos cinco anos. Desta forma, os programas de combate à desnutrição em crianças incluem o leite enriquecido de forma quase compulsiva, assim tentando eliminar deficiências em ferro e em vitamina A, existentes no grupo de maior vulnerabilidade (crianças de 6 a 23 meses).

O ferro está presente em algumas proteínas, mas a sua principal função está relacionada com o transporte, armazenamento e utilização do oxigénio molecular. Ele encontra-se nas hemácias, transmitindo a estas o tom colorido característico dos glóbulos vermelhos do

sangue. A hemoglobina das hemácias contém ião ferro na sua estrutura e serve como transportadora, sob a forma de oxihemoglobina, do oxigénio proveniente da respiração



Hemácias



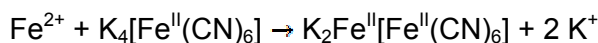
Hemoglobina

O ião ferro é ingerido pelo organismo e, após absorção intestinal, atinge a circulação. Através da glicoproteína transferrina, ele é transportado para a medula óssea e a porção não utilizada imediatamente é armazenada sob a forma de ferritina. A quantidade diária de ferro necessária a um adulto é de cerca de 12 mg.

São aqui apresentados dois testes qualitativos de identificação do ferro numa amostra de leite enriquecido. Em qualquer destes testes é adicionado ácido clorídrico (HCl) ao leite, o que permite a desnaturação das proteínas, tornando possível que o ferro passe para o seio da solução por hidrólise.

Teste A – Reacção com hexacianoferrato(II) de potássio

Na presença de hexacianoferrato(II) de potássio, obtém-se um precipitado, ou seja um produto sólido, de coloração azul intenso (azul da Prússia), devido à oxidação parcial do hexacianoferrato(II) de ferro e potássio ($K_2Fe^{II}[Fe^{II}(CN)_6]$) a hexacianoferrato(II) de ferro(III) ($Fe^{III}_4[Fe^{II}(CN)_6]_3$).



Teste B – Reacção com tiocianato de amónio

Na presença do anião tiocianato (SCN^-) obtém-se uma coloração vermelha devido ao complexo hexatiocianoferrato(III) ($Fe[Fe(SCN)_6]$).





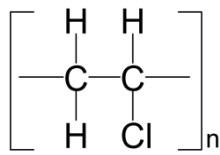
Incineração do PVC

Os plásticos constituem um dos materiais mais utilizados no nosso quotidiano, tendo os resíduos plásticos aumentado bastante e representando hoje em dia cerca de 25% do total de volume de resíduos sólidos. Os principais métodos de tratamento desses resíduos plásticos são a reciclagem, a combustão e o depósito em aterros sanitários.

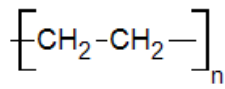


http://ec.europa.eu/environment/waste/publications/pdf/eufocus_pt.pdf

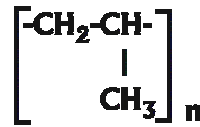
Em aterros sanitários, os filmes de policloreto de vinilo (PVC) são dos plásticos mais encontrados devido à sua ampla utilização em diversos produtos domésticos, no isolamento de fios eléctricos e na construção, sendo expectável que a sua produção atinja os 40 milhões de toneladas em 2016. Na realidade, o PVC é o 3º plástico mais produzido, depois do polietileno e do polipropileno.



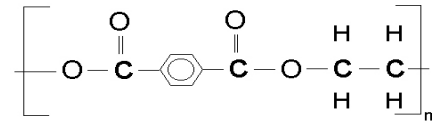
PVC



polietileno



polipropileno



PET

É interessante, ainda, salientar que o PVC é um material instável em relação ao calor e à luz e que se degrada a temperaturas relativamente baixas (aproximadamente 130 °C) com libertação de ácido clorídrico (HCl).

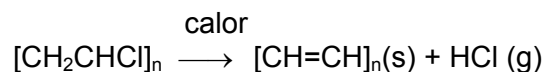
A emissão de HCl para a atmosfera vai contribuir para a formação de chuvas ácidas, um fenómeno decorrente da poluição causada pela emissão de óxidos e também de HCl libertado na combustão de polímeros clorados. As chuvas ácidas atingem a superfície terrestre fazendo variar o pH de ecossistemas como lagos e solos e interagindo directamente com os bioorganismos e raízes das plantas ou indirectamente provocando a libertação de iões metálicos tóxicos existentes nos solos, tais como alumínio, altamente tóxico para as árvores. As deposições ácidas podem ainda causar danos em edifícios históricos e monumentos expostos ao ar, especialmente os que são revestidos em calcário ou mármore. Finalmente, um dos problemas mais graves das chuvas ácidas é que estas podem ser transportadas através de grandes distâncias, vindo a ocorrer precipitação em locais onde não há queima de combustíveis, nomeadamente em áreas com grande impacto ecológico.



http://mundoamorrer.com.sapo.pt/chuva_acida.htm

Para além dos efeitos nefastos provocados pela sua acidez, o HCl promove também a redução das propriedades mecânicas de outros polímeros durante o processo de reciclagem. Por exemplo, o PVC presente na reciclagem de garrafas de politereftalato de etileno (PET) promove a quebra da cadeia polimérica deste último polímero, devido à presença de HCl libertado durante a reciclagem.

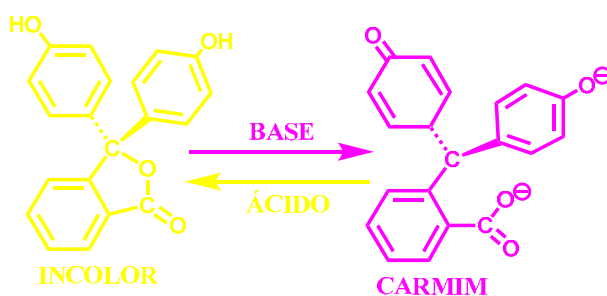
A incineração do PVC pode ser representada pela reacção:



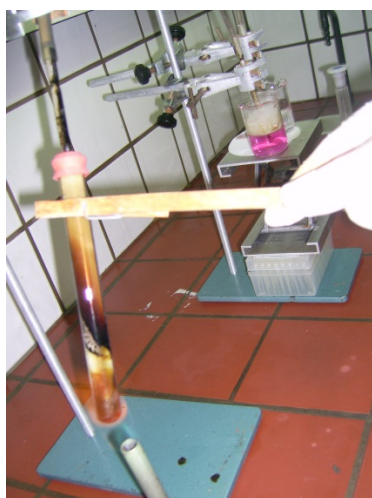
Na presença de oxigénio, a queima de PVC também produz dióxido de carbono, água e fuligem.

No presente trabalho faz-se uma demonstração experimental que ilustra a natureza ácida dos produtos de decomposição de um filme de PVC (os vapores libertados na combustão descoram uma solução alcalina de fenolftaleína) e comprova-se que o gás que se liberta é o HCl através do borbulhamento dos vapores numa solução de nitrato de prata (AgNO_3) com consequente turvação da solução por formação do precipitado branco de cloreto de prata (AgCl).

A fenolftaleína é um indicador ácido-base, ou seja, é um composto que tem a particularidade de apresentar cores diferentes em diversos estados de protonação: é incolor em soluções ácidas e carmim em soluções básicas, sendo a sua zona de viragem de cor a pH 8,3 -10.



Em meio básico são removidos os dois prótons dos grupos hidroxilo e o anel central (lactona) abre.



O cloreto de prata (AgCl) é um sólido branco de baixa solubilidade em água (um litro de água dissolve 0,000019 g de AgCl!). Em uma das reacções mais famosas da química adiciona-se nitrato de prata (AgNO₃, incolor) a cloreto de sódio (NaCl, incolor) resultando um precipitado branco de nitrato de prata (AgCl). Na presente experiência, é através desta reacção que se confirma a presença de HCl nos vapores libertados da combustão do filme de PVC.

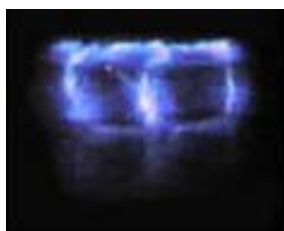


Experiências em câmara escura

Entre a grande variedade de fenómenos de luminescência existentes, são apresentados ensaios de triboluminescência (resultante da aplicação de forças mecânicas sobre um dado material), de fluorescência (incidência de radiação num composto com consequente emissão a um comprimento de onda maior) e de quimiluminescência (provocada por uma reacção química).



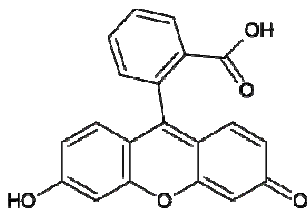
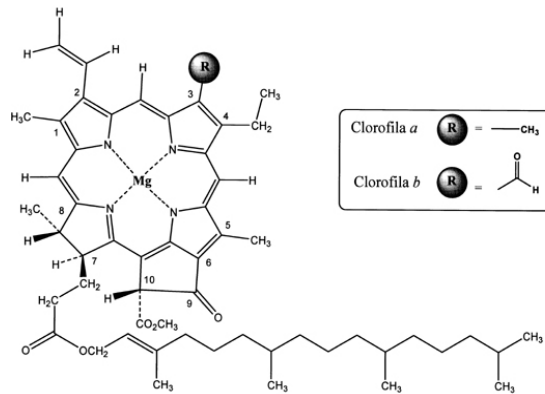
O fenómeno de triboluminescência é observado após a fricção de duas pedras de quartzo uma contra a outra, o que provoca a libertação de faíscas.



Em algumas marcas de rebuçados também é possível observar a triboluminescência do açúcar por esmagamento com um martelo ou por fricção com um alicate (ver vista de lado na figura).

<http://www.e-escola.pt/destaques.asp?id=69>

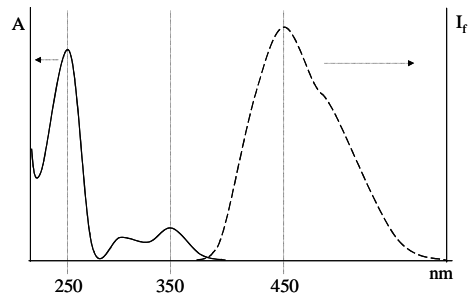
O fenómeno de fluorescência é observado após a incidência de luz proveniente de uma lâmpada de ultravioleta num frasco com extracto de clorofila (a solução verde passa a emitir no vermelho), ou num frasco com solução de fluoresceína (emissão de luz visível na zona do verde) ou ainda em mensagens previamente escritas em papel com água tônica e reveladas por baixo da lâmpada devido à fluorescência azul do quinino.



Fluoresceína



Quinino

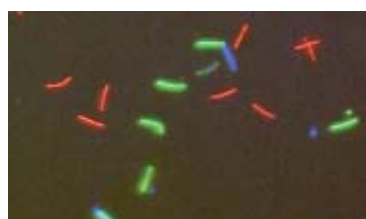
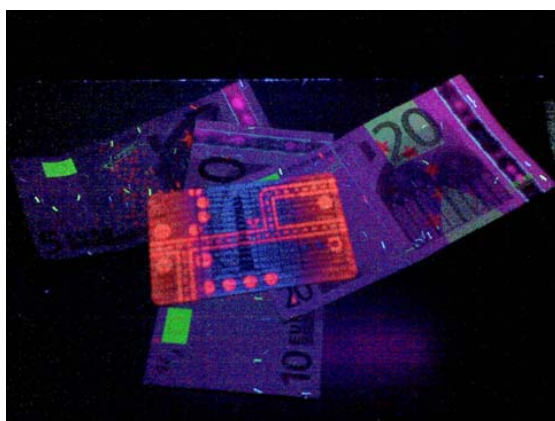


Espectro de absorção e de emissão de fluorescência de uma solução ácida de sulfato de quinino

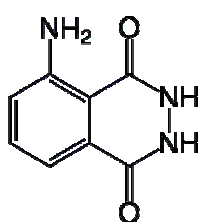


No caso do papel-moeda, dado que a segurança do papel é essencial para a produção de notas seguras, o papel das notas de euro apresenta características distintas das do papel comercial, tais como fibras de algodão, fibras fluorescente, gramagem de 85 g/m² e ainda

coloração variável, de acordo com a denominação. As fibras fluorescentes, além de formarem desenhos específicos, estão também dispostas aleatoriamente pela superfície da nota (frente e verso), só sendo visíveis quando o papel é exposto à luz ultravioleta e apresentando-se de cor verde, azul e vermelha. Este tipo de análise é usado em investigação criminal para verificação da validade do papel-moeda, cartas de condução ou de outros documentos.



A exemplificação de um fenómeno de quimiluminescência é feita através da reacção de oxidação do luminol. Na presença de água oxigenada forma-se um composto que contém electrões num estado excitado de energia e quando há relaxação para o estado de energia fundamental dá-se lentamente uma emissão de luz azul.



http://2.bp.blogspot.com/_bWTIJ_k6iAA/S6a2fLzp_1/AAAAAAAAAHM/TmCGbyiF5nY/s1600-h/Luminol+Shoe+prints.jpg

Quando essa mistura de luminol com água oxigenada entra em contacto com o sangue humano, utiliza o ferro presente na hemoglobina como agente catalisador, que acelera a reacção. Esta reacção é, por isso, muito usada pela polícia científica quando necessita de averiguar se há vestígios de sangue em roupas, objectos ou lugares.

Bibliografia

[1] E.O. Odebunmi, S.O. Owalude, J. Iran. Chem. Soc. 5 (2008) 623-630.

Técnicas e experiências de Química Orgânica

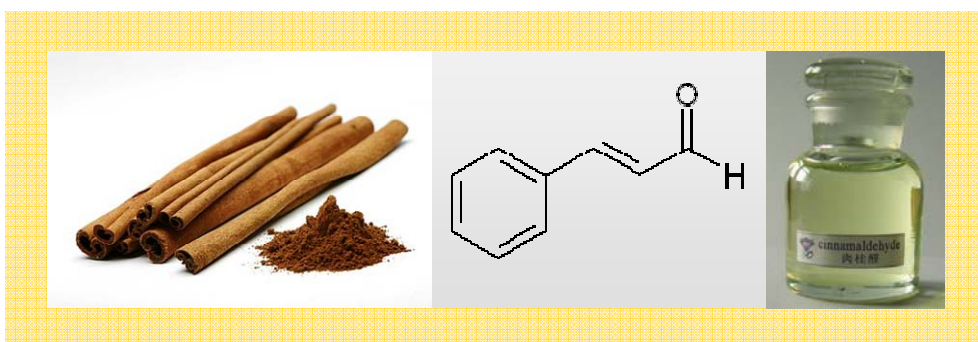
Dulce Elisabete Bornes Teixeira Pereira Simão

Centro de Química Estrutural, Departamento de Engenharia Química e Biológica, 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. Existe por esta razão uma enorme variedade de compostos orgânicos. Estes podem ser obtidos a partir de produtos naturais por extracção, ou a partir de outros produtos químicos por reacção, conhecida como síntese orgânica. O prémio Nobel da Química foi este ano atribuído a três professores devido à investigação realizada na área da síntese orgânica, mais concretamente a reacções entre compostos orgânicos catalisadas pelo paládio, de modo a formar ligações carbono-carbono. A síntese orgânica tem como objectivo a obtenção de novas moléculas, úteis no desenvolvimento de novos materiais, fármacos e outras moléculas biologicamente activas. Neste módulo pretende-se mostrar como se extraem, sintetizam, purificam e analisam compostos orgânicos recorrendo às principais operações unitárias usuais num laboratório de Química Orgânica.

Extracção do cinamaldeído a partir da canela

O cinamaldeído é um composto orgânico existente na canela e é responsável pelo seu característico aroma. O isolamento de compostos naturais é extremamente importante em várias áreas da actividade económica, como por exemplo a indústria agro-alimentar e farmacêutica. O cinamaldeído pode ser extraído através de dois métodos, por destilação por arrastamento de vapor ou por extracção contínua em soxhlet.



Nesta experiência mostra-se como isolar um composto orgânico natural, o cinamaldeído a partir de um alimento¹. Demonstram-se os dois métodos possíveis: A destilação por arrastamento de vapor (Figura 1), onde o cinamaldeído é destilado juntamente com a água. Como são imiscíveis podem ser separados numa ampola de decantação (Figura 2).



Figura 1 - Destilação por arrastamento de vapor da canela (Foto de Filipe Rego, MEQ, 2º ano)

Figura 2 - Separação do cinamaldeído, (Foto de Ana Braz/ Filipa Ribeiro, MEB, 2º ano)

O segundo método consiste numa extracção contínua em soxhlet (Figura 3) com um solvente orgânico, o diclorometano.

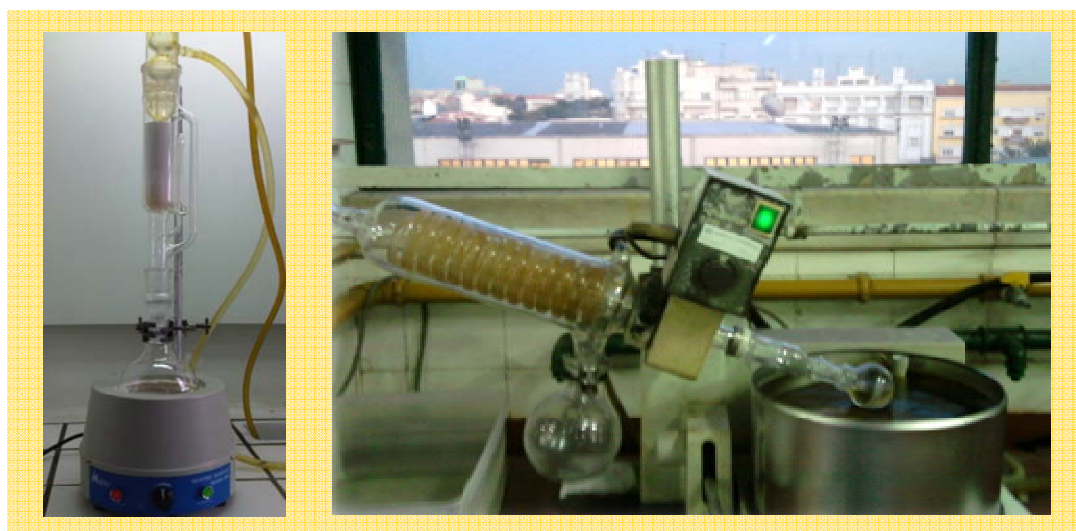


Figura 3 - Extracção do cinamaldeído em soxhlet, (Foto de Ana Braz/Filipa Ribeiro MEB, 2º ano)

Figura 4 - Destilação num evaporador rotativo (Foto de Ana Marques, MEQ, 3º ano)



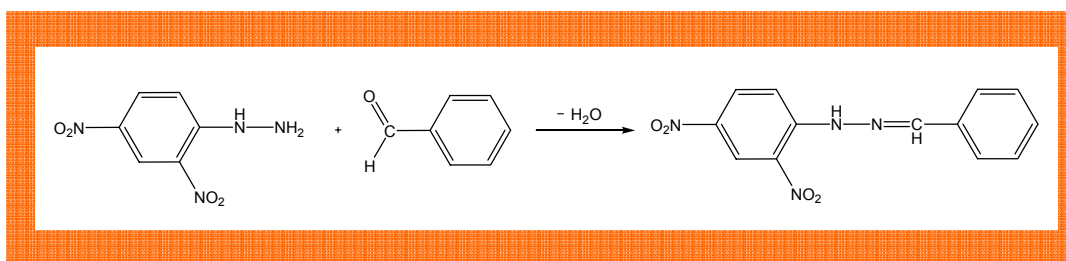
Em seguida, este solvente é removido (destilado) recorrendo a um evaporador rotativo (Figura 4). Deste modo obtém-se o chamado extracto que consiste no cinamaldeído além de outras substâncias em menor quantidade. Estes compostos podem ser separados através de cromatografia em coluna (Figura 5) tendo em conta as diferentes polaridades destas substâncias.

Figura 5 – colunas de cromatografia para separação do cinamaldeído das outras substâncias.

[1] Pavia, Introduction to Organic Laboratory Techniques Contemporary Approach, Saunders College Publishing, 2^a Ed., 1982.

Síntese de um corante laranja (fenil-hidrazona)

Nesta experiência, mostra-se como se sintetiza um composto orgânico. Os aldeídos e cetonas reagem com a hidrazina e seus derivados originando as correspondentes hidrazonas com pontos de fusão muito bem definidos. Este é então um teste clássico para identificação de grupos carbonilo (C=O). Por exemplo é feita esta reacção para determinar aldeídos no fumo do tabaco. Serve também para caracterizar açúcares pois dão origem a sólidos cristalinos de pontos de fusão característicos. São igualmente conhecidas hidrazonas com actividade antibacteriana e antibiótica e devido à sua forte coloração, (do amarelo ao vermelho) são também utilizadas como corantes. Os reagentes desta reacção são a 2,4-dinitrofenil-hidrazina e o benzaldeído. Depois de se adicionarem os reagentes, passados alguns segundos, observa-se a precipitação da fenil-hidrazona², cor de laranja, que é isolada por filtração em vácuo (Figura 6).



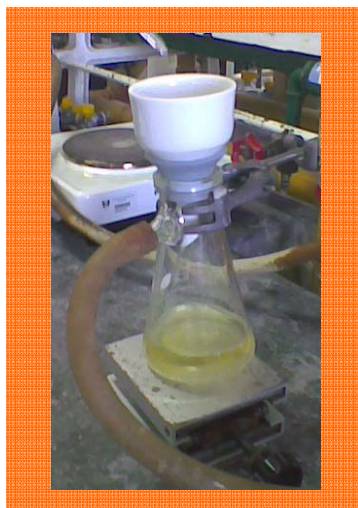


Figura 6 – Filtração em vácuo
(Foto de Inês Pinto, MEB, 3º ano)

[2] A.I. Vogel, Vogel's Textbook of Practical Organic Chemistry, Longman Scientific and Technical, 5ª Ed. 1989, 1257.

Purificação da fenacetina (analgésico) por recristalização

A fenacetina é um analgésico que é obtido facilmente a partir da p-hidroxiacetanilida, mais conhecido por paracetamol, constituinte activo do “ben-u-ron”. A fenacetina é menos potente como antipirético e além disso verificou-se que a sua administração em grandes doses podia levar a perturbações do fígado e dos rins e podia induzir o cancro quando tomada por via oral. Por esse facto foi retirada do mercado em 1981. É um sólido que, quando puro se apresenta sob a forma de cristais cor-de-rosa muito claros (Figura 7).

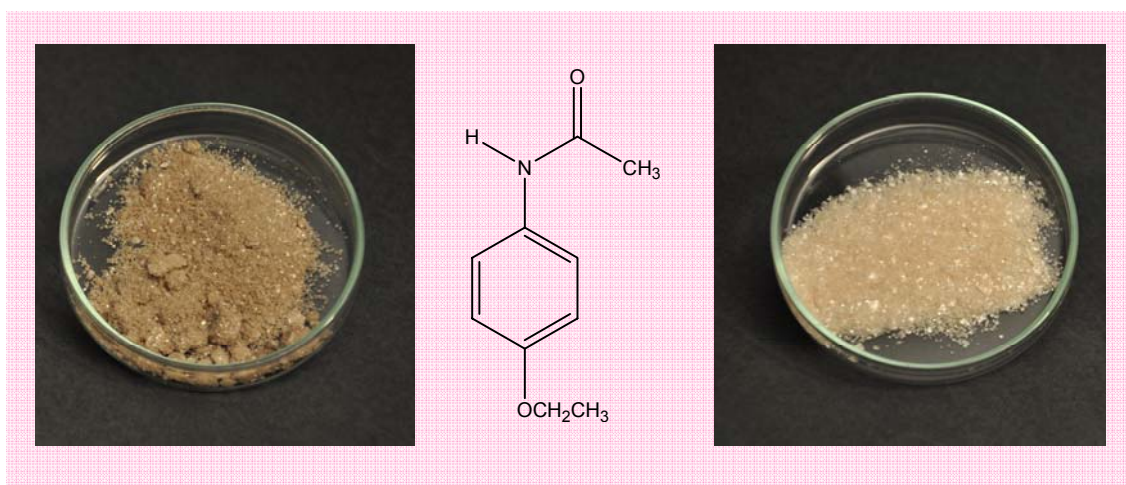


Figura 7 – Fenacetina impura (mais escura) e pura (cor-de-rosa clara)

O principal método de purificação deste composto bem como de qualquer sólido é a recristalização (Figura 8)³, que consiste na dissolução do composto a purificar no mínimo de

um solvente adequado a quente, filtração a quente para separação das impurezas insolúveis e arrefecimento da solução com a cristalização do composto mais puro, que é no final filtrado sob vácuo.

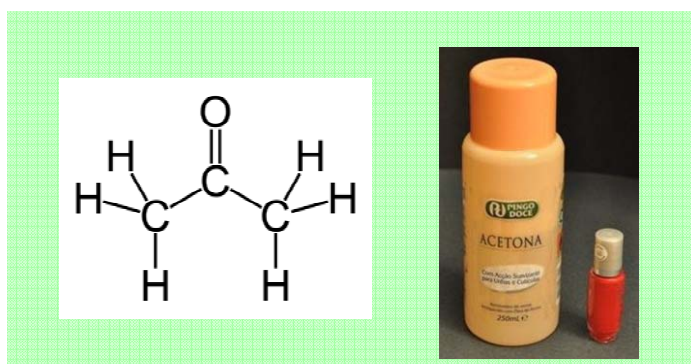


Figura 8 – Recristalização da fenacetina em água (Fotos de Ana Rita/Rita, MEB, 2º ano)

3 - A.I. Vogel, Vogel's Textbook of Practical Organic Chemistry, Longman Scientific and Technical, 5ª Ed. 1989, 135.

Purificação da acetona

A acetona é muito utilizada para remover o verniz das unhas por ser um bom solvente. Por esse motivo é também muito utilizada no laboratório. A acetona que é utilizada em reacções, extracções e purificações, pode ser recuperada, mas contém impurezas. No entanto ela pode ser de novo utilizada se for purificada, para isso recorre-se a uma destilação fraccionada (Figura 9) onde se separa a acetona de outras substâncias com pontos de ebulição diferentes⁴.



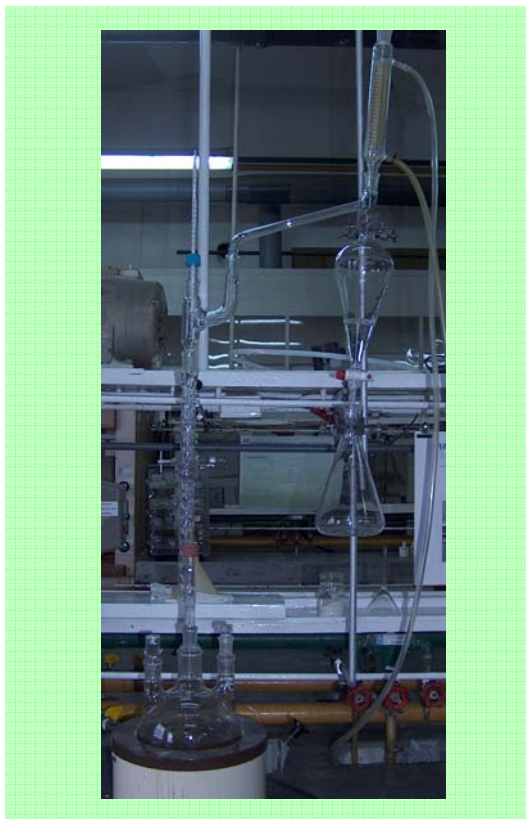


Figura 9 – Destilação fraccionada da acetona.

[4] Organikum, Química Orgânica Experimental, Fundação Calouste Gulbenkian, 2ª Ed. 1997, 57.

Caracterização de compostos orgânicos

Depois de obtidos os compostos orgânicos, quer por extracção de produtos naturais quer por reacção, é necessário caracterizá-los para identificação e análise da sua pureza. No caso de compostos sólidos mede-se o ponto de fusão num aparelho como na figura 10 a), no caso dos compostos líquidos mede-se o índice de refração num refractómetro de Abbé (Figura 10b). Quando temos compostos que são opticamente activos podemos medir o poder rotatório óptico num polarímetro (Figura 10c). Além da medição destas propriedades físicas é também extremamente utilizada a caracterização espectroscópica que está relacionada com absorção de energia de uma radiação electromagnética das moléculas, como por exemplo a espectroscopia de infra-vermelho, de ressonância nuclear e a espectrometria de massa.

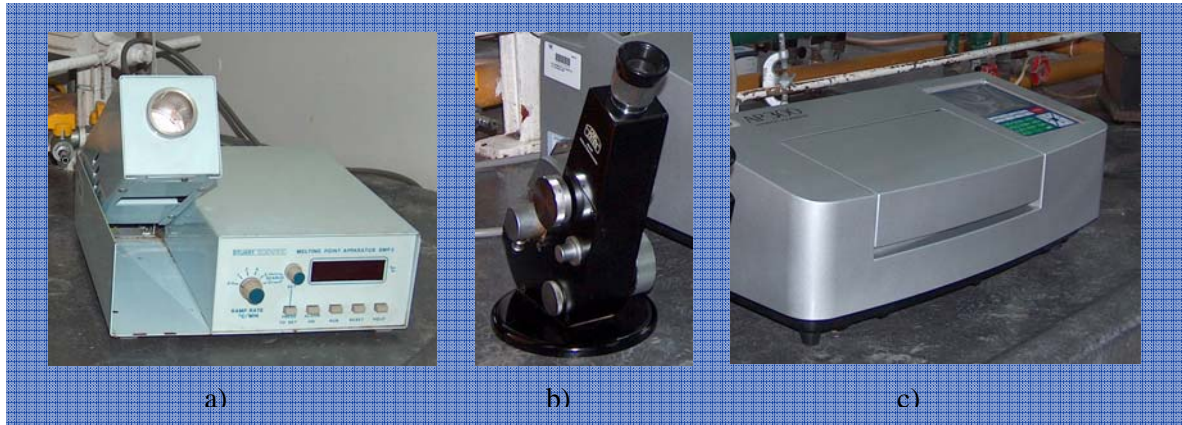


Figura 10 – a) Medidor de pontos de fusão; b) Refractómetro de Abbé; c) Polarímetro.

Ultrafiltração – processo de separação por membrana

Fátima Rosa

Centro de Processos Químicos, Departamento de Engenharia Química e Biológica, Instituto Superior Técnico, Av. Rovisco Pais 1, 1049-001 Lisboa.

A filtração por membrana é uma das modernas tecnologias utilizadas para a clarificação, concentração e separação de componentes, dessalinização e purificação de uma grande variedade de bebidas. É também aplicada com o objectivo de melhorar a segurança alimentar dos produtos, pois reduz a contaminação microbiana e elimina substâncias indesejáveis, dispensando assim o recurso a tratamentos térmicos.

Esta técnica utiliza uma barreira física sob a forma de membrana porosa ou filtro para separar as partículas num fluido, como pode ver-se na Figura 1. Estas partículas são separadas com base no seu tamanho e forma, utilizando o efeito da pressão e membranas especialmente desenhadas para o efeito, com poros de diferentes diâmetros.

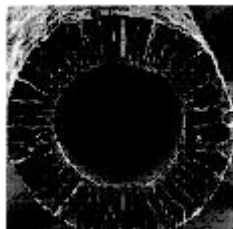


Figura – 1 Membrana de ultrafiltração

Embora haja diferentes métodos de filtração por membrana (osmose inversa, nanofiltração, ultrafiltração e microfiltração, em ordem crescente relativamente ao diâmetro dos poros da membrana), todos eles visam a separação ou concentração de substâncias num líquido.

A ultrafiltração é um processo intermédio no que refere ao tamanho dos poros, retendo tipicamente moléculas com massa molar entre 500 e 500 000 Daltons.

A ultrafiltração do leite representa a primeira verdadeira inovação na história da confecção do queijo, oferecendo vantagens consideráveis^{1,2}. Durante o processo de fabrico de queijo, alguns dos nutrientes presentes no leite são perdidos no soro (hidratos de carbono, vitaminas solúveis e minerais). A ultrafiltração revelou-se um meio eficaz para recuperar estes subprodutos, que podem ser utilizados posteriormente para desenvolver outros produtos alimentares.

Também no tratamento de efluentes a aplicação da técnica de ultrafiltração tem sido amplamente utilizada, não só evitando contaminações de diversa ordem, nomeadamente ambientais, mas também com o objectivo de recuperação de compostos presentes na corrente descarregada, para possível reutilização.

As águas residuais da indústria têxtil, dado o alto teor de corantes que normalmente apresentam, proporcionam um exemplo representativo. Muitos destes efluentes e seus subprodutos, para além da toxicidade para o Homem, podem também, sem o devido tratamento, ser altamente prejudiciais para a fauna e flora aquáticas. A eliminação ou diminuição destes impactos para níveis seguros, permitindo a reutilização da água, tornam estes processos de separação com membranas de grande utilidade.

Na ultrafiltração, a força que promove o transporte é a pressão que actua sobre a solução de alimentação, fazendo-a passar tangencialmente sobre a membrana de ultrafiltração. As macromoléculas são retidas enquanto o solvente passa livremente. A solução de alimentação dá origem a duas correntes, sendo uma designada por rejeitado, constituída pelos solutos que ficam retidos na membrana e outra, designada por permeado, que é constituída pelo solvente, como pode ver-se na foto seguinte de uma mini instalação piloto.



Suporte com membrana ultrafiltração

Permeado

Solução de alimentação

Polímeros superabsorventes biodegradáveis

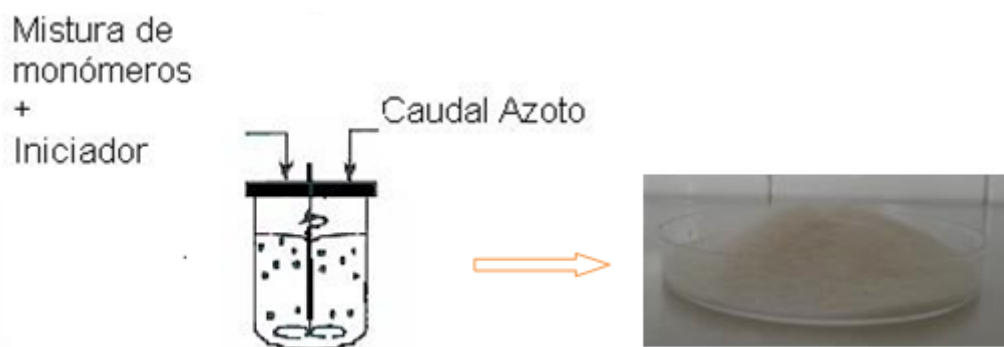
Fátima Rosa

Centro de Processos Químicos, Departamento de Engenharia Química e Biológica, Instituto Superior Técnico, Av. Rovisco Pais 1, 1049-001 Lisboa.

Ao longo dos últimos anos as questões ambientais têm vindo a ganhar cada vez mais relevância no decurso dos processos produtivos, assim como na introdução de novos materiais. O desenvolvimento de polímeros superabsorventes biodegradáveis com propriedades semelhantes aos convencionais é exemplo desta preocupação com a contaminação ambiental.

Este novo tipo de polímeros resulta de um processo de polimerização não linear. O fenómeno comum a todas as polimerizações não lineares é a formação de macromoléculas com uma estrutura ramificada que podem eventualmente converter-se numa rede infinita de monómeros.

Os polímeros superabsorventes biodegradáveis têm sido habitualmente produzidos pela polimerização de monómeros inócuos para o ambiente³, como por exemplo o amido e outros monómeros insaturados como acrilamida $\text{CH}_2=\text{CHCONH}_2$ e ácido 2-acrilamida-2-metilpropano sulfónico. Usando a técnica de polimerização radicalar e em atmosfera de azoto, o produto obtido é de aspecto granular branco como se pode observar na figura seguinte.



Estes polímeros possuem uma estrutura polimérica que facilita a sua degradação mais facilmente por microorganismos, o que em termos ambientais representa uma grande vantagem.

Os superabsorventes são polímeros com grande afinidade para a água, sendo capazes de absorver grandes quantidades de fluidos por alojamento entre as moléculas. Cada grama de polímero pode absorver cerca de 100 a 1000g de água.

Na figura abaixo, 2 g de polímero – foto da esquerda – absorveram 1 Litro de água originando o gel que se vê na foto da direita.



Os polímeros superabsorventes apresentam um vasto potencial de aplicações, encontrando-se muitas delas ainda em início de desenvolvimento⁴. Actualmente, a absorção de fluidos fisiológicos constitui a aplicação mais frequente, mas as possibilidades estendem-se por outras aplicações, nomeadamente na agricultura, para melhorar a capacidade de retenção da água pelo solo ou recuperar zonas desertificadas, no campo da medicina ou em processos de separação de soluções diluídas de materiais orgânicos ou biológicos, como por exemplo para remover a água do soro do queijo. Aplicam-se também em combustíveis para remover a água como contaminante ou no tratamento de efluentes, entre outras aplicações.

Bibliografia

- [1] A. Heino, J. Uusi-Rauva, M. Outinen, *LWT - Food Science and Technology*, 43 (2010) 640–646
- [2] S. Mondal, A. Cassano, F. Tasselli, S. De, *Journal of Membrane Science*, 331 (2009) 75-83
- [3] Z. Ma, Q. Li, Q. Yue, B. Gao, X. Xu, Q. Zhong, *Bioresource Technology*, 102 (2011) 2853–2858
- [4] M. J. Zohuriaan-Mehr, H. Omidian, S. Doroudiani, K. Kabiri, *Journal of Materials Science*, 45 (2010) 5711

Extracção líquido-líquido de cobre de um efluente industrial num sistema contínuo de decantadores misturadores em contracorrente

Jorge M.R. de Carvalho. Remígio M. Machado

Centro de Processos Químicos, Departamento de Engenharia Química e Biológica, Instituto Superior Técnico, Av. Rovisco Pais 1, 1049-001 Lisboa.

Processo ambientalmente sustentável

Experiência ilustrativa, de como é possível tratar um efluente industrial, tóxico para o meio ambiente, recuperando um a um os metais nele dissolvidos com posterior concentração, recuperação e utilização.

Experiência

Nesta experiência será realizada uma extracção selectiva Líquido Líquido de cobre um efluente contendo cobre(1g/L), zinco (1g/L), Ferro (II) (1g/L) com um solvente cujo componente activo designa-se comercialmente por Acorga P50

O sistema de extracção será constituído por uma bateria de cinco misturadores decantadores laboratoriais contínuos que vão operar em modo de contra corrente.

Um processo de extracção líquido-líquido está em contra corrente quando as fases orgânica e aquosa movimentam-se em sentidos opostos, tal como se ilustra na figura 1, onde se representa uma bateria de dois extractores /decantadores contínuos a funcionar em modo de contracorrente.

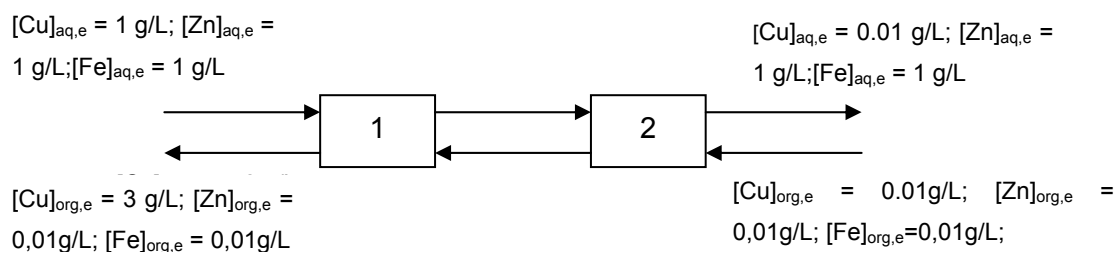


Figura 1- Diagrama de uma bateria de dois reactores de extracção líquido-líquido a operar em modo de contracorrente. $[M]_{aq}$ designa concentração de metal na fase aquosa, $[M]_{org}$ designa concentração de metal na fase orgânica.

O modo de contra corrente é muito utilizado nos processos de separação porque é aquele que permite baixar, de forma eficiente, para níveis perto do zero, o soluto a extrair.

A figura 2 mostra a bateria de reactores que se vai utilizar nesta experiência

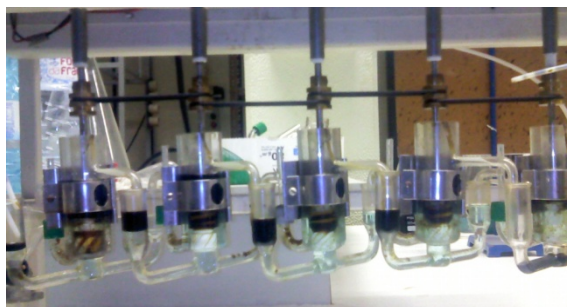


Figura 2- bateria de cinco reactores/decantadores de extracção líquido-líquido a operar em modo de contracorrente.

Cada unidade de vidro constitui um reactor, onde ocorre a transferência selectiva de cobre da fase aquosa para a fase orgânica e um decantador onde se separa a fase orgânica menos densa e a fase aquosa mais densa. A figura 3 mostra um reactor decantador em pormenor.

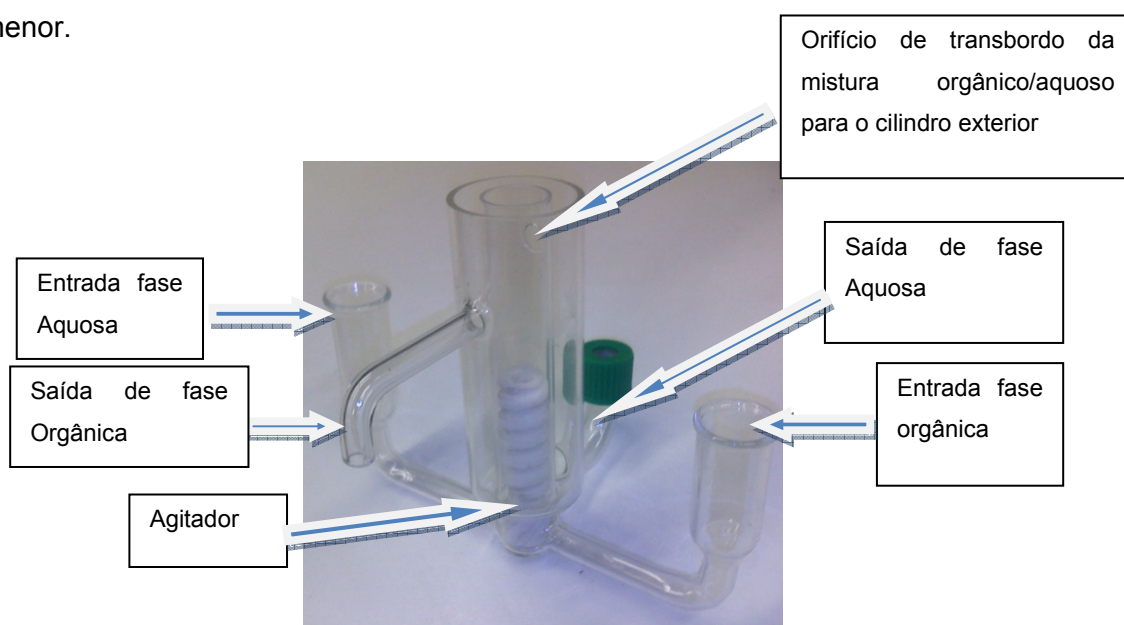


Figura 3- Reactor/decantador laboratorial em vidro de extracção líquido-líquido.

As fases aquosa e orgânica são alimentadas ao reactor através das duas tubuladuras inferiores laterais, as quais estão em contacto hidráulico com o cilindro interior. Neste cilindro actua um agitador que realiza a mistura e dispersão das fases. A secção superior do agitador realiza também a função de bomba transportadora e vai levantar a mistura orgânica/aquosa até ocorrer transbordo para o cilindro exterior. No cilindro exterior ocorre a separação de fases porque esse cilindro não está agitado e a fase orgânica é menos densa que a fase aquosa. Quando o nível da fase orgânica ultrapassa a tubuladura superior do decantador, esta transborda para o reactor imediatamente adjacente. De igual forma quando o nível da fase aquosa dentro do decantador cilíndrico ultrapassa um nível predeterminado esta transborda para a tubuladura de alimentação do reactor adjacente.

Resultados

A figura 3 mostra o resultado de aplicar esta tecnologia a um efluente contendo cobre(1g/L) Zinco (1g/L) e Ferro(II) (1g/L). A solução que se encontra no Erlenmeyer situado à esquerda da figura apresenta uma cor azul característica do cobre dissolvido em água. Após a aplicação da extracção líquido líquido a cor azul praticamente desaparece. Tal facto indica que a concentração de cobre no efluente baixou para níveis próximos de zero (<10 ppm). Como a separação é selectiva os restantes metais não foram extraídos.

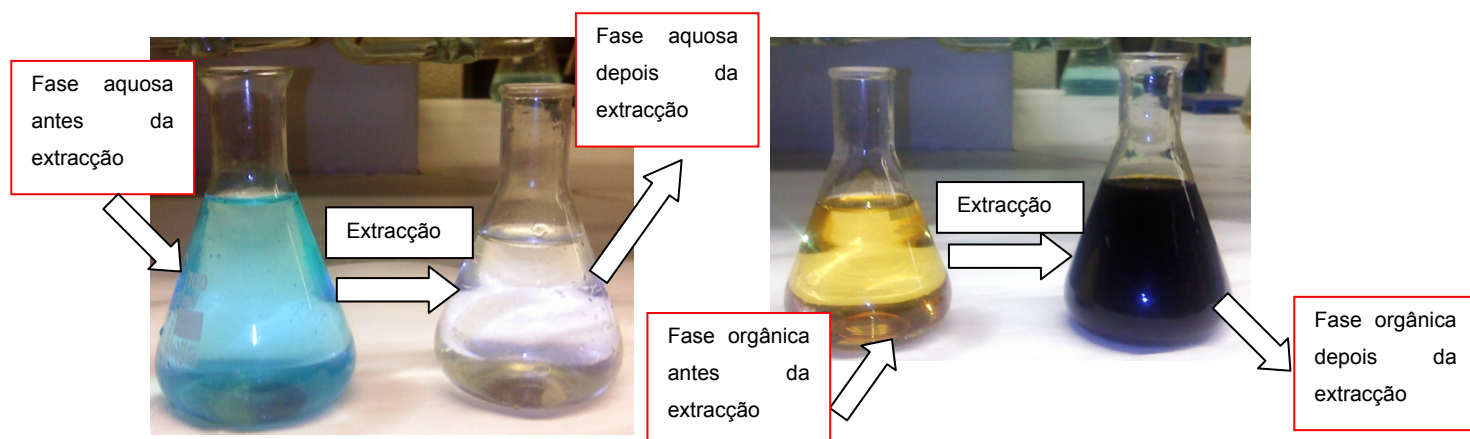


Figura 4-Alteração de cor na fase aquosa após extracção

Figura 5-Alteração de cor na fase orgânica após extracção

É interessante verificar o que acontece com a fase orgânica. O Erlenmeyer da esquerda contém o solvente antes da extracção, enquanto que o Erlenmeyer da direita apresenta a mesmo solvente à saída da bateria de extracção. Como se pode verificar o solvente à saída tem uma coloração muito mais escura, devido ao facto de o extractante formar um complexo castanho-escuro com o Cu^{2+} .

Bibliografia

M. Cox “**Liquid-liquid extraction in hydrometallurgy**” em Thornton, J. D., “**Science and practice of liquid-liquid extraction**”, Vol. 2, Oxford Clarendon Press, **1992**.

G.V. Jeffreys, G.A. Davies, “**Recent advances in liquid-liquid extraction**”, Ed. C. Hanson, Pergamon, **1971**.

M.T.A. Reis, O.M.F. Freitas, M.R.C. Ismael, J.M.R. Carvalho, “**Recovery of phenol from aqueous solutions using liquid membranes with Cyanex 923**”, *J. Membr. Sci.*, **305(1-2)**, p.313-324, **2007**.

G.M. Ritcey, A.W. Ashbrook, “**Solvent extraction principles and applications to process metallurgy**”, Vol. 2, Elsevier, Amsterdam, **1979**.

Vai e vem – uma experiência equilibrada

Marta Coelho, Maria Amélia Lemos, Cristina Gomes de Azevedo

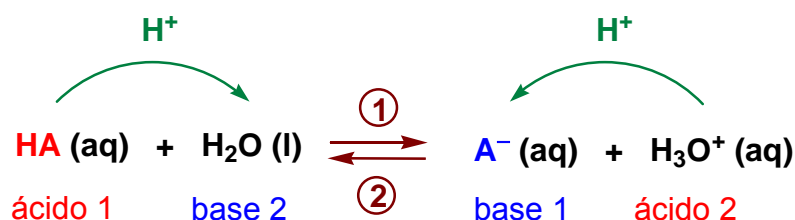
Departamento de Engenharia Química e Biológica, Instituto Superior Técnico, Av. Rovisco Pais 1, 1049-001 Lisboa.

O estudo do equilíbrio ácido-base inserido na extracção líquido-líquido é a proposta desta experiência.

Todos conhecemos do nosso quotidiano ácidos e bases. O vinagre (ácido acético), a aspirina (ácido acetilsalicílico) e a vitamina C (ácido ascórbico) são exemplos de ácidos nossos conhecidos. Associamos normalmente aos ácidos a ideia de serem corrosivos e no laboratório, quando os manipulamos, tomamos sempre precaução para não nos “queimarmos”. De entre eles salientamos o ácido clorídrico (HCl), o ácido sulfúrico (H₂SO₄) e o ácido nítrico (HNO₃). Quanto às bases a situação é paralela. As bases mais comuns no laboratório são o amoníaco em solução aquosa (NH₃), a solução aquosa de hidróxido de sódio (NaOH) e a solução aquosa de hidróxido de potássio (KOH), as duas últimas bastante cáusticas e que são utilizadas comercialmente na produção de detergentes. Tal como no caso dos ácidos nem todas as bases são agressivas. Um exemplo muito conhecido é a solução aquosa de hidróxido de cálcio (Ca(OH)₂) utilizada para combater a acidez dos solos ou a solução aquosa de hidróxido de magnésio (Mg(OH)₂) utilizada para lutar contra problemas de acidez no estômago.

Define-se um ácido como uma espécie que cede iões H⁺ e uma base uma espécie capaz de os receber. Assim, uma reacção ácido-base é uma reacção de transferência de protões entre duas espécies iónicas ou moleculares, originando um novo ácido e uma nova base:

Os pares HA/A⁻ e H₃O⁺/H₂O designam-se pares conjugados ácido-base.



Na realidade são poucas as reacções que se dão numa só direcção. A maioria das reacções é reversível em maior ou menor extensão. No início de um processo reversível, a reacção dá-se no sentido de formação dos produtos (sentido 1). Logo que se formam algumas moléculas de produtos dá-se início á reacção inversa, isto é, começam a formar-se moléculas de reagentes à custa dos produtos (sentido 2). Quando as velocidades das

reações directa e inversa forem iguais atingiu-se o equilíbrio químico. Assim, a equação anterior traduz o equilíbrio ácido – base em solução aquosa, que também se pode escrever:



Associada ao equilíbrio ácido-base esta experiência pretende exemplificar a extração líquido-líquido.

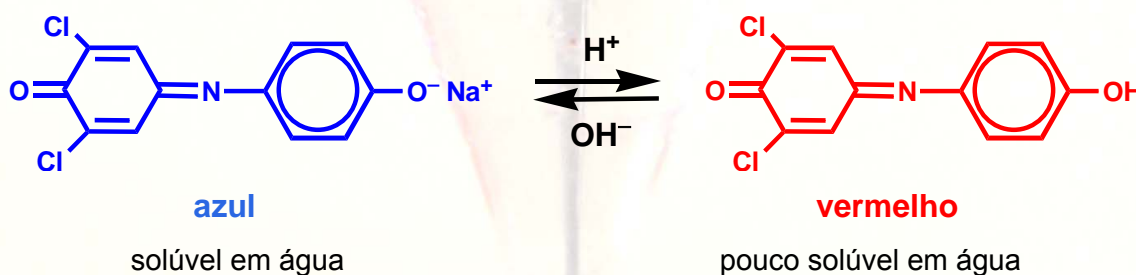
Pensando em processos industriais, onde esta técnica é muito utilizada, podemos definir a *Extração* como uma operação unitária integrada no conjunto das operações baseadas em transferência de massa. O mecanismo da extração baseia-se no equilíbrio líquido/líquido, por isso muitas vezes também é denominado Extração Líquido/Líquido (ELL) ou Extração por Solvente.

A extração líquido-líquido é uma operação unitária que consiste na distribuição (ou partição) de um ou mais solutos entre duas fases líquidas em contacto, nas quais é diferentemente solúvel. Essas duas fases chamam-se a fase aquosa e a fase orgânica. A extração líquido-líquido baseia-se na lei da partição: no equilíbrio, um soluto (que não esteja envolvido em outros processos químicos) reparte-se pelos dois solventes imiscíveis de modo que a razão das suas concentrações é sempre constante e independente do valor delas, só dependendo da temperatura a que se dá o equilíbrio.

Diz-se que se estabelece um equilíbrio em que a substância é partilhada entre a fase orgânica e a fase aquosa. A substância tem uma maior concentração na fase em que for mais solúvel. Quanto maior a diferença de solubilidades mais eficiente é a separação.

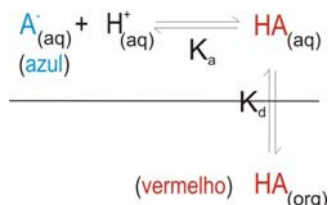
Vamos exemplificar o equilíbrio ácido base com o par conjugado ácido-base **2,6-dicloroindofenol/2,6-dicloroindofenolato** e a extração líquido/líquido no conjunto de solventes água/clorofórmio. O clorofórmio, por ser menos denso fica por cima da fase aquosa.

O 2,6-dicloroindofenol é um ácido orgânico pouco solúvel em meio aquoso, mas solúvel em solventes orgânicos, dando soluções vermelhas. Quanto está dissociado (por exemplo na forma 2,6-dicloroindofenolato de sódio) já é solúvel em água, dando soluções azuis. O equilíbrio químico envolvido é:

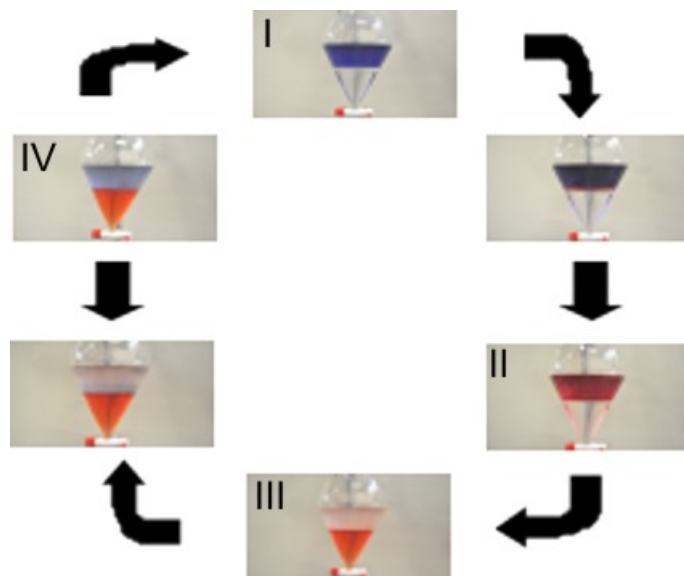


Dado que este equilíbrio envolve prótons, é possível deslocá-lo no sentido desejado, regulando o pH da fase aquosa.

O conjunto de equilíbrios que descrevem este processo de extracção pode ser visualizado na figura seguinte:



A sequência de passos do processo de extracção está ilustrada no esquema abaixo.



Quando se introduz o 2,6-dicloroindofenol na forma sódica na ampola de decantação contendo água e clorofórmio, este composto irá dissolver-se na fase aquosa, pois encontra-se na sua forma iónica, dissociada. Assim a fase aquosa apresentar-se-á azul, indicando que este composto se encontra predominantemente nesta fase (I).

Ao adicionar-se o ácido clorídrico, a fórmula molecular do composto (HA) é regenerada e a cor vermelha irá aparecer (II). Como a sua solubilidade é muito pequena em fase aquosa, mas elevada na fase orgânica, ao agitar a ampola promovendo contacto entre as duas fases o composto é extraído para a fase orgânica, aparecendo assim a cor vermelha na parte de baixo da ampola (III).

Ao adicionar novamente NaOH à ampola (IV), o processo repetir-se-á, mas é necessário assegurar um bom contacto entre as duas fases, pelo que num processo de extracção a agitação eficiente é fundamental.

Para mais informação, consultar:

T.R. Kelly, K.R. Williams, J. Chem. Ed., 70 (1993) 848.

Agita-me que... mudo de cor

Anabela Coelho, Francisco Lemos, Maria Amélia Lemos

Instituto de Biotecnologia e Bioengenharia, Departamento de Engenharia Química e Biológica, Instituto Superior Técnico, Av. Rovisco Pais 1, 1049-001 Lisboa.

Ao longo destas experiências são abordados, por um lado os conceitos da reacção oxidação-redução (também denominadas de reacções redox) e, por outro, o efeito da acção dos catalisadores (catálise).

Todos os seres vivos dependem de reacções químicas para sobreviverem. As reacções químicas envolvem a transformação de substâncias químicas em outras substâncias químicas diferentes. Para que essa transformação ocorra, é necessário que os reagentes (substâncias que sofrem as transformações) estejam em contacto uns com os outros, e que algumas ligações químicas entre átomos e moléculas desses reagentes sejam quebradas para que se formem novas ligações, que irão conduzir ao aparecimento das novas substâncias (os produtos).

Quando as substâncias reagem, ocorrem, por vezes efeitos macroscópicos bastante visíveis que confirmam a ocorrência de reacção químicas. De destacar: a libertação ou consumo de energia, produzindo luz, ou calor, a alteração da cor e/ou do cheiro, a formação de precipitados, entre outros. Embora estes fenómenos sejam observados do ponto de vista macroscópico, para os entender, precisamos de saber algo sobre o comportamento dos átomos e das moléculas, constituintes das substâncias intervenientes. E sendo, os átomos e moléculas muito pequenos, a interpretação de fenómenos observados leva-nos necessariamente ao mundo microscópico, ao nível das próprias moléculas.

No mundo que nos rodeia abundam processos que não são mais do que reacções químicas. Umas vezes felizmente, outras infelizmente, muitas dessas reacções químicas não ocorrem de forma rápida. Em muitos casos é, no entanto, possível aumentar a velocidade das reacções químicas, por exemplo, aumentando a temperatura da reacção ou recorrendo a um catalisador.

Os catalisadores são espécies que permitem aumentar a velocidade das reacções, sem serem consumidos de forma apreciável durante a reacção.

De entre os diferentes tipos de reacções químicas, encontram-se as reacções de oxidação-redução, ou reacções redox. Esta designação refere-se a um conjunto de reacções muito comum na nossa vida quotidiana, sendo disso exemplo a produção de corrente eléctrica pelas baterias, a combustão de combustíveis fósseis, a acção da lixívia, o enferrujar do ferro, assim como alguns processos vitais como a respiração e a digestão de alimentos.

Nestas reacções há transferência de electrões entre as espécies envolvidas, ocorrendo os processos de oxidação e de redução em simultâneo. Isto é, uma espécie ao ceder electrões à outra espécie, oxida-se enquanto que a espécie que recebe os electrões reduz-se. A espécie que se reduz designa-se por oxidante ou agente oxidante, enquanto que a espécie que se oxida designa-se por redutor ou agente redutor.

Para alguns tipos de reacções químicas existem indicadores químicos, os quais são substâncias que, quando adicionadas às soluções, nos permitem observar o desenvolvimento de uma reacção química. No caso das reacções de oxidação-redução, são denominados por indicadores redox, caracterizando-se pela mudança de cor consoante as suas moléculas estão no estado oxidado ou no estado reduzido. Um exemplo de um indicador redox é o azul de metileno.

Assim, as experiências que vos propomos são exemplos ilustrativos deste tipo de reacções, bem como de alguns dos aspectos importantes em qualquer reacção química. Estas experiências são genericamente conhecidas por experiências da “garrafa azul”, de que aqui apresentamos várias variantes.

Experiência 1) A Garrafa Azul

O balão que se encontra em cima da mesa está parcialmente preenchido com uma solução incolor. Ao agitar o balão, durante cerca de 20s, a solução adquire uma coloração azul. No entanto, se se voltar colocar o balão sobre a mesa e aguardar alguns instantes pode ver-se que a cor desaparece gradualmente à medida que a solução repousa. Agora, experimente agitar de novo a solução - O que aconteceu? A cor reapareceu. Este ciclo - incolor/azul/incolor, obtido pelo ciclo repouso, agitação e posterior repouso da solução, pode ser repetido várias vezes. Ficou curioso?...A mudança de cor está obviamente ligada à composição química da solução. Quais serão as condições necessárias para que as transformações ocorram? Parece que a solução no balão é sensível à agitação. Será? Para responder a estas e outras questões parecidas precisamos de saber algo sobre o comportamento dos constituintes da solução.

A solução que se encontra no balão contém azul de metileno (um indicador redox) e um açúcar – a glucose. Tanto o azul de metileno como a glucose podem-se oxidar. O azul de metileno pode oxidar-se, por contacto com o oxigénio dissolvido na solução, passando à sua forma oxidada, que apresenta uma coloração azul intensa. A glucose, por seu lado, pode reduzir o azul de metileno (oxidando-se ela própria) o qual regressa à sua forma incolor.

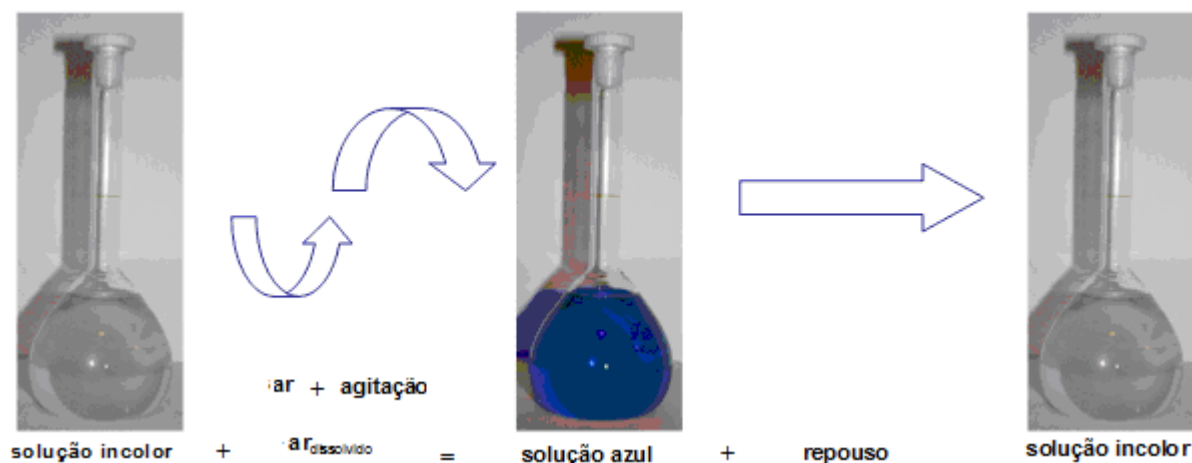
Assim, ao agitar o balão, o oxigénio disponível no ar atmosférico difunde-se na solução provocando uma oxidação do azul de metileno, o qual assume uma cor azul. No entanto, como vimos, o azul de metileno é reduzido pela glucose retomando o seu estado inicial,

incolor. Este ciclo de oxidação/redução do azul de metileno continua enquanto houver oxigénio dissolvido e glucose para oxidar.

Assim, quando a solução se encontra em repouso, a quantidade de oxigénio dissolvido é lentamente consumida. O azul de metileno, que entretanto se encontra oxidado, vai oxidar a glucose, voltando à sua forma reduzida, incolor, ficando a solução incolor logo que se consuma todo o oxigénio dissolvido.

Quando a solução for novamente agitada vai readquirir a coloração azul e este ciclo redox repete-se. A garrafa pode ser re-utilizada enquanto houver glucose por oxidar

É interessante olhar para a interface entre a solução e ar. A interface faz com que a solução contacte com o ar e o oxigénio do ar vai-se difundir lentamente para a solução, sendo rapidamente consumido pelo sistema azul de metileno/glucose, nunca atingindo o interior da solução. Este oxigénio que se difunde para a interface faz com que esta tenha um tom azulado.



Experiência 2) Garrafa rosa/roxa e garrafa amarela/verde

Estas duas outras variantes da “Garrafa Azul” têm exactamente o mesmo funcionamento que a anterior mas as cores observadas são alteradas por adição de outros corantes.

O que se observa:

- Uma garrafa contendo inicialmente uma solução amarela que após agitação ou depois de a solução ser vertida para um copo passa a adquirir a coloração verde e depois de colocada em repouso volta a adquirir cor amarela inicial;
- Uma garrafa contendo inicialmente uma solução rosa-carmim que após agitação ou depois de ser vertida para um copo passa a adquirir uma coloração roxa e depois de colocada em repouso volta à cor rosa-carmim inicial.

O princípio de explicação de tais observações, assenta no que foi discutido na experiência 1. Tal como na experiência anterior, existem no interior do balão, substâncias que são capazes de se oxidar e reduzir na presença de oxigénio - a glucose e o azul de metileno. As cores destas garrafas são modificadas com a adição de outras substâncias, ambas indicadores ácido-base. Estas substâncias são a fenolftaleína que se encontra na garrafa rosa e que em meio alcalino (básico) apresenta a cor rosa-carmim, e o vermelho de metilo que se encontra na garrafa amarela e que em meio alcalino apresenta a cor amarela. Temos assim, e relembrando os princípios da mistura de cores, que:

Cor do indicador ácido-base (em meio básico)		Cor do indicador redox azul de metileno		Cor final da Solução
Verm. de metilo	+	Forma oxidada azul	=	Verde
Amarelo	+	Forma reduzida incolor	=	Amarelo
Fenolftaleína	+	Forma oxidada azul	=	Roxo
Rosa-carmim	+	Forma reduzida incolor	=	Rosa-carmim

No caso da garrafa verde quando o líquido é agitado adquire um tom verde, dado que, como explicado anteriormente, a agitação da solução provoca a oxidação do azul de metileno, que nesta forma apresenta a cor azul. Como a solução contém também uma substância que em meio alcalino, apresenta sempre a cor amarelo, a cor que observamos será portanto o verde. O mesmo pode agora ser visto para o caso de se usar como indicador ácido-base a fenolftaleína, que acrescenta um tom rosa à solução, tom este que se vai misturar com o azul do azul de metileno quando a garrafa for agitada.

Para mais informação, consultar:

W. R. Vandaveer, M. Mosher, G. L. Gilbert, The Blue Bottle Revisited, J. Chem. Ed. 74 (4) (1997) 402.

Experiência 3) A garrafa “azul-esverdeada”

Esta solução que constitui uma variante da “Garrafa Azul” contém, para além do azul de metileno, ácido ascórbico (vitamina C) e um sal de cobre.

A vitamina C é um composto químico que se oxida com facilidade pelo oxigénio dissolvido na solução (motivo porque é utilizado como suplemento alimentar anti-oxidante – ao se oxidar protege o nosso organismo de oxidações indesejadas).

O funcionamento desta solução é semelhante ao da “Garrafa Azul” mas é a vitamina C que reduz o azul de metileno, num ciclo catalítico que envolve também os catiões de cobre, que alteram a cor da solução quando há oxigénio dissolvido para um tom azul-esverdeado.

Para mais informação, consultar:

W.E. Wellman, M.E. Noble, T. Healy, Greening the Blue Bottle, J. Chem. Ed. 80 (5) (2003) 537- 540.

Show de Azoto: O Azoto Mega Show!

Experiências com azoto líquido, neve carbónica e bolas de sabão

Clementina Teixeira*, Vânia André*, Nuno Lourenço**, Sílvia Chaves*, Marta Smith**, Mafalda Lancinha**, Carolina Belchior**

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

**Alunos do DEQB, monitores em acções de divulgação.

Shows de azoto, um breve historial



Figura 1 – Saltitando nas nuvens: intervenção para alunos do 1º ciclo no IST. O operador tem que garantir que os pezinhos das criancinhas não sejam atingidos pelo líquido, mas apenas pelo seu vapor, devendo usar óculos de protecção e calçado impermeável, bem como luvas, sempre que possível. A temperatura do $N_2(l)$ dentro do Dewar é de $-196^\circ C$!

A manipulação de azoto líquido, $N_2(l)$, é de uso tradicional em disciplinas de Química, Física e sessões de divulgação de Ciência e de Tecnologia. A popularidade do $N_2(l)$ equipara a do nosso querido bacalhau, atingindo um ranking de 1001 maneiras diferentes de serem “cozinhados”. Porém, quanto mais espectacular se torna uma experiência, mais difícil é separar o trigo do joio em termos de competência, segurança incluída, para a sua execução. Numa rápida pesquisa pela Internet, a partir das palavras-chave “liquid nitrogen”, facilmente caímos num *site* “1001 Things to do with liquid nitrogen” em que de forma mais ou menos piadética se apresenta uma colectânea de experiências sugeridas por diversas pessoas, sem quaisquer indicações de precauções a tomar quando se lida com substâncias a temperaturas muito baixas. Apesar de muito divertidas, algumas destas experiências podem tornar-se bem perigosas, tanto para quem as faz, como para quem a elas assiste.

Os shows de azoto iniciaram-se em 2003 nas aulas de Laboratório de Química Geral [1]. Eram espectáculos relativamente calmos para cerca de vinte futuros físicos, mas a par do espectáculo introduziam-se **muito a sério** conceitos de Termodinâmica (sistemas abertos, fechados e isolados, princípios da Termodinâmica), mudanças de estado, regra das fases, diagramas de equilíbrio líquido -vapor, temperatura e pressão críticas, lei de Henry (solubilidade de gases), gases reais e gases perfeitos, liquefacção de gases, etc., e, obviamente, regras de segurança. Ao N_2 (l) juntavam-se a neve carbónica, CO_2 (c), acompanhada pela temática do aquecimento global e efeito de estufa e, finalmente, num crescendo, as bolas de sabão gigantes [2] eram apresentadas perto do fim, transformando a aula num divertido jogo de “soap ball”. A aula era considerada uma delícia, até porque acabava com uma prova de gelado instantâneo feito com iogurte. Das aulas de QG fomos ao Infantário da APIST [3] com as mesmas receitas, cuidados redobrados e conceitos muito mais simples a acompanhar as experiências e talvez por isso mais difíceis de explicar. A partir daí, o show entrou em polvorosa nos Laboratórios Abertos do DEQB (2006) com o entusiasmo de muitos professores, alunos e funcionários. Paralelamente, entrou em digressão pelas escolas, mas as maiores audiências foram no QA (o mais antigo anfiteatro de Química do IST) durante as Olimpíadas da Química promovidas pela SPQ (mais de 150 espectadores em simultâneo). Neste ano de 2011, em que se celebra o Ano Internacional da Química (AIQ 2011), o Azoto dança com a neve carbónica e as bolas de sabão.

O azoto líquido de onde vem?

Figura 2 - O azoto líquido é distribuído pelo Air Liquide® e conservado pressurizado num reservatório gigante a -180°C , termicamente isolado. Este reservatório encontra-se situado nas traseiras do Complexo I do IST. No chão, junto da grade de protecção encontram-se dois recipientes Dewar de laboratório, um em vidro (azul) e outro em metal. Estes recipientes têm uma parede dupla na qual se faz vácuo, para impedir as trocas de calor com o ambiente.



O enchimento de Dewars de grande capacidade (de 25 a 100 L, ou mais) a partir do grande reservatório é feito por um sistema de válvulas de abertura manual, com indicação da pressão de saída lida num manómetro, para assim regular a velocidade de enchimento. O abaixamento de temperatura que acompanha a expansão violenta do líquido e a sua vaporização instantânea (o ponto de ebulição do azoto à pressão atmosférica de 1 atm é -196°C) provoca a condensação do

vapor de água da atmosfera, formando pequenas gotículas que juntamente com o ar atmosférico e o azoto vaporizado, formam as abundantes nuvens frias (Fig.1). Logo de seguida as gotículas de água congelam à volta das válvulas e tubagem, formando gelo (Fig.3). Utiliza-se uma mangueira de água para o fundir e evitar o entupimento. A partir daí, os grandes “potes” providos de rodízios vão para os Laboratórios.

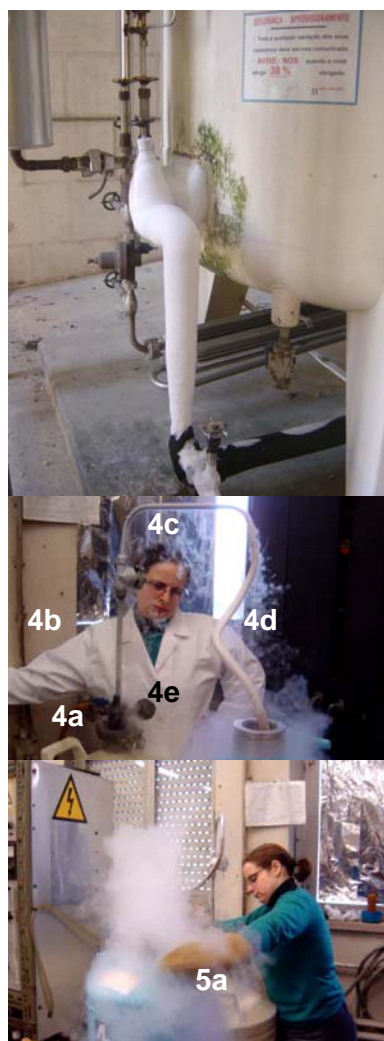


Figura 3 - Sistema de válvulas de saída do azoto inserida na parede do grande reservatório da Fig. 2, recoberto de cristais de gelo.

Figuras 4,5 – Uma Química na bruma [4]: enchimento de Dewars de menor capacidade no Laboratório, usando ar comprimido com regulação de pressão para controlar a velocidade de enchimento. A válvula de enchimento funciona como um sifão, na gíria designada por “bengala”. Está ligada ao ar comprimido do laboratório por uma mangueira de borracha (4a) que pressuriza o azoto dentro do Dewar grande (cor creme). A torneira (4b) permite a saída do azoto líquido através do tubo metálico (4c), passando em seguida por uma borracha de vácuo (4d) que mergulha no Dewar azul de menor capacidade. O manómetro (4e) indica a pressão dentro do Dewar grande, bem como o seu aumento quando se liga o ar comprimido. É obrigatório o uso de óculos de segurança e de luvas adequadas às baixas temperaturas (5a). A borracha de vácuo (4d) fica completamente congelada, e nessas condições pode partir como o vidro, pois perde a sua elasticidade tornando-se quebradiça. Ao retomar a temperatura ambiente, readquire as suas propriedades. **Uma das experiências comuns consiste em mergulhar a borracha de vácuo em N₂ (l), este sobe pela borracha e respinga à volta funcionando como um sifão, vaporizando e formando nuvens. Em seguida parte-se a borracha congelada, batendo com ela numa mesa.**

Mais experiências com azoto líquido [5]

Medição de baixas temperaturas com termómetro digital de sonda e slush de etanol

As propriedades do N₂ (l)/(g), bem como as do O₂ (g), seu parceiro na constituição do ar que respiramos, já foram referidas anteriormente [5], bem como algumas das suas principais aplicações, pelo que é imperativa a consulta desta referência. O N₂ (l) é usado na síntese de compostos instáveis ao ar, feita em linhas de vácuo em condições anaeróbicas e inertes, em geral, atmosfera de N₂ (g) ou árgon. A baixa temperatura (-196°C) permite a remoção de solventes congelando-os instantaneamente. A atmosfera inerte impede a liquefacção do ar

(-194° C) e do oxigénio (-183°C) praticamente inexistentes. O ar(l) e o O₂ (l) podem, como oxidantes fortíssimos, reagir de forma explosiva com solventes orgânicos e outros redutores. É também por isso que se armazena o N₂ (l) a -180°C (Fig.2), evitando a liquefacção do ar e do O₂ (g). Muito trabalho de síntese é feito com misturas criogénicas a temperaturas menos baixas e mais cómodas, como é o caso do *slush* (lama) N₂ (l)/etanol, a - 114°C, temperatura de fusão deste solvente. É interessante neste contexto, fazer a comparação das forças intermoleculares e pontes de hidrogénio existentes na água e no etanol, no sentido de explicar as diferenças de pontos de ebulição (100°C, água/79°C, etanol) e de fusão destas duas substâncias (0°C, água/-114°C, etanol).



Figura 6 – O que muita gente não sabe é que o etanol só congela a -114 °C (!), apesar de entrar em ebulição a 79°C. É um líquido e peras! O tubo de vidro de dupla parede da esquerda contém etanol, ao qual se adiciona o N₂ (l) com agitação. Libertam-se abundantes fumos brancos por arrastamento do etanol líquido e água condensada da atmosfera. Agita-se até obter um slush que tem a textura de uma espécie de caramelo ou lama (centro). Mede-se então a temperatura com um termómetro digital de sonda apropriada. O slush também se pode formar misturando o etanol ao N₂ (l), num recipiente de metal ou vidro resistente, como se improvisou na figura à direita, com uma colher de sopa em alumínio. A mistura fica muito fria, viscosa e cheira bem. Finalmente, testa-se a temperatura do N₂ (l).

Balões – enchimento com N₂ (l), variações de volume com a temperatura e estouros!

A imersão de balões comuns que se enchem a sopro, em N₂ (l), leva à diminuição de volume devido ao abaixamento de temperatura (Fig 7). Retirando o balão, este começa de novo a aumentar de volume, expandindo-se, sendo visível uma pequena quantidade de líquido residual no seu interior, que acaba por evaporar rapidamente - mistura de ar e oxigénio liquefeitos, água condensada e ácido carbónico formado a partir do sopro de quem encheu o balão. Também se observa uma espécie de pó que pode provavelmente ter sido usado no acondicionamento do balão. Este ciclo repete-se várias vezes, acabando o balão por rebentar. A experiência é mais eficaz para balões de má qualidade, de paredes finas.



Figura 7- As contracções e expansões de volume da mistura gasosa proveniente do sopro (ar, vapor de água, CO₂, etc.) contida no balão não obedecem à lei dos gases perfeitos $PV=nRT$ (P =pressão; V =volume; n =quantidade em moles; R = constante dos gases perfeitos; T = temperatura absoluta) dado que a esta temperatura tão baixa o comportamento será de uma mistura gasosa real, com equação de estado do tipo $PV=znRT$, corrigida pelo factor de compressibilidade z . Se esta experiência for feita com um balão cheio de N₂ (g) não há formação de líquido. Dentro do tacho (centro) também se podem observar lírios roxos e um pedaço de banana que se fizeram congelar em experiências anteriores [5].

A miniatura de uma cuba de aguardente (Fig.8) com válvula de escape na tampa, protegida com O - ring de vedação e com uma torneira lateral, tem sido muito eficaz no enchimento de balões até estes rebentarem. A cuba fica coberta de cristais de gelo ao fim de algum tempo e permite observar a condensação do ar líquido que começa a formar-se ao fim de vários ciclos de enchimento, escorrendo e vaporizando rapidamente. Podem-se utilizar diversos tipos de balões, o que altera o nível do estouro, podendo ainda soltar-se os balões cheios que voam e rodopiam no ar. Esta experiência mostra a vaporização instantânea do N₂ (l) dentro da cuba, a condensação do vapor de água e sua posterior solidificação em cristais de gelo. É muito interessante a observação destes cristais dendríticos à lupa estereoscópica. Uma tenaz metálica ou espátula de laboratório mergulhada previamente em N₂ (l) pode ser colocada no campo de visão da lupa e imediatamente se vê que fica recoberta de cristais. Os balões mais utilizados são os moldáveis, muito compridos, que não se conseguem encher a sopro: enche-se a cuba com o N₂ (l) que vaporiza, protegendo as mãos com luvas e usando um pequeno recipiente auxiliar para o enchimento (cafeteira). Fecha-se a válvula de rosca, adapta-se o balão à torneira, e deixa-se encher. Os balões cheios podem soltar-se no ar, ou até deixá-los encher até rebentar com um grande estrondo. As luvas só podem ser dispensadas se o operador for muito experiente.



Figura 8- Enchimento de balões moldáveis (rosa) com a cuba. Enchimento de balões rocket (azuis) que rodopiam no ar ao serem soltos. Formação de cristais de gelo sobre a cuba e liquefacção do ar ambiente em contacto com as paredes muito frias da cuba.

Congelação rápida de alimentos, vegetais e diversos materiais.

São experiências clássicas já referidas anteriormente [5]. Mergulham-se em $N_2(l)$: flores de cores berrantes; folhas de plantas de jardim; folhas de alface; tomates de cocktail; uvas pretas; uma banana; salsichas de cocktail; borracha de vácuo; luvas de latex.

As folhas, bem como as flores tornam-se quebradiças e estilhaçam-se ao mais pequeno toque de um dedo - plim!

As folhas de alface além de quebradiças ficam horríveis, meladas e escuras ao voltarem à temperatura ambiente, pelo que não se recomenda a congelação desta espécie de legumes. A banana fica tão dura que é usada como martelo para pregar um prego numa tábu. Ao fazê-lo pode partir - “banana split”! Ao voltar à temperatura ambiente amolece por dentro e fica com a casca completamente enegrecida (Fig.9). Curiosamente pode-se comer e apesar de ter mau aspecto até nem sabe mal!

Os tomates cherry e as uvas ficam completamente congelados e com rachas, comprovando o aumento de volume por congelação da água contida nos seus tecidos e sumo. Podem ser lançados para a audiência, o que desperta grande entusiasmo. No entanto, já uma vez os atiraram de volta, pelo que convém saber que tipo de audiência se encontra à nossa frente. As salsichas parecem dedos partidos aos bocados!

As luvas de latex perdem completamente a elasticidade, atiram-se para o chão e quebram-se com uma pisadela reduzindo-se a bocadinhos.

Fazem-se circular os pedaços de alimentos congelados pela audiência, usando pequenas pegas ou luvas para os segurar. A temperatura a que se encontram chega a atingir -20°C ou menos, pelo que queimam as mãos e podem “colar-se” a elas, se estas estiverem húmidas. A experiência da borracha de vácuo, já foi atrás referida.

Outra experiência que tem muito sucesso é encher balões - bomba de carnaval com água, fechando-os e depois deixando-os a congelar no $\text{N}_2(\text{l})$. Os balões rebentam, tira-se-lhes “a pele” e formam pedaços de gelo com a sua forma. Se forem parcialmente congelados deixando alguma água líquida, podem ser moldados em copinhos de gelo, mas é preciso ter cuidado com as arestas do gelo formadas, pois podem cortar.



Figura 9- Tomates, alface e bananas após congelação; luva de latex; balões bomba com água para modelar copinhos ou fazer “ovos” de gelo.

O jogo do kitasato. Benfica, Porto e Sporting: qual rebenta primeiro?

O azoto líquido contido em Kitasatos ligados a balões coloridos passa ao estado gasoso, expande-se e rebenta os balões proporcionando uma brincadeira divertida. O balão cheio

também se pode soltar antes de rebentar e rodopia no ar. O kitasato é feito de vidro muito resistente, permite observar a vaporização e é uma alternativa à cuba metálica para o enchimento de balões moldáveis e rockets (Fig 10). Para o jogo basta usar balões de cores de clubes diferentes.



Figura 10 - A borracha usada no kitasato deve ser de boa qualidade e, se possível, o conjunto deve ser fixado num suporte como se mostra no caso do balão verde. Depois de ter rebentado o balão, mostra-se o kitasato a deitar fumos brancos e a largar os cristais de neve que entretanto o recobriram [6]

Balões moldáveis, cheios de azoto, de volume variável

Por vezes os balões moldáveis cabem na boca estreita dos Dewars e pode fazer-se uma divertida brincadeira com a sua diminuição/expansão de volume. O operador pode transformar-se num verdadeiro “encantador de serpentes” (Fig.11) introduzindo o balão, o que o faz contrair e retirar o balão, expandindo-o. Esta experiência também permite demonstrar que a equação dos gases perfeitos não se aplica a estas baixas temperaturas. Se os balões se encheram com N_2 (g), não se observa líquido liquefeito no seu interior.



Figura 11- Os encantadores de serpentes. Intervenções no infantário da APIST e no IST, no âmbito do projecto “A Química Descobre a Criança” [3].

A chaleira ruidosa

Ao passar ao estado gasoso dentro de uma chaleira, o azoto provoca a vibração da tampa e o seu apito estridente. A tampa é plástica e fica “colada” no final da experiência. Mais uma vez são visíveis os cristais de gelo.

Apoteose final – O caldeirão das Bruxas

Misturam-se água quente, algumas gotas de corante vermelho ou de cor bem intensa, mistura de detergente para bolas de sabão, com glicerina [2] e lança-se o N_2 (l). Formam-se bolhas e espumas, com libertação de espessas nuvens brancas. Estas bolhas com glicerina podem ser congeladas. Convém fazer esta experiência apenas no final do Show, pois a pessegada final é indescritível.

Algumas referências

[1] C. Teixeira, V. André, N. Lourenço, “Aulas de Laboratório de Química Geral, licenciatura em Engenharia Física Tecnológica”, 2003-2006.

[2] M.N.B. Santos, C. Teixeira, “Bolas de Sabão: preparação, estrutura e propriedades”, Química, Boletim da Sociedade Portuguesa de Química, 94, 31-36, 2004.

[3] C. Teixeira, S. Chaves, “A Química descobre a Criança”, Projecto Ciência Viva CV/VI/ID976.

[4] A. S. Diogo Ferreira no Lab. de Química Organometálica do Complexo do IST, Linha II.

[5] C. Teixeira, em “Show do Azoto”, “Laboratórios Abertos 2010”, M.A. Lemos, C. Gomes Azevedo, ed., DEQB - Publicações, ISBN:978-989-96933-0-2, 2010.

[6] a) C. Teixeira, “Momentos de Química”, CV TV, Fórum Ciência Viva 2008, acessível por pesquisa de título no motor de busca Google™. O estouro do balão do kitasato vem no final do vídeo. Tenha paciência e veja tudo!

b) C. Teixeira, <http://web.ist.utl.pt/clementina/8ForumCienciaViva>.

c) O caldeirão das bruxas pode ser visualizado durante segundos num vídeo clip do “CV TV, 8º Fórum Ciência Viva”, observável por pesquisa Google.

Experiências no Laboratório

Módulo II – Ciências Biológicas e Bioengenharia

Neste módulo as actividades escolhidas destinam-se a ilustrar a forma como a Biotecnologia, tendo como base em Ciência fundamental e em tecnologias em constante desenvolvimento, permite desenvolver aplicações para diversos sectores da sociedade, que vão desde a Saúde à produção de energia, passando pela produção de uma vasta gama de moléculas e de transformação de compostos.

Super-microorganismos: os heróis e os vilões do futuro

Miguel Teixeira

Instituto de Biotecnologia e Bioengenharia (IBB), Departamento de Bioengenharia, Instituto Superior Técnico, Av. Rovisco Pais 1, 1049-001 Lisboa.

O termo super-microorganismos pretende designar microorganismos com capacidade invulgar de resistir a ambientes adversos. Estes super-microorganismos tem vindo a surgir quer por adaptação progressiva, quer por manipulação genética orientada. Do primeiro caso são exemplos bactérias e fungos patogénicos que exibem, de forma cada vez mais frequente, a capacidade de resistir a agentes antibióticos e antifúngicos, com graves consequências clínicas. Por outro lado, de um ponto de vista biotecnológico e industrial é altamente desejável o desenvolvimento de novas estirpes capazes de tolerar ambientes adversos, aumentando assim a sua produtividade. É o caso, por exemplo, da produção de etanol como biocombustível, através de fermentação alcoólica conduzida pela levedura *Saccharomyces cerevisiae*, o qual ao atingir concentrações elevadas inibe o desempenho da levedura, reduzindo a produtividade do processo.

Neste módulo reuniu-se uma série de experiências e demonstrações que pretendem dar a conhecer as áreas da Microbiologia sob investigação científica no Grupo de Ciências Biológicas do IST, debruçadas sobre o combate a ou desenvolvimento de super-microorganismos. Os trabalhos efectuados refletem a evolução dramática que as abordagens experimentais e computacionais aplicadas à Microbiologia sofreram nos últimos 16 anos, em particular desde a obtenção da primeira sequência completa de um genoma, o da bactéria patogénica oportunista *Haemophilus influenzae* (durante décadas considerada erroneamente a causa da gripe), em 1995. Em particular, as experiências propostas demonstram métodos laboratoriais utilizados no estudo da interação entre determinadas bactérias e os seus hospedeiros, tanto numa perspectiva de explorar os seus benefícios (por exemplo a interação entre bactérias fixadoras de azoto e as raízes de plantas leguminosas) como de ultrapassar os seus efeitos nefastos (como é o caso de bactérias patogénicas que infectam o Homem). Demonstram também alguns aspectos do estudo do fenómeno de resistência a fármacos e outros agentes de stresse químico.

Este módulo inclui as seguintes experiências:

Infecção bacteriana: prós e contras

Neste conjunto de experiências, pretende-se dar a conhecer os estudos que estão a ser levados a cabo no grupo de ciências biológicas do IST, no âmbito dos mecanismos de infecção bacterianos de células eucariotas: humanas e de plantas.

Um primeiro exemplo, é o caso da infecção por bactérias do complexo *Burkholderia cepacia* de doentes com Fibrose Quística, doença genética que afecta, em Portugal, 1 em cada 5000



recém-nascidos. A colonização destes pacientes com *B. cepacia* pode conduzir ao agravamento rápido da função pulmonar e, em alguns casos, à morte. No laboratório que será visitado, são estudados os mecanismos envolvidos na persistência, resistência a antibióticos e virulência destas bactérias, recorrendo a isolados clínicos obtidos no Hospital de Sta Maria, em Lisboa. Um dos métodos de medir a virulência dos isolados clínicos obtidos é pela medição do efeito destas bactérias sobre modelos eucarióticos simples: por exemplo, o nemátodo *Caenorhabditis elegans* (Imagem acima) e a larva *Galleria melonella* (Imagem à direita). Estes

modelos de infecção serão vistos com o auxílio de uma lupa apropriada.

Um segundo exemplo, é o caso da infecção pela bactéria fixadora de azoto *Sinorhizobium meliloti* de raízes de plantas da espécie *Medicago sativa*. As bactérias entram nas raízes das plantas, aí se instalando e constituindo nódulos visíveis a olho nu. Esses nódulos são fábricas onde as bactérias produzem azoto numa forma em que a planta hospedeira



possa assimilá-lo. Em contrapartida recebem do hospedeiro uma fonte de carbono. Esta relação simbiótica é de elevado interesse agrícola, na medida em que oferece alternativas naturais ao uso de fertilizantes em solos pobres em azoto. Esta é a motivação mais forte para se procurar compreender o funcionamento da fixação biológica de azoto. Por inoculação de estirpes de *S. meliloti* que exprimem ou não determinados genes de

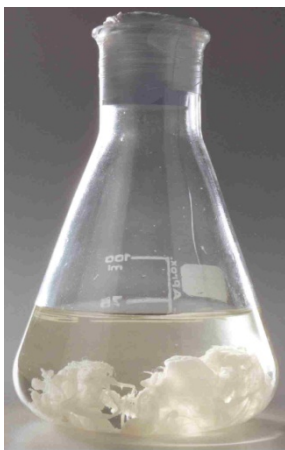
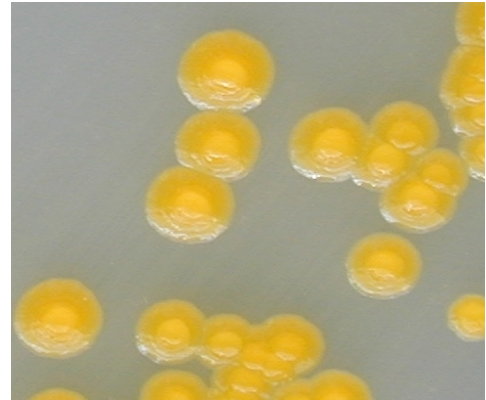


interesse nas raízes de *M. sativa* pode avaliar-se a intervenção desses genes no processo de simbiose e de fixação de azoto. Essa avaliação passa pela observação, que será realizada pelos visitantes, dos nódulos resultantes (se forem grandes e rosados, o processo de fixação de azoto está em curso – Figura à esquerda).

Produção microbiológica de gelano

O gelano é um agente gelificante com interesse comercial, produzido com elevado rendimento pela estirpe bacteriana *Sphingomonas elodea* ATCC31461 (veja colônias mucosas isoladas na figura à direita). É um polissacárido constituído por uma unidade tetrassacarídica linear que se repete contendo duas moléculas de D-glucose, uma de ácido-D-glucurónico e uma de L-ramnose, na razão de 2:1:1 parcialmente esterificada com grupos glicerato e acetato.

O gelano é utilizado como substituinte de agar e de outras gomas tradicionais, com aplicações várias nas indústrias farmacêutica, cosmética e alimentar como agente espessante e gelificante. Os visitantes terão a oportunidade de recuperar o gelano produzido numa



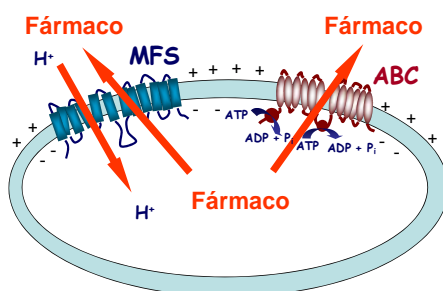
cultura de *S. elodea* realizada em meio líquido obedecendo ao seguinte protocolo:

- 1 - Pipetar 2 ml de cultura para um tubo de ensaio.
- 2 – Adicionar 3 ml de etanol.
- 3 – Agitar até obter um precipitado de cor amarelada.
- 4 – Decantar o etanol e substituir por novo (Figura à esquerda).
- 5 – Com o auxílio de uma vareta de vidro, recolher o precipitado e secá-lo.

Multi-resistência a fármacos: estudos na era pós-genómica

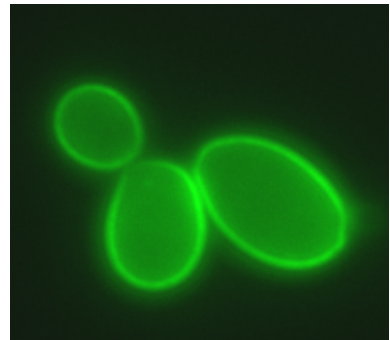
O fenómeno de resistência a múltiplos fármacos (ou drogas), isto é a aquisição simultânea de resistência a fármacos química e estruturalmente diversos, é observado em todas as formas de vida, de bactérias a humanos. Esta capacidade de adquirir resistência a compostos químicos, que não existem no habitat natural da maioria dos organismos, limita em muito a acção humana na Medicina, na Agricultura e no Ambiente.

TRANSPORTADORES DE MÚLTIPLAS DROGAS NA LEVEDURA



A resistência a múltiplos fármacos resulta muitas vezes da expressão de proteínas capazes de mediar a excreção dos mesmos do interior da célula para o ambiente extracelular, tornando-a assim mais resistente à mesma concentração do composto citotóxico. Essas proteínas,

ilustradas na figura à acima, são chamadas “transportadores de múltiplas drogas” e podem ser das superfamílias ABC (“ATP-Binding Cassette”) ou MFS (“Major Facilitator Superfamily”). Após a sequenciação do genoma da levedura da fermentação vínica e cervejeira e de panificação, *Saccharomyces cerevisiae* (que foi o primeiro ser vivo eucariota – tal como o Homem - cuja sequência completa do genoma foi determinada, em 1996), percebeu-se que existia uma família de 23 proteínas que eram presumíveis transportadores de múltiplas drogas. A sua análise funcional foi iniciada no âmbito de uma rede Europeia com vista à análise funcional de genes desconhecidos de levedura revelados pela sequência do genoma, ainda continua no grupo de Ciências Biológicas do IST. Algumas das metodologias utilizadas nessa análise funcional pós-genómica, utilizando a levedura como modelo de célula eucariota, serão exemplificadas durante a visita, desde a clonagem de genes e a verificação da construção pretendida por electroforese em gel de agarose, até à observação por microscopia de fluorescência da localização sub-celular dessas proteínas (Figura à direita).



O tamanho não interessa

Carla Carvalho, Marco Marques, I. Filipa Ferreira, Pedro Fernandes

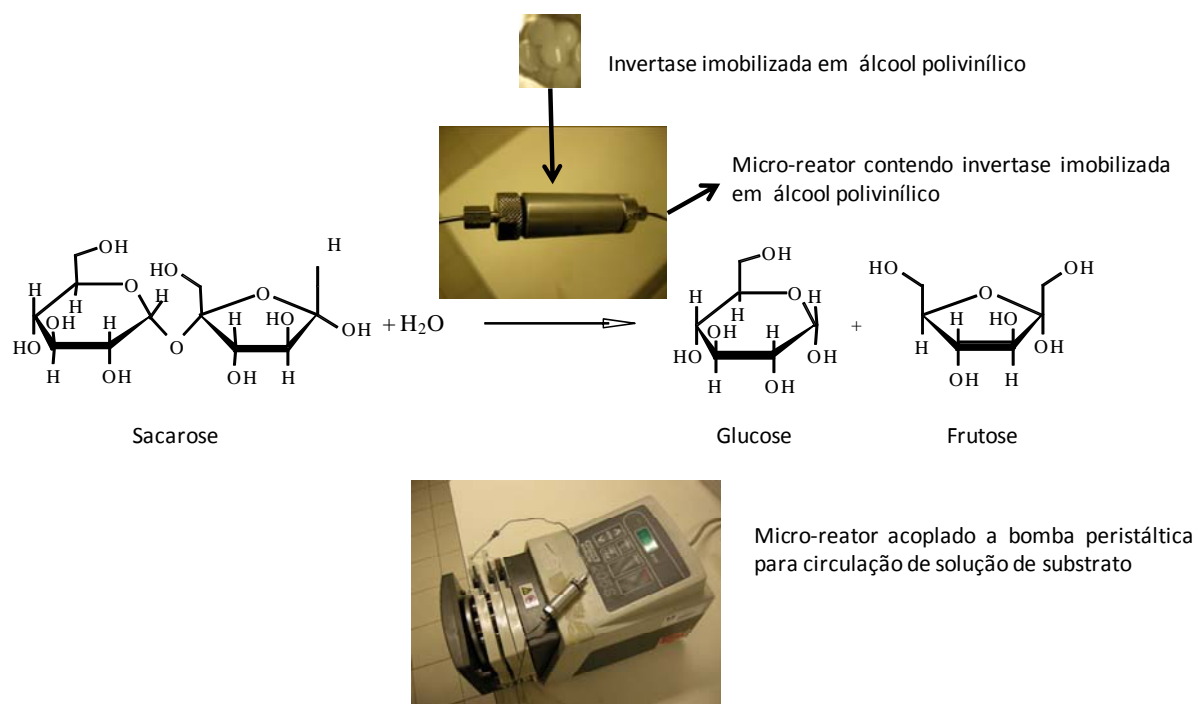
Instituto de Biotecnologia e Bioengenharia, Departamento de Bioengenharia, Instituto Superior Técnico, Av. Rovisco Pais 1, 1049-001 Lisboa.

Este módulo pretende ilustrar alguma das abordagens inovadoras na área da Bioengenharia, com vista ao estabelecimento de novos paradigmas nos processos de produção de bens e de energia, de modo a assegurar a sustentabilidade dos mesmos. No IST a pesquisa científica integrada neste contexto tem incidido, entre outros, no desenvolvimento de novos conceitos para o desenho e conceção de reatores, e na busca de novas estratégias para a produção de energias renováveis. No primeiro caso, procuram-se metodologias e equipamentos que permitam agilizar a transposição da pesquisa em laboratório para a correspondente implementação em ambiente industrial. Correntemente considera-se o uso de micro-reatores, quer como ferramenta para um rápido e económico desenvolvimento de bioprocessos, quer como elemento base para implementação de processos industriais, pela simples utilização de múltiplas unidades operando em paralelo. No segundo caso, pretende-se desenvolver métodos geradores de energia baseados em matrizes biológicas.

Micro-processos para macro-escala

A biocatálise é uma das áreas da Bioengenharia, centrada no uso de catalisadores biológicos, as enzimas, de modo a promover a transformação química de uma dada molécula, o substrato, numa outra, o produto. Atendendo ao elevado custo de diversas enzimas utilizadas em processos de interesse industrial, é imprescindível a sua recuperação e reutilização, sem o que não existe a garantia de criar um processo de transformação economicamente viável. Por outro lado, os critérios de qualidade em diversos sectores produtivos onde o uso de enzimas está integrado, impedem a presença de material proteico no produto obtido. Uma forma de satisfazer estes requisitos consiste na imobilização da enzima, ou seja, no seu aprisionamento numa matriz, sem prejuízo da sua função catalítica mas assegurando a sua eficaz separação do meio reaccional. Após imobilização, o biocatalisador assim formulado, é colocado num micro-reator. Na presente experiência, este conceito será ilustrado pela hidrólise enzimática da sacarose, um dissacárido composto por uma molécula de frutose e uma molécula de glucose, usando como biocatalisador a enzima invertase imobilizada numa matriz de álcool polivinílico [1]. A reacção de hidrólise é

realizada em contínuo utilizando um micro-reator, neste caso um vaso com cerca de 5 mililitros de volume útil. O produto resultante é um xarope de glucose e de frutose. Para aferir da eficácia da transformação é efectuado uma análise através de um método espectrofotométrico. Neste método é utilizado um reagente, o ácido dinitrosalicílico, que não reage com a sacarose mas reage com a frutose, originando um produto de cor vermelho-acastanhada.



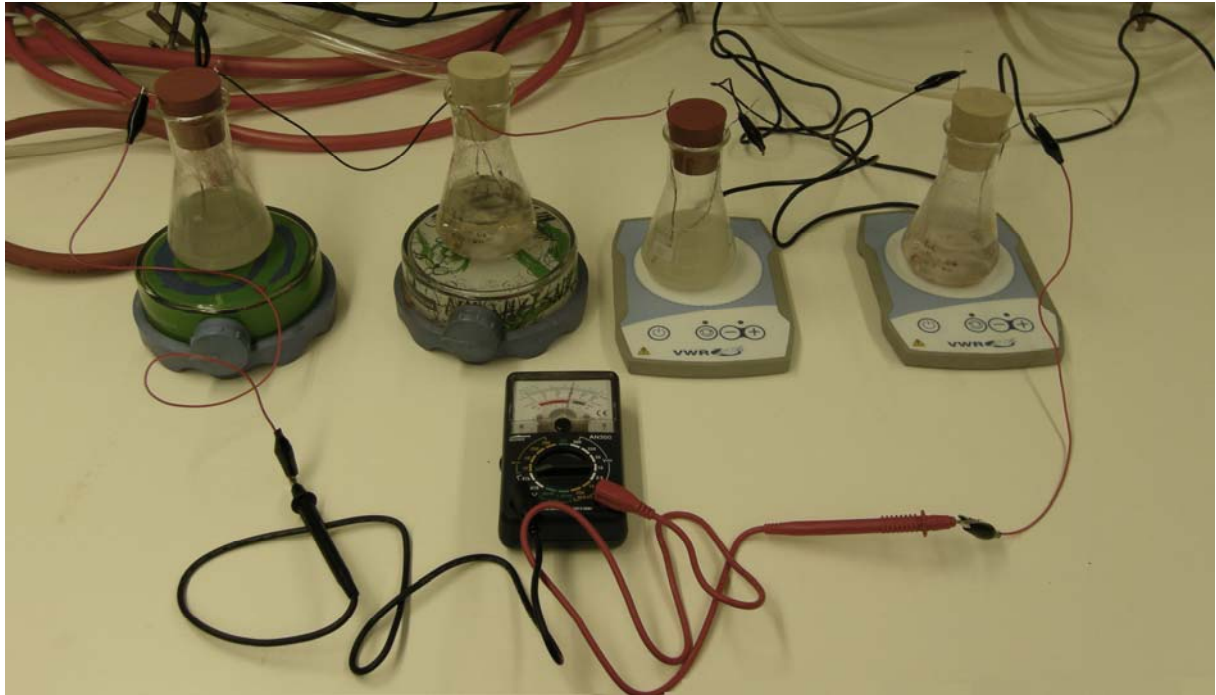
Referências:

[1] P. Fernandes M.P.C. Marques, F. Carvalho, J.M.S. Cabral "A simple method for biocatalyst immobilization using PVA-based hydrogel particles" J. Chem. Technol. Biotechnol. 84 (2009) 561-564.

Produção de energia com bactérias

Algumas estirpes bacterianas têm a capacidade de alterar a carga da sua superfície em resposta às condições do meio em que crescem. As células de *Rhodococcus erythropolis* conseguem mudar a carga da superfície de acordo com a fonte de carbono usada para o seu crescimento [1]. Dependendo do substrato de crescimento dado a essas bactérias, é possível gerar células com carga positiva ou negativa, permitindo a produção de electricidade.

Nesta experiência serão medidos alguns parâmetros (por exemplo a voltagem e amperagem da corrente eléctrica gerada) que demonstram que é possível produzir energia com bactérias.



Referências:

[1] C.C.C.R. de Carvalho, L.Y. Wick, H.J. Heipieper, "Cell wall adaptations of planktonic and biofilm *Rhodococcus erythropolis* cells to growth on C5 to C16 n-alkane hydrocarbons" Appl. Microbiol. Biotechnol. 82 (2009) 311–320.

Equipa

Coordenação

Maria Amélia Lemos
Cristina Gomes de Azevedo

Palestras

Arsénio Fialho
Bernardo Herold
Francisco Lemos/Maria Amélia Lemos
Gabriel Monteiro
José Lopes da Silva
Miguel Rodrigues
Pedro Borges
Pedro Paulo Santos
Renato Carvalho

Apoio na Realização

Leonel Nogueira
Marta Coelho
Nuno Simões
Susana Martins

Logística

Conceição Venâncio

Módulos Experimentais

Anabela Coelho
Carla Carvalho
Carolina Belchior
Clementina Teixeira
Cristina Gomes de Azevedo
Dulce Simão
Fátima Rosa
Francisco Lemos
I. Filipa Ferreira
Jorge de Carvalho
Mafalda Lancinha
Maria Amélia Lemos
Marco Marques
Marta Coelho
Marta Smith
Miguel Teixeira
Nuno Lourenço
Pedro Fernandes
Remígio Machado
Sílvia Chaves
Vânia André

Isabel Leiria
Jorge Teixeira
Elisabete Bartolomeu

Apoio Laboratorial

Alexandre Lemos

Ana Braz

Ana Cartaxo

Ana Cruz

Ana Knittel

Ana Maria Carmo

Ana Marta Mansinho

Ana Marta Martinho

Ana Patrícia Courela

Ana Rita Santos

Ana Sofia Carlos

André Fernandes

André Fontes

Andreia Correia

António Grilo

Beatriz Grenho

Bernardo Almeida

Bruno Oliveira

Carlos Silva

Carlos Silva

Carmen Matos

Carolina Belchior

Catarina Barata

Catarina Leitão

Catarina Seita

Cláudia Costa

David da Silva

Diogo Calado

Diogo Rodrigues

Emanuel Lopes

Emeline Santos

Filipa Martins

Filipe Coelho

Frederico Fonseca

Frederico Francela

Gonçalo Fonte

Gonçalo Forjaz

Guilherme Benedito

Inês Almeida

Isabel Oliveira

Joana Faustino

Joana Mendes

Joana Reis

Joana Tavares

Joana Vines

João Bernardo

João Moreira

João Pedro Fernandes

João Serrasqueiro

José Correia

Kristen Martins

Lara Costa

Leonor Resina

Leonor Silva

Madalena Testas

Mafalda Dias

Mafalda Lancinha

Mafalda Santos

Mafalda Sofia Moleirinho

Margarida Gomes

Margarida Marques

Maria João Cruz

Marina Padurean

Marlene Oliveira

Marta Smith

Merlin Vieira

Miguel Almeida

Miguel Amorim

Nuno Araújo

Pedro Mendes

Ricardo Caroço

Ricardo Leandro

Rita Franco

Rita Vilas Boas

Rui Santos

Sandra Silva

Sara Pedro

Sofia Silva

Sofia Sousa

Susana Santos

Teresa Carvalho

Teresa Roque

Teresa Torres

Tiago Albano

Tiago Dias

Tiago Ribeiro

Vasco Manaças

Vasco Martins

Vera Lúcia Silva



Escolas Participantes

- Colégio do Sagrado Coração de Maria
- Colégio São João de Brito
- Colégio St. Peter's School
- Escola Salesiana de Manique
- Escola Salesiana Oficinas de S. José
- Escola Secundária Alves Redol
- Escola Secundária Anselmo de Andrade
- Escola Secundária D. Filipa de Lencastre
- Escola Secundária D. Pedro V
- Escola Secundária de Alvide
- Escola Secundária de Pedro Nunes
- Escola Secundária de São Lourenço
- Escola Secundária Emídio Navarro
- Escola Secundária Fernão Mendes Pinto
- Escola Secundária Fonseca Benevides
- Escola Secundária Gil Vicente
- Escola Secundária Padre António Macedo
- Escola Secundária Padre António Vieira
- Escola Secundária Rainha D. Amélia
- Externato Cooperativo da Benedita

Laboratórios Abertos Vistos pela Objectiva

Uma tarde no Técnico

No passado mês de Fevereiro as turmas de Ciências e Tecnologias do 10º ano realizaram, no âmbito da disciplina de Física e Química, uma visita de estudo ao Instituto Superior Técnico (IST), a faculdade mais prestigiada do País no que diz respeito a Engenharia.

Após uma recepção amistosa, na qual fomos informados da complexidade e profissionalismo do IST, bem como da diversidade de cursos que este disponibiliza, foi-nos ilustrada uma experiência acerca de um tema bastante familiar aos alunos do Instituto, o estado crítico.

De seguida passámos ao ponto culminante da visita, as experiências. Abordámos temas de cariz científico e ambiental compatíveis com aquilo que temos vindo a aprender nas disciplinas tanto de Físico-Química A, como de Biologia. As experiências foram realizadas pelos alunos do Instituto que foram deveras apelativos na demonstração das mesmas. É de notar que o próprio IST também contribui para o enriquecimento do património nacional, como por exemplo, através do estudo de bactérias que, por processos complexos de cultura, ajudam na criação de sacos de plásticos biodegradáveis. Além disso, o Instituto Superior Técnico está também encarregue da descodificação do genoma humano, tarefa que, se bem realizada, abrirá novas portas no ramo da genética possibilitando a previsão

das características do ser humano. Aprendizagens aparte, a dinâmica da visita tornou-a uma mistura ideal entre a diversão e a consolidação de conceitos já outrora aprendidos. Alunos de diferentes anos explicaram-nos as dificuldades com que se têm vindo a deparar assim como as vantagens que têm conseguido alcançar nesta sua passagem pelo IST. E as estatísticas comprovam-no, cerca de 96% dos alunos formados pelo Técnico após seis meses de terem completado o seu curso encontram um emprego. Falaram-nos de médias, estudos, resultado, áreas de maior interesse... Em suma, tendo em conta aquilo que experienciámos para além de educativo, a visita foi interactiva. (in "Educar para Servir" nº 34 Ano XII Janeiro - Abril 2011)

Madalena Neto

Aluna nº 697 do Colégio S. João de Brito

10º Ano



There and back again!

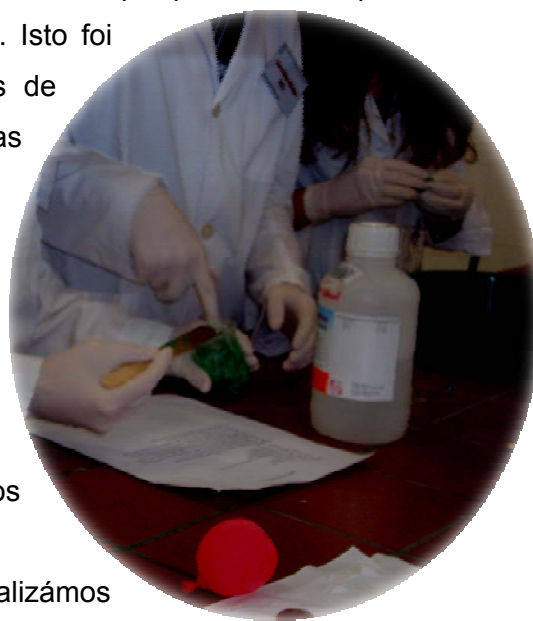
Constituímos um grupo de 12º ano da área científica ou natural da Escola Secundária D. Filipa de Lencastre, e participámos no âmbito da disciplina de Área de Projecto como monitores no evento Laboratórios Abertos 2011 do Departamento de Eng.ª Química do I.S.T. no ano em que se comemora o Ano Internacional da Química.

Tínhamos como objectivo aprender as experiências, perceber o porquê delas e explicar aos colegas de outras escolas o anteriormente aprendido. Isto foi muito útil dado permitir desenvolver as capacidades de discurso em público, que foi direccionado para várias idades (desde alunos da nossa idade aos alunos mais pequenos que vieram aos Laboratórios Abertos Júnior). Além de tudo isto, as manhãs e as tardes que estivemos a explicar as experiências aos nossos colegas aumentámos a dinâmica de trabalho colaborativo do grupo.

Isto deu-nos uma visão diferente das experiências e dos seus porquês dado estarmos “do outro lado” da sala.

Foi uma experiência muito construtiva pois realizámos

experiências muito interessantes das quais não só tivemos a parte teórica mas também a



parte prática, a qual não é muito comum nos programas de secundário, tendo em conta que nem sequer há química na nossa escola no 12º ano.

Também foi importante o explicar das várias experiências a diferentes idades. Diferentes idades, diferentes explicações, por isso diferentes experiências para o grupo. Não só foi útil para nós como para a organização dos Laboratórios Abertos 2011 uma vez que reforçámos a equipa de alunos do IST que apoiava a

realização. Também levou a um aumento da nossa capacidade de organização pessoal e colectiva pois tivemos de nos organizar numa confusão de escolas de idades e de gostos.

Com o fomentar deste conhecimento teórico-prático pudemos ainda no âmbito do nosso trabalho de Área de Projecto realizar uns mini laboratórios abertos na nossa escola. Estes mini-lab foram organizados em grande parte pelo nosso grupo e estiveram disponíveis durante uma semana das 8h às 19h, onde nós explicávamos diferentes experiências a diferentes idades, incluindo as turmas da infantil. Aqui tivemos de usar os conhecimentos adquiridos nos Laboratórios Abertos do IST para divulgar a química a alunos de várias idades. De todos os estudantes do agrupamento, estranhamente a maior adesão foi nos pequeninos, que ficaram com um gosto pela química, embora muitos deles não soubessem o que era química!

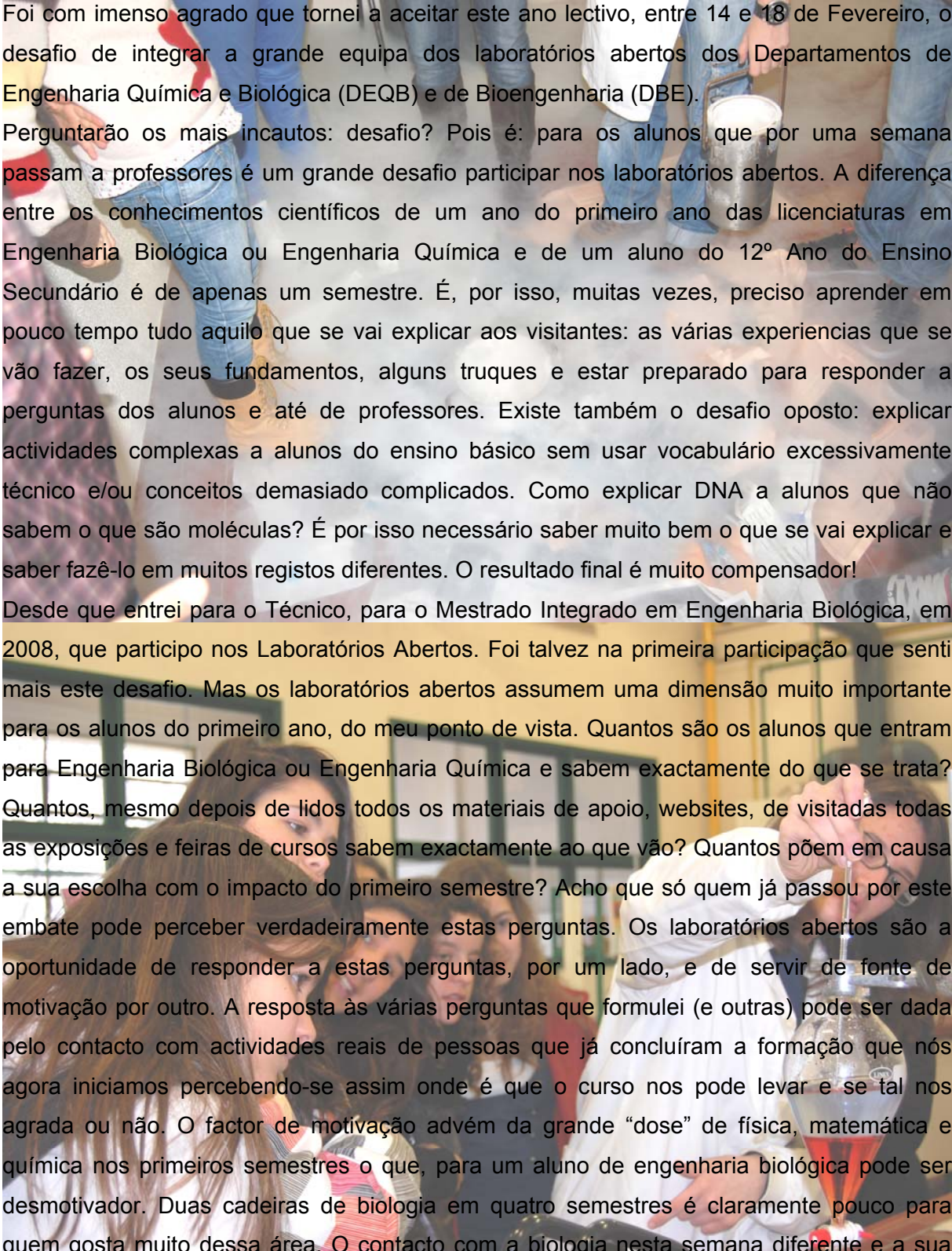
Por isso, esta viagem aos Laboratórios Abertos do IST e o regresso aos nossos próprios Laboratórios Abertos foram muito importantes e úteis, tanto no desenvolvimento colectivo e pessoal como no nosso trabalho.

Alexandre Lemos

Ana Patrícia Courela

Bernardo Almeida

Laboratórios abertos: as escolas vão à escola.



Foi com imenso agrado que tornei a aceitar este ano lectivo, entre 14 e 18 de Fevereiro, o desafio de integrar a grande equipa dos laboratórios abertos dos Departamentos de Engenharia Química e Biológica (DEQB) e de Bioengenharia (DBE).

Perguntarão os mais incautos: desafio? Pois é: para os alunos que por uma semana passam a professores é um grande desafio participar nos laboratórios abertos. A diferença entre os conhecimentos científicos de um ano do primeiro ano das licenciaturas em Engenharia Biológica ou Engenharia Química e de um aluno do 12º Ano do Ensino Secundário é de apenas um semestre. É, por isso, muitas vezes, preciso aprender em pouco tempo tudo aquilo que se vai explicar aos visitantes: as várias experiências que se vão fazer, os seus fundamentos, alguns truques e estar preparado para responder a perguntas dos alunos e até de professores. Existe também o desafio oposto: explicar actividades complexas a alunos do ensino básico sem usar vocabulário excessivamente técnico e/ou conceitos demasiado complicados. Como explicar DNA a alunos que não sabem o que são moléculas? É por isso necessário saber muito bem o que se vai explicar e saber fazê-lo em muitos registos diferentes. O resultado final é muito compensador!

Desde que entrei para o Técnico, para o Mestrado Integrado em Engenharia Biológica, em 2008, que participo nos Laboratórios Abertos. Foi talvez na primeira participação que senti mais este desafio. Mas os laboratórios abertos assumem uma dimensão muito importante para os alunos do primeiro ano, do meu ponto de vista. Quantos são os alunos que entram para Engenharia Biológica ou Engenharia Química e sabem exactamente do que se trata? Quantos, mesmo depois de lidos todos os materiais de apoio, websites, de visitadas todas as exposições e feiras de cursos sabem exactamente ao que vão? Quantos põem em causa a sua escolha com o impacto do primeiro semestre? Acho que só quem já passou por este embate pode perceber verdadeiramente estas perguntas. Os laboratórios abertos são a oportunidade de responder a estas perguntas, por um lado, e de servir de fonte de motivação por outro. A resposta às várias perguntas que formulei (e outras) pode ser dada pelo contacto com actividades reais de pessoas que já concluíram a formação que nós agora iniciamos percebendo-se assim onde é que o curso nos pode levar e se tal nos agrada ou não. O factor de motivação advém da grande “dose” de física, matemática e química nos primeiros semestres o que, para um aluno de engenharia biológica pode ser desmotivador. Duas cadeiras de biologia em quatro semestres é claramente pouco para quem gosta muito dessa área. O contacto com a biologia nesta semana diferente e a sua

relação com todas as outras disciplinas permite-nos ganhar novo alento. E se tal é verdade para Engenharia Biológica, também o é para Engenharia Química, julgo.

Um ponto importante também é contactar mais de perto com colegas mais velhos das várias áreas podendo assim aprender mais, ter impressões do curso na primeira pessoa. Tal é importante no dia-a-dia dos laboratórios abertos porque temos sempre alguém da nossa idade que sabe um pouquinho mais e a quem podemos recorrer caso a bactéria decida não colaborar ou a destilação comece a ser demasiado entusiástica (!). E esta relação mantém-se para o futuro.

A ciência tende a ser uma caixa preta para muitos jovens. Não é a área mais discutida nos meios mais massificados, não é do conhecimento do público em geral e não é, na maioria dos casos, um tema de discussão nas famílias portuguesas. É por isso importante que a ciência seja explicada de uma forma lúdica, acessível mas sempre correcta. É essa a principal missão dos laboratórios abertos. As palestras e as sessões laboratoriais que mostram da microbiologia à ultra-filtração, da química orgânica à catálise enzimática, da bioquímica à química-física, da química analítica à biologia molecular permitem aos nossos visitantes ter um dia bem passado a falar, ouvir, ver, rir, fazer e divertir sempre à volta da ciência.

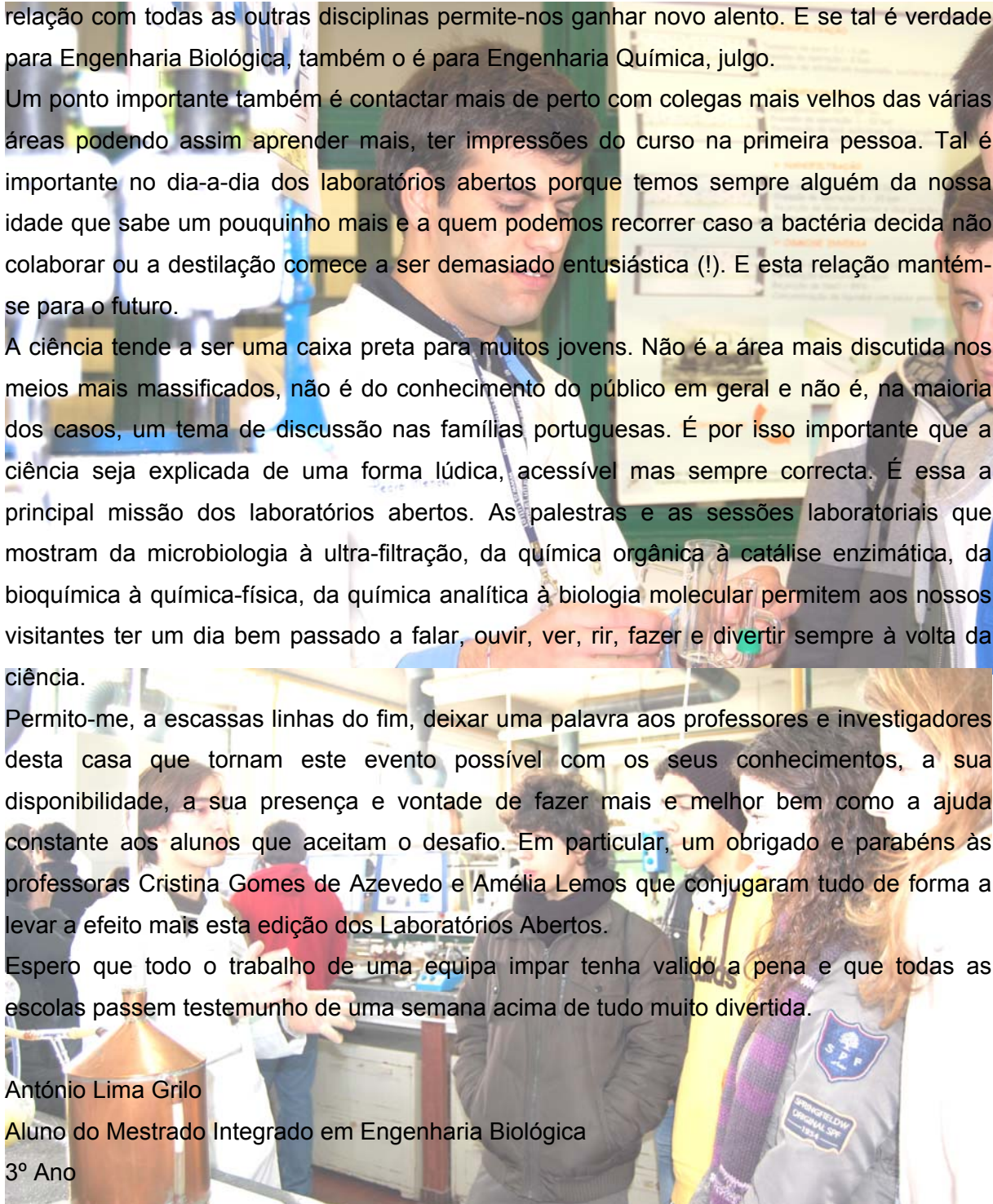
Permito-me, a escassas linhas do fim, deixar uma palavra aos professores e investigadores desta casa que tornam este evento possível com os seus conhecimentos, a sua disponibilidade, a sua presença e vontade de fazer mais e melhor bem como a ajuda constante aos alunos que aceitam o desafio. Em particular, um obrigado e parabéns às professoras Cristina Gomes de Azevedo e Amélia Lemos que conjugaram tudo de forma a levar a efeito mais esta edição dos Laboratórios Abertos.

Espero que todo o trabalho de uma equipa impar tenha valido a pena e que todas as escolas passem testemunho de uma semana acima de tudo muito divertida.

António Lima Grilo

Aluno do Mestrado Integrado em Engenharia Biológica

3º Ano



Patrocínios



JOSÉ MANUEL GOMES DOS SANTOS, LDA
Reagentes para Análise e Uso Científicos, Mat. de Laboratório

Núcleo de Apoio ao Estudante

IST



**LABORATÓRIOS
ABERTOS 2011**