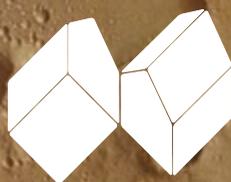


SETEMBRO 2017

# V5/03

REVISTA DE CIÊNCIA ELEMENTAR. CASA DAS CIÊNCIAS



# REVISTA DE CIÊNCIA ELEMENTAR



## FICHA TÉCNICA

Publicação trimestral  
da Casa das Ciências

ISSN 2183-9697 (versão impressa)

ISSN 2183-1270 (versão online)  
[rce.casadasciencias.org](http://rce.casadasciencias.org)

DEPÓSITO LEGAL  
425200/17

DESIGN  
Rui Mendonça

PAGINAÇÃO  
Nuno Machado

IMPRESSÃO E ACABAMENTO  
Uniarte Gráfica S.A.

TIRAGEM  
3000 exemplares

IMAGEM NA CAPA  
ESA/DLR/FU Berlin  
[imagem.casadasciencias.org](http://imagem.casadasciencias.org)

© Todo o material publicado nesta revista  
pode ser reutilizado para fins não comerciais,  
desde que a fonte seja citada.



## PROPRIETÁRIO

Casa das Ciências/ICETA  
Faculdade de Ciências,  
Universidade do Porto  
Rua do Campo Alegre, 687  
4169-007 Porto  
[rce@casadasciencias.org](mailto:rce@casadasciencias.org)

## CORPO EDITORIAL DA REVISTA DE CIÊNCIA ELEMENTAR

### EDITOR

José Ferreira Gomes (UNIVERSIDADE DO PORTO)

### CONSELHO EDITORIAL

José Francisco Rodrigues (UNIVERSIDADE DE LISBOA)

João Lopes dos Santos (UNIVERSIDADE DO PORTO)

Jorge Manuel Canhoto (UNIVERSIDADE DE COIMBRA)

Luís Vítor Duarte (UNIVERSIDADE DE COIMBRA)

Maria João Ramos (UNIVERSIDADE DO PORTO)

Paulo Fonseca (UNIVERSIDADE DE LISBOA)

Paulo Ribeiro-Claro (UNIVERSIDADE DE AVEIRO)

### PRODUÇÃO E SECRETARIADO

Nuno Machado

Alexandra Coelho

Guilherme Monteiro

Pedro Freitas

### INFORMAÇÃO PARA OS LEITORES

A Revista de Ciência Elementar dirige-se a um público alargado de professores do ensino básico e secundário, aos estudantes de todos os níveis de ensino e a todos aqueles que se interessam pela Ciência.

É distribuída gratuitamente aos colaboradores da Casa das Ciências e pode ser recebida (Portugal) mediante o pagamento de 10 € / ano para despesas de preparação e correio.

### INFORMAÇÃO PARA AUTORES E REVISORES

Convidam-se todos os professores e investigadores a apresentarem os conceitos básicos do seu labor diário numa linguagem que a generalidade da população possa ler e compreender.

Mais informação em [rce.casadasciencias.org](http://rce.casadasciencias.org)

### EM PARCERIA COM



Pensar. Atuar. Renovar Think Tank da Educação  
FUNDAÇÃO BELMIRO  
DE AZEVEDO

SETEMBRO 2017

# V5/03

## ÍNDICE

- 02 AGENDA
- 03 NOTÍCIAS
- 05 EDITORIAL  
**Abandono escolar precoce**  
José Ferreira Gomes
- ARTIGOS
- 07 **Astroquímica**  
Paulo Ribeiro Claro
- 13 **Gravitação**  
Orfeu Bertolami,  
Cláudio Gomes
- 16 **Flor**  
Rubim Almeida Silva
- 20 **Probabilidade Condicional**  
Maria Eugénia Graça Martins
- NOTÍCIAS EDUCATIVAS
- 22 **IV Encontro Internacional Casa das Ciências**  
Manuel Silva Pinto
- 27 **Loxodrótrias e espirais II**  
José Francisco Rodrigues
- 30 **Potencial educativo de parques urbanos no ensino das Ciências**  
Manuela Lopes
- PROJETO DE SUCESSO
- 33 **Bisafe Portugal**  
Helena Barracosa *et al.*
- A VISITAR
- 37 **A Estação Litoral da Aguda**  
Jaime Prata *et al.*
- AOS OLHOS DA CIÊNCIA
- 39 **Sem rochas não há bitoques**  
Nuno Pimentel
- 42 **Do Atlas ao Saara**  
Luís Vítor Duarte
- IMAGEM EM DESTAQUE
- 48 **Resina**  
Mário Bismarck,  
Rubim Almeida Silva

**14/09**  
**a 22/10** (2017)

Laboratório de cores

Esta exposição conta com elementos interativos para estimular os visitantes a explorarem os extremos do espectro visível da sua perceção de cor. As obras são instalações onde a cor será a protagonista principal e os visitantes poderão interagir com algumas delas.

MUSEU NACIONAL DE HISTÓRIA NATURAL E CIÊNCIA, LISBOA  
WWW.MUSEUS.ULISBOA.PT/LABORATORIO-DE-CORES

**06/10** (2017)

III Seminário internacional sobre investigação e inovação com TIC: práticas para o ensino

O III Seminário Internacional sobre investigação e inovação é organizado pelo Departamento de Educação e Psicologia da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro e tem como principais destinatários educadores de infância e professores do ensino básico, secundário e universitário.

VILA REAL  
SINTTIC.WORDPRESS.COM/PROGRAMA/

**29/09** (2017)

Noite Europeia dos Investigadores

A Noite Europeia dos Investigadores é uma iniciativa que pretende aproximar a Ciência dos cidadãos, e apresenta um diverso número de atividades em três cidades diferentes: Lisboa, Porto e Braga. Consulte o programa em [noitedosinvestigadores.org](http://noitedosinvestigadores.org).

LISBOA, PORTO E BRAGA  
NOITEDOSINVESTIGADORES.ORG/

**11/12** (2017)

Sessão de entrega dos Prémios Casa das Ciências 2017

A sessão de entrega dos Prémios Casa das Ciências 2017 decorrerá no dia 11 de dezembro às 14:30 horas, na Galeria da Biodiversidade da Universidade do Porto. São candidatos ao prémio 18 recursos educativos e 203 imagens. Conheça todos os candidatos no portal da Casa das Ciências em [casadasciencias.org](http://casadasciencias.org).

GALERIA DA BIODIVERSIDADE, UNIVERSIDADE DO PORTO



**Casa das Ciências**  
**Prémios**  
**2017**

A Casa das Ciências vai premiar os melhores recursos educativos e imagens submetidos ao portal durante o ano de 2016.

Temos o prazer de o / a convidar a estar presente na sessão de entrega dos **Prémios Casa das Ciências 2017**, onde serão conhecidos os vencedores. A sessão decorrerá no dia 11 de dezembro às 14:30 horas, na Galeria da Biodiversidade da Universidade do Porto, à Rua do Campo Alegre.

Conheça todos os candidatos em [casadasciencias.org](http://casadasciencias.org).

**Submeta-nos os seus recursos educativos e imagens** até 31 de dezembro e candidate-se ao prémio do próximo ano.

---

## A sonda Cassini caiu em Saturno

### Chegou ao fim uma aventura com 20 anos

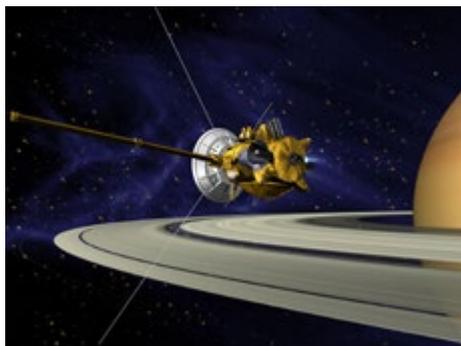


FIGURA 1. Sonda Cassini na órbita de Saturno  
(fonte: <https://www.jpl.nasa.gov/missions/cassini-huygens/>).

A NASA precipitou a sonda Cassini em Saturno no dia 15 de setembro, pulverizando-se com a entrada na atmosfera daquele planeta. Esta sonda fora lançada em 1997, chegou em 2004 a Saturno e foi mantida em atividade durante 20 anos, enviando regularmente para a Terra dados importantes. A enorme distância ao Sol, não permitiria a captação fotovoltaica suficiente de energia solar pelo que a sonda era alimentada por geradores termoelétricos de radioisótopos, usando o calor produzido por 33kg de plutônio-238. Como propulsor, usava hidrogênio líquido, que estava a esgotar-se. Os cientistas receavam que ela pudesse vir a cair numa das luas de Saturno, especialmente, Titã e Encélado. Tendo estes satélites condições favoráveis à aparição de vida, quis-se evitar o risco de contaminação. Por outro lado, a missão

suicida final da Cassini permitiu recolher dados inéditos sobre a sua atmosfera. Deve lembrar-se que a Cassini teve associada a sonda Huygens criada pela Agência Espacial Europeia, ESA, que foi lançada sobre Titã no dia de Natal de 2004.

---

## Novo adesivo inspirado numa lesma

### Adesivo poderá ser utilizado no corpo humano



FIGURA 1. O muco da lesma.

Para garantir a aderência a superfícies molhadas, cientistas encontraram inspiração no muco produzido por uma lesma comum. Encontrar uma boa cola é uma tarefa muito difícil, especialmente se a queremos aplicar no interior do corpo humano. Tem de aderir a materiais molhados, tem de manter a elasticidade e não pode ser tóxica nem ser rejeitada. Inspirado no rasto mucoso deixado na passagem de uma lesma comum (*Arion subfuscus*) foi agora proposto um adesivo que foi já testado no coração de um porco. O adesivo foi usado sobre o tecido ensanguentado e man-

teve a sua aderência depois de dezenas de milhar de pulsações do coração. Outros animais marinhos como o mexilhão têm atraído a atenção pela sua capacidade de se fixarem em ambientes molhados.

A diferença entre o muco não adesivo segregado por moluscos e o gel semelhante, mas fortemente adesivo é a existência de proteínas específicas. Se extraídas e purificadas, estas proteínas induzem a gelificação ou o endurecimento de agar ou pectina. Está em curso trabalho para determinar a estrutura destas proteínas e para elucidar o seu mecanismo de ação.

---

## Prémio da Fundação Robert A. Welch distingue criador das baterias Goodenough

O químico J. B. Goodenough mantém-se ativo aos 95 anos

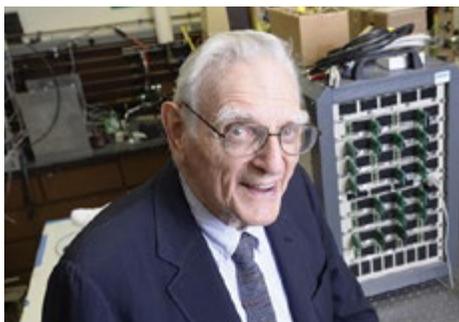


FIGURA 1. J. B. Goodenough.

O químico J. B. Goodenough mantém-se ativo aos 95 anos e recebeu agora o prémio da Fundação Robert A. Welch (US\$500 000) pelas suas “contribuições para a química e a humanidade”. O seu trabalho como professor de Química Inorgânica na Universidade de Oxford na década de 1970 abriu o caminho para as baterias que usamos hoje nos dispositivos electrónicos móveis. Foi ele que mostrou como o óxido de cobalto e lítio podia ser usado no cátodo de uma bateria com vida longa e alta capacidade de armazenamento de energia. Com um ânodo de grafite com lítio intercalado, as baterias de Goodenough estão hoje generalizadas nos equipamentos portáteis.

A investigação nesta área mantém-se muito ativa porque estas baterias vão ser necessárias para inovações na nossa vida diária que vão desde os automóveis elétricos até à reserva de energia renovável nas nossas casas. Todos os dias aparecem notícias que vão desde novos materiais orgânicos até nanopartículas de compósitos de silício e metais.

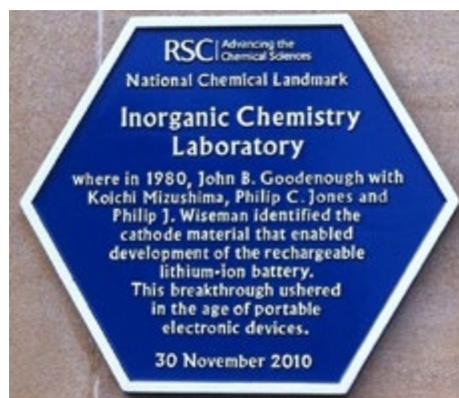
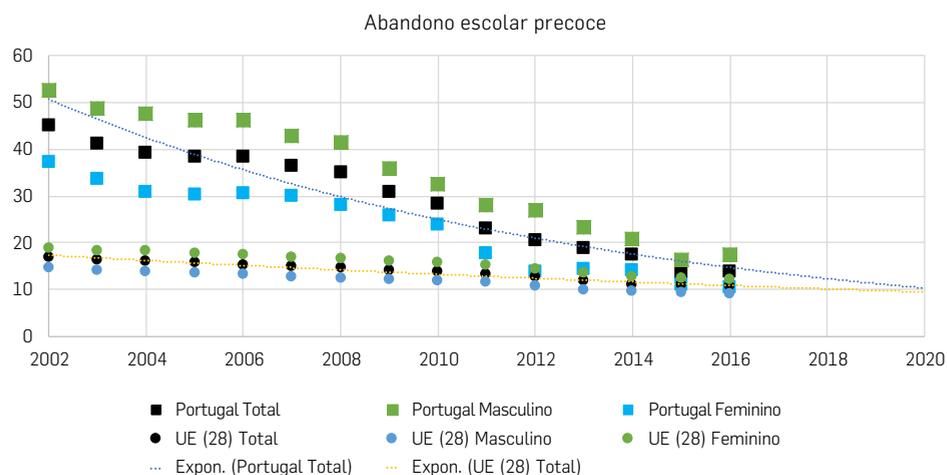


FIGURA 2. Placa comemorativa na Universidade de Oxford, que assinala os 30 anos da descoberta que possibilitou o desenvolvimento da bateria de íões de lítio.

# Abandono escolar precoce

Convencionalmente, o abandono escolar precoce é medido pela percentagem dos jovens de 18 a 24 anos que já não estão a estudar sem terem completado o ensino secundário. Nos últimos anos, Portugal teve uma notável recuperação neste indicador. Uma extrapolação exponencial simplista permite prever que o objetivo de 10% para 2020 será atingido, estando nessa altura numa situação similar à da média europeia.



Este indicador esconde a enorme transformação que ocorreu na vida das nossas escolas secundárias que tiveram de se preparar para receber (quase) todos os jovens agora atingidos pela obrigatoriedade de permanecer na escola até aos 18 anos. Se a percentagem dos jovens que terminam o ensino secundário pela via científico-humanística teve neste período um crescimento muito modesto, a grande inovação deu-se na expansão das vias profissionais e vocacionais. O objetivo é ter cerca de 50% dos jovens a seguir as vias profissionalizantes, o que ainda não foi atingido.

Há sinais bastante robustos de que este processo decorreu mantendo-se uma boa qualidade do ensino que até poderá ter melhorado a fazer fé nos indicadores internacionais PISA, TIMSS e PIRLS. A enorme visibilidade dos exames nacionais dá também uma garantia de transparência na preocupação com a qualidade do ensino. Infelizmente, é muito mais difícil avaliar o sucesso do ensino nas vias profissionais e vocacionais.

Terminada esta fase de recuperação do atraso histórico, teremos certamente de dar mais atenção à qualidade do ensino em todas as suas vias. A via científico-humanística mantém-se aberta à crítica pelos professores do ensino superior sempre insatisfeitos com a bagagem dos estudantes que ali chegam. Nas vias profissionalizantes, a medida última é dada pelo sucesso dos seus diplomados que optam pela entrada imediata no mundo do trabalho. Aqueles que decidem continuar imediatamente o seu percurso escolar precisarão de um apoio adicional ao estilo das "passerelles" francesas ou dos *bridging courses* americanos para se juntarem aos colegas que tinham já optado por um percurso educativo mais longo. Um novo desafio para as escolas no apoio ao sucesso dos seus alunos.

José Ferreira Gomes

Editor da Revista

---

# Astroquímica

Paulo Ribeiro Claro

CICECO/ Universidade de Aveiro

A Astroquímica é a ciência que estuda os átomos, as moléculas e as reações químicas no espaço sideral. Através da Astroquímica sabemos hoje que o espaço está repleto de moléculas e que muitas moléculas do planeta Terra foram formadas no espaço sideral. Vamos discutir onde e como se formam as moléculas no espaço e, sobretudo, como é que sabemos que elas lá estão?

## 1 – As moléculas são feitas de átomos e os átomos nascem nas estrelas

As moléculas formam-se por associação de átomos, através da chamada "ligação química". De uma forma simplificada, a ligação química resulta da partilha de eletrões entre os átomos que estabelecem essa ligação, segundo regras definidas pela mecânica quântica. Interessa apenas recordar que a formação de uma ligação química liberta energia, e só pode ser quebrada se fornecermos essa mesma energia de volta. E que as regras acima referidas permitem compreender que há associações de átomos que são mais estáveis que outras. No contexto deste texto, a expressão "molécula" designa qualquer "associação de átomos", o que inclui também espécies moleculares iónicas e radicalares, algumas das quais não são estáveis em atmosferas densas como a atmosfera da Terra. Por exemplo, o  $\text{CH}_4$  é uma molécula bastante estável, quando comparada com as formas radical  $\text{CH}$  ou ião  $\text{CH}_3^+$ , que são muito reativas. É possível ter um frasco de  $\text{CH}_4$ , mas não será possível ter um frasco com moléculas de  $\text{CH}$  sem que estas reajam entre si ou com o próprio frasco. Claro que no espaço interestelar, como se verá à frente, a baixa densidade impede as reações e permite a existência de moléculas "exóticas".

Os modelos atuais da origem do Universo, assumem que durante o "Big Bang" se formaram átomos de hidrogénio ( $_1\text{H}$ ) e de hélio ( $_2\text{He}$ ) e quantidades residuais de elementos mais pesados, como o lítio ( $_3\text{Li}$ ). Os restantes elementos foram sintetizados durante a evolução das estrelas. Eventualmente, algumas estrelas explodem, e essa explosão permite espalhar pelo espaço todos os elementos formados.

Deste modo, todos os átomos existentes no universo para além do hidrogénio e hélio foram formados no interior de estrelas. Isto aplica-se, naturalmente, aos átomos do nosso corpo: o nitrogénio das proteínas, o cálcio dos ossos, o ferro da hemoglobina... Todos foram sintetizados no interior de uma estrela e posteriormente espalhados pelo espaço. Nós somos, literalmente, feitos de “pó de estrelas”!

## 2 – E as moléculas mais prováveis são...

A FIGURA 1 ilustra a abundância relativa dos átomos no universo, em número de átomos. A escala é logarítmica, pelo que o domínio dos átomos de hidrogénio e hélio é evidente. Juntos contabilizam cerca de 99% dos átomos no universo. Seguem-se com maior abundância os átomos de carbono, nitrogénio e oxigénio, mas numa escala mais reduzida: por cada átomo de oxigénio há mil átomos de hidrogénio. De entre os restantes destacam-se ainda, pela sua abundância relativa, o ferro e o silício.

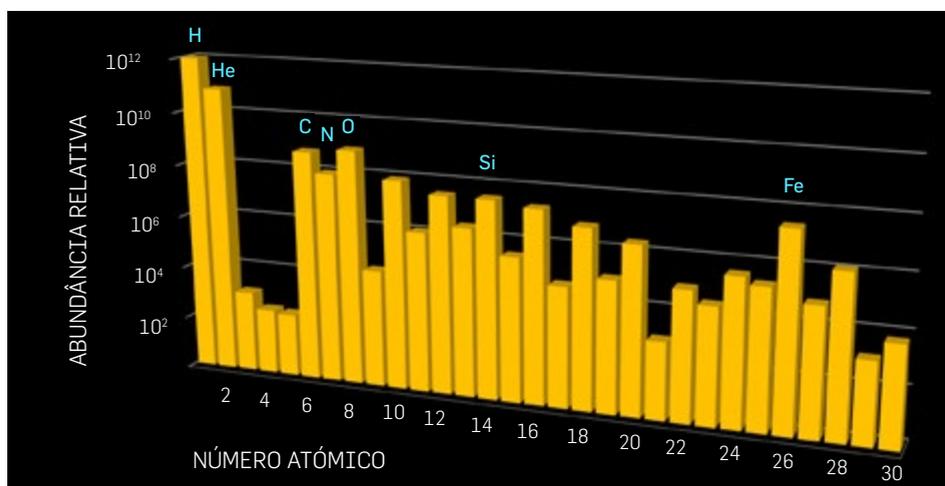


FIGURA 1. Abundância relativa dos elementos no universo em função do número atómico.

A partir desta abundância relativa dos elementos, e sabendo um pouco da forma como os átomos se ligam entre si, é fácil calcular quais as moléculas estáveis que mais provavelmente se formam. Naturalmente, a molécula de H<sub>2</sub> e todas as moléculas em que o hidrogénio se combina com átomos de carbono e oxigénio. E também as moléculas de carbono e oxigénio apenas. No entanto, o número e a variedade de moléculas que já foram encontradas em planetas, cometas e no espaço sideral está muito para além deste conjunto simples!

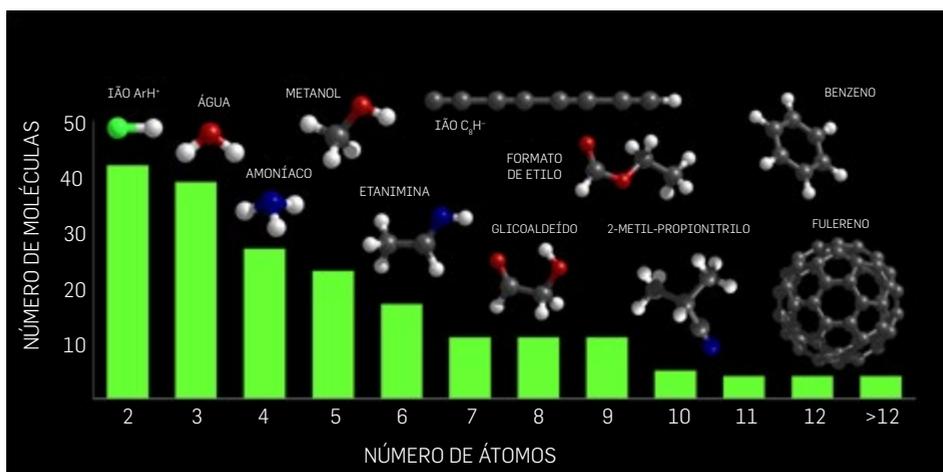


FIGURA 2. Distribuição de espécies moleculares detectadas no espaço, em função do número de átomos.

De acordo com os dados atualizados em Julho de 2017, são quase duas centenas as moléculas identificadas no espaço. A FIGURA 2 apresenta a distribuição do número de moléculas conhecidas de acordo com o número de átomos. Os exemplos vão das moléculas mais simples às mais complexas. Entre as espécies diatómicas podemos encontrar o ião CN<sup>-</sup>, já conhecido antes de 1950, e o ião ArH<sup>+</sup> (FIGURA 2), descoberto em 2013. Nas moléculas ainda pequenas, vale a pena salientar o glicolaldeído, uma molécula análoga aos açúcares; a etanimina, um precursor dos ácidos nucleicos; e ainda o 2-metil-propionitrilo, por apresentar uma cadeia de carbono ramificada. No extremo oposto, o das moléculas com mais de 12 átomos, estão os hidrocarbonetos poliaromáticos (anéis de benzeno fundidos) e o fulereno, ou C<sub>60</sub>.

Mas onde se encontram todas estas moléculas?

### 3 – No espaço há Nuvens Moleculares Gigantes (NGM).

O resultado da libertação de matéria pelos ventos estelares e pela explosão das estrelas é a formação de grandes nuvens de matéria dispersa, contendo poeiras (sobretudo de silício, oxigénio e carbono), átomos e moléculas diversas, designadas por Nuvens Moleculares Gigantes (NMG). A força gravitacional leva à aglomeração destes materiais, num processo que dá origem à formação de novas estrelas e planetas. A dimensão das NMG mede-se em dezenas ou centenas de anos-luz e a quantidade de matéria que albergam pode ser suficiente para produzir centenas ou milhares de novas estrelas.

Em 1995 tornaram-se icónicas as fotografias das NMG na Nebulosa da Águia, obtidas pelo satélite Hubble, batizadas por “pilares da criação” dada a sua forma e o facto de se acreditar que estariam a ser o “berço” da formação de novas estrelas (FIGURA 3, esquerda).

Na verdade, não é indispensável ter acesso à tecnologia do Hubble para observar NMG. Estas nuvens são detetadas porque tapam a luz das estrelas que estão por trás delas e surgem assim como uma mancha escura no firmamento. Nas condições apropriadas, é possível observar as NMG da nossa própria galáxia apenas olhando para o céu. Sem NMG, a Via Láctea deveria ser uma barra uniforme a atravessar o céu, mais brilhante no centro e desvanecendo-se para o exterior. As manchas escuras que se podem observar (FIGURA 3, direita) são devidas a NMG.



FIGURA 3. Os "pilares da criação" (esquerda, ESA) e a Via Láctea sobre o observatório ALMA (direita, Y. Beletsky (LCO)/ESO). As manchas escuras na Via Láctea devem-se a NMG.

#### 4 – Como se formam as moléculas no espaço?

A densidade de partículas (átomos ou núcleos de átomos) no espaço interestelar é de aproximadamente 1 partícula por  $\text{cm}^3$ . Estima-se que nestas condições, uma dada partícula tenha uma colisão com outra a cada 10 milhões de anos. Deste modo, não há qualquer possibilidade de formação de moléculas – sobretudo, moléculas complexas – a partir dos átomos no espaço interestelar.

Mesmo as nuvens moleculares gigantes têm uma densidade reduzida, que pode chegar a cerca de 1 milhão de partículas por  $\text{cm}^3$ . Com esta densidade já é possível a formação de moléculas simples, como as moléculas de água, de dióxido de carbono e até cadeias lineares de átomos de carbono ( $\text{HC}_n$ ). Ainda assim, esta densidade de átomos é insuficiente para explicar a formação das moléculas mais complexas referidas na FIGURA 2.

A resposta parece estar no facto de cerca de 1% das partículas nestas nuvens serem minúsculos grãos de poeira, constituídos sobretudo por silício, carbono e oxigénio, e com diâmetros entre 0,1-1  $\mu\text{m}$ .

Considera-se atualmente que estas pequenas partículas são os "balões de reação" para a síntese química no espaço. Tal como esquematizado na FIGURA 4, estas poeiras permitem fixar átomos por adsorção à superfície e funcionam como catalisadores da formação

de ligações químicas. Moléculas de pequena dimensão, como o dióxido de carbono e a água, podem dar origem à formação de um manto de “gelos”. A deposição e fixação de outros átomos sobre este manto de gelo fornece matéria-prima adicional para a síntese química – que pode ainda ser estimulada pela radiação ultravioleta, calor e raios cósmicos vindos da estrela em formação.

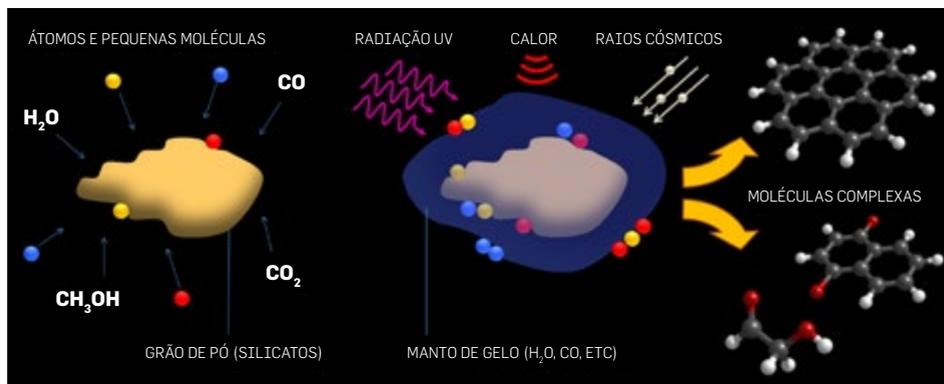


FIGURA 4. Representação esquemática da síntese de moléculas complexas nos grãos de pó.

## 5 – E como são detetadas estas moléculas no espaço sideral?

Esta é a questão final deste trabalho. Afinal, estamos a falar de nuvens moleculares longínquas, algumas mesmo a muitos anos-luz de distância, onde não é possível ir recolher uma amostra para analisar em laboratório!

A identificação de moléculas é feita por registos designados por “espetros” - que correspondem efetivamente a “impressões identificadoras” de moléculas - obtidos por técnicas de espectroscopia.

O espectro de absorção do átomo de hidrogénio resulta da absorção de radiação luminosa que acompanha a transição do eletrão para níveis de energia superiores. O mesmo fenómeno é responsável pela cor de algumas moléculas, como o caroteno (das cenouras) ou a clorofila (das plantas verdes), que absorvem fortemente a luz visível e por isso têm cor. Para obter um “espectro de absorção” é necessário colocar a amostra entre uma fonte de radiação e um detetor capaz de discriminar as diferentes componentes da radiação que atravessou a amostra (FIGURA 5). O espectro de absorção é a representação gráfica da quantidade de luz absorvida a cada frequência (por uma questão de simplicidade do texto, refere-se apenas a obtenção de espetros de absorção, omitindo a descrição paralela dos espetros de emissão, de igual relevância em astroquímica).

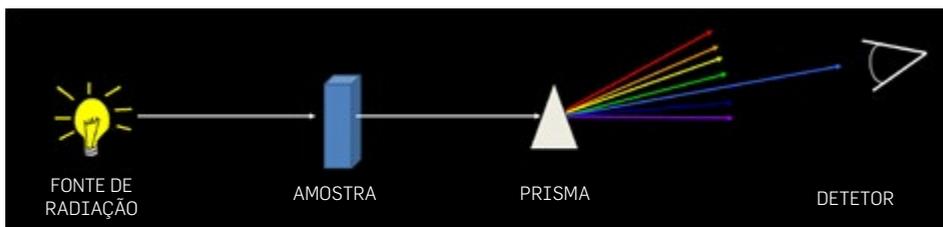


FIGURA 5. Esquema simplificado de um espectrômetro de absorção: fonte de radiação, amostra, prisma (ou rede de difração) para dispersão da luz e detetor.

Nas moléculas, além dos níveis de energia eletrônica, existem também os níveis de energia vibracional, correspondentes às vibrações das ligações químicas. Em fase gasosa, há também níveis discretos de energia rotacional, já que as moléculas não podem rodar a qualquer frequência. Todos estes níveis funcionam como “degraus de energia” que a molécula ocupa (nunca pode estar entre degraus), e uma molécula pode ser “empurrada” para um degrau acima absorvendo luz com a energia exata da altura entre degraus. E como a altura dos degraus é específica de cada molécula, o registo do espectro de absorção da luz por uma amostra permite identificar as moléculas presentes na amostra. Isso é feito naturalmente nos laboratórios, utilizando os espectrômetros de absorção – alguns dos quais são aparelhos compactos, que se podem colocar em cima de uma bancada de laboratório.

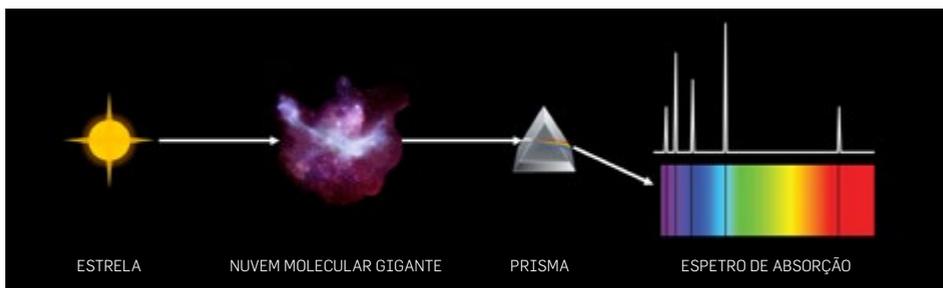


FIGURA 6. “Espectroscopia cósmica”, que reproduz o esquema da FIGURA 5, utilizando as estrelas como fonte de radiação.

E como fazer isso com moléculas no espaço, já que não é possível recolher um frasco com a amostra e trazê-lo ao laboratório? Através de um “espectrômetro cósmico”, que utiliza as estrelas distantes como fonte de radiação, as NMG como amostra e um detetor no planeta Terra (FIGURA 6). Quando uma nuvem molecular passa entre o planeta Terra e uma estrela, a luz que nos chega dessa estrela é alterada pela interação com as moléculas da nuvem. E a análise do espectro de absorção permite identificar quais as moléculas presentes na nuvem. Temos assim a observação das moléculas no espaço através da luz das estrelas!

---

# Gravitação

Orfeu Bertolami, Cláudio Gomes

Departamento de Física e Astronomia, FCUP/ CFP/ Universidade do Porto

**A força da gravitação de Newton é a força atrativa entre quaisquer dois corpos no Universo de massas,  $m_1$  e  $m_2$ , que é proporcional ao produto dessas massas e inversamente proporcional ao quadrado da distância entre os centros de massa destes corpos,  $r$ , e é dada em módulo por:**

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

**onde  $G = 6.674287 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$  é a constante da gravitação universal de Newton. A gravitação foi a primeira interação fundamental da Natureza a ser descrita matematicamente de forma detalhada.**

Desde a publicação dos *Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica* em 1687, é conhecida a formulação da gravitação universal de Newton enunciada acima e que descreve quase exatamente o movimento planetário, o fenómeno das marés, e um vasto conjunto de factos de Mecânica Celeste, assim como a propriedade de todos os corpos caírem com a mesma aceleração quando em queda livre à superfície da Terra.

Para percebermos o poder preditivo da teoria da gravitação de Newton, recordemos que, em 1845, o astrónomo francês Le Verrier previu a existência do planeta Neptuno com base nas irregularidades por ele causadas na órbita do planeta Urano. Em 1846, o planeta Neptuno foi descoberto pelo astrónomo Johann Galle no Observatório de Berlim, exatamente como previsto pela gravitação de Newton.

Efetivamente, a descrição de Newton só foi demonstrada ser inexata em 1919, aquando do primeiro teste direto da Teoria da Relatividade Geral (TRG) formulada por Einstein em novembro de 1915. Nesta teoria, a força gravitacional é substituída pela noção de curvatura do espaço-tempo e por uma complexa equação tensorial para o tensor métrico: a equação de campo de Einstein. A incógnita desta equação é o tensor métrico, o objeto matemático que permite calcular a curvatura do espaço-tempo. A equação de campo de Einstein corresponde a dez equações diferenciais a derivadas parciais, acopladas e não-lineares.

Em 1916, Einstein previu a existência de ondas gravitacionais, isto é, de perturbações no espaço-tempo, que se propagam neste à velocidade da luz, e que só foram detetadas em 2015.

Em 1917, Einstein fez outra descoberta espantosa, nomeadamente que a história e a evolução do Universo eram uma solução das equações da sua teoria. Por conta das limitações do conhecimento de então sobre a extensão do Cosmos e sobre o papel das galáxias na descrição cosmológica, inicialmente Einstein rejeitou esta evolução e modificou as suas equações. Não obstante, o trabalho seminal de 1917 fundou a ciência cosmológica.

Ao nível do Sistema Solar, a TRG descreve os fenómenos gravitacionais com uma impressionante precisão, na verdade, teoria e observações são consistentes entre si em 5 casas decimais!

Contudo, às escalas galácticas e à escala do Universo como um todo, a TRG descreve adequadamente a formação de galáxias, a coesão dos enxames de galáxias e as observações mais recentes sobre a expansão do Universo, se e somente se mais matéria não relativista (com velocidades muito menores que a velocidade da luz) e mais energia do que a observada através do brilho das estrelas e da radiação em todos os comprimentos de onda do espectro eletromagnético (infravermelho, visível, ultravioleta, raio-X, etc) for introduzida nas equações de Einstein. De facto, a compatibilidade entre a TRG e as observações astrofísicas e cosmológicas é totalmente assegurada por meio da hipótese de existência de uma significativa quantidade de matéria escura não relativista e energia escura.

Na verdade, por meio de estudos da radiação fóssil de micro-ondas, designada por radiação cósmica de fundo, é possível determinar, com grande precisão, o conteúdo energético do Universo. Esta radiação, observada na região de micro-ondas do espectro eletromagnético, é um remanescente do Universo 375 mil anos após o Big Bang e a sua estrutura revela com grande riqueza de detalhes a história do Cosmos. Através desta radiação sabemos que a geometria do Universo correspondente à parte espacial é plana. De facto, o Universo é quadri-dimensional, isto é, tem 3 dimensões espaciais e 1 temporal. Através da radiação de fundo e de outras observações é possível estimar que cerca de 68% da energia do Universo está distribuída de forma ténue e uniforme por toda a parte e que, por não se manifestar luminosamente, é designada por energia escura. Esta energia é responsável pela atual expansão acelerada do Universo. Também se consegue inferir que existe mais matéria não relativista que a que nós conhecemos: a matéria escura.

A gravitação é estudada com base na TRG. Contudo, esta não é a forma única de acoplar matéria com curvatura do espaço-tempo, pelo que para descrever a dinâmica do Universo, existe uma outra possibilidade além de incluir matéria escura e energia escura nas equações de Einstein, nomeadamente considerar teorias alternativas da gravitação. É possível que a Teoria da Relatividade Geral não seja completamente adequada e que descreva só aproximadamente a evolução do Cosmos. Até ao presente, todavia nenhum modelo alter-

nativo à TGR foi capaz de rivalizar com o poder explicativo e preditivo desta teoria, mas os cientistas têm trabalhado ativamente também nesta frente de investigação. Naturalmente, distinguir entre estas duas possibilidades, TRG com matéria e energia escura, por um lado, e a uma teoria alternativa da gravitação com matéria ordinária, é uma das questões mais fundamentais da Física contemporânea.

Na verdade, há outras razões para se estudar alternativas à TRG. De facto, a descrição da gravitação segundo a TRG não encaixa com a descrição das outras interações fundamentais da Natureza, as interações nuclear, forte e fraca, e a interação eletromagnética, que são descritas pela outra grande teoria do século XX, a Teoria Quântica dos Campos, a versão relativista da Mecânica Quântica.

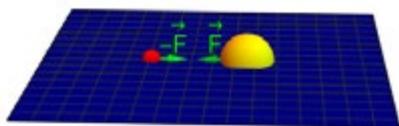


FIGURA 1. Teoria da gravitação de Newton: forças gravitacionais.

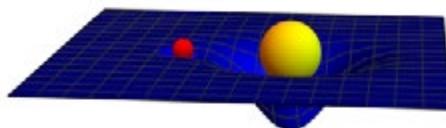


FIGURA 2. Relatividade Geral: o espaço-tempo é curvado por objetos com massa.

A harmonização dessas duas grandes teorias do século XX, Relatividade Geral e Teoria Quântica dos Campos pode estar na raiz da resolução de problemas fundamentais como, por exemplo:

- O problema da curvatura do espaço-tempo derivado do entendimento de que o vácuo segundo a Teoria Quântica dos Campos não é vazio e tem uma elevadíssima concentração de energia, o chamado problema da constante cosmológica;
- Os buracos negros, assim como os modelos cosmológicos, apresentam singularidades, isto é, pontos onde as leis da Relatividade Geral não são válidas. Existe alguma extensão quântica da gravitação que regulariza este comportamento aberrante?
- O espaço-tempo é curvo; pode então o tempo curvar-se completamente sobre si mesmo? Se a resposta for positiva, então como podemos evitar paradoxos como o de existir antes de se ter nascido? Ou seja, há que evitar as chamadas máquinas do tempo ou pelo menos evitar que por meio destas máquinas, se elas existirem, se possa alterar a História.

Dada a importância e a generalidade destas questões, a investigação em cosmologia e gravitação é uma das mais ativas da Física contemporânea.

---

# Flor

Rubim Almeida Silva

CIBIO/InBIO/ Universidade do Porto

Uma flor é um sistema de ramos que termina em séries de folhas especializadas na reprodução – antófilos – e é exclusiva das Angiospermae (Angiospérmicas), encontrando-se ausente de outros grupos vegetais, como as Pteridophyta (incluindo os denominados fetos) ou as Gymnospermae (Gimnospérmicas - incluindo coníferas, como os pinheiros)<sup>1</sup>.

Johann Wolfgang von Goethe (1790), foi um dos primeiros cientistas que interpretou os órgãos florais como se tratando de folhas modificadas. Desde então, com maiores ou menores complexidades, tem-se aceite a definição de flor como tratando-se de um curto caule que é portador de órgãos reprodutores.

Mas então como é constituída a flor? Qual a sua morfologia? Todas as flores apresentam a mesma constituição? Vejamos então o caso mais comum nas Angiospérmicas.

Como qualquer caule, também as flores apresentam **nós** (região onde se insere um ou mais ramos ou folhas) e **entrenós** (porção compreendida entre dois nós), sendo que, na flor, o espaço entre eles é diminuto.

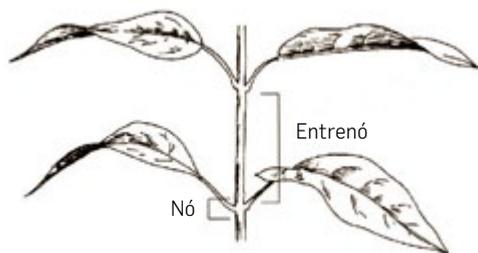


FIGURA 1. Nós e entrenós de um caule.

<sup>1</sup> Existem outras definições de flores para além do conceito de flor periantada, aqui apresentado. Assim, é possível definir uma flor de modo a incluir as atuais Gimnospérmicas. Mas nesse caso a diferença entre Angiospérmicas (portadoras de flores) e Gimnospérmicas (sem flores) deixa de existir e teria que se usar outro tratamento taxonómico. Por outro lado, o conceito de flor não periantada, é bastante discutível.

Em cada nó deste caule especial podem ser observadas folhas modificadas e muito especializadas – os **antófilos** – que constituem verticilos (conjuntos de folhas à volta de um mesmo nó) e desempenham diferentes funções. O primeiro verticilo, de baixo para cima, é o designado **cálice**. Um cálice é constituído por **sépalas**, que normalmente se apresentam verdes e mais raramente castanhas. A função do cálice é proteger a flor ainda quando é uma gema e, por conseguinte, se encontra fechada. Os antófilos deste verticilo são fotossintetizantes.

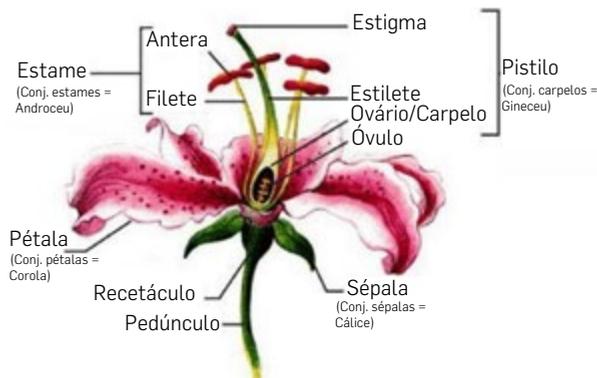


FIGURA 2. Constituição de uma flor hermafrodita.

O verticilo seguinte é a **corola**. Constituído por **pétalas** geralmente coloridas atrai os polinizadores como insetos, pássaros, etc., e também fornecem proteção aos dois principais verticilos, quando na fase de gema. Cálice e Corola são designados coletivamente **perianto**.

Em algumas situações não é possível distinguir entre sépalas e pétalas porque ambos os elementos dos dois verticilos se apresentam coloridos. Nesse caso dá-se o nome de **tépala** a cada um dos elementos e designa-se o conjunto dos dois verticilos como **perigónio**.

Segue-se um verticilo especializado na reprodução. Trata-se da parte reprodutora masculina, o **androceu**, o qual é composto por **estames**. O estame, uma folha reprodutora masculina, é composto por uma parte vegetativa – o **filete** – que suporta no seu ápice uma **antera**, a qual produzirá em determinado momento os grãos de pólen, que serão os responsáveis pela transmissão dos gâmetas masculinos à próxima geração.

Por vezes neste verticilo é possível encontrar estruturas com aspeto de estames, outras vezes vistosas e petaloides, que correspondem muitas vezes a estames estéreis e que se designam **estaminódios**.

Por fim, encontra-se o verticilo correspondente às folhas reprodutoras femininas e ao qual se dá a designação coletiva de **gineceu**.



FIGURA 3. Androceu de uma flor.

As folhas modificadas do gineceu são os **carpelos** e um gineceu pode ser constituído por um único carpelo ou por vários (ligados ou não entre si). Na maioria das vezes, os carpelos apresentam-se ligados entre si formando uma estrutura morfológicamente diferenciada e composta por três regiões: o **estigma** que se apresenta na maioria das vezes coberto por papilas e outras estruturas e substâncias que ajudam à adesão do grão de pólen; o **estilete** que auxilia no desenvolvimento e condução do tubo polínico do grão de pólen, no interior do qual se encontram os gâmetas masculinos; o **ovário**, no interior do qual se encontram os **óvulos**, que contêm o gâmeta feminino. A esta estrutura composta pelas 3 regiões anteriormente referida, aplica-se a designação de **pistilo**.

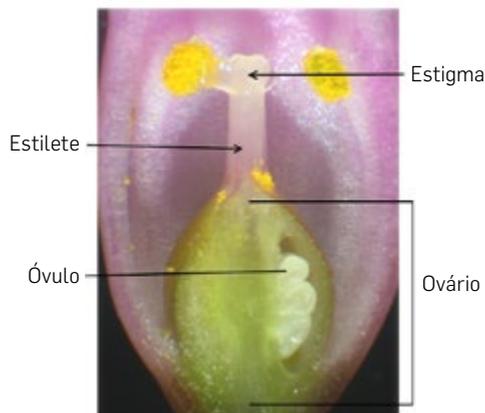


FIGURA 4. O pistilo e sua composição.

É precisamente o gineceu (diferenciado em pistilo ou não) que é extraordinariamente importante já que, após a polinização e fecundação irá dar origem, após várias alterações, ao **fruto**. A fecundação, leva a que os óvulos se transformem nas **sementes**, contendo os embriões.

Temos estado obviamente a discutir a composição das flores hermafroditas típicas das Angiospérmicas. No entanto, é de salientar que nem todas as Angiospérmicas exibem flores hermafroditas e, assim, surgem muitas vezes flores que só exibem um sexo, apresentando-se como masculinas (flores **estaminadas**) ou femininas (flores **pistiladas**), faltando os órgãos do outro sexo. Em algumas espécies, como por exemplo em *Ilex aquifolium* (**azevinho**) existem indivíduos que só apresentam flores masculinas e outros que apenas apresentam flores femininas (aqueles que normalmente apresentam as bagas vermelhas tão típicas desta espécie). Neste caso teremos árvores que apenas apresentam flores de um único sexo e assim, teremos indivíduos masculinos e indivíduos femininos dizendo-se que os indivíduos são unissexuados.

Quando uma espécie apresenta indivíduos que apenas exibem flores femininas e outros que apenas exibem flores masculinas, dizemos que a espécie é **dióica**. Quando ambos os tipos de flores (ou flores hermafroditas) estão presentes em todos os indivíduos, dizemos que se trata de uma espécie **monóica**. É de salientar que os termos monóico e dióico, apenas se aplicam a espécies e nunca a indivíduos como agora é moda referir.

---

# Probabilidade condicional

Maria Eugénia Graça Martins

Professora aposentada do Departamento de Estatística e Inv. Operacional/ Universidade de Lisboa

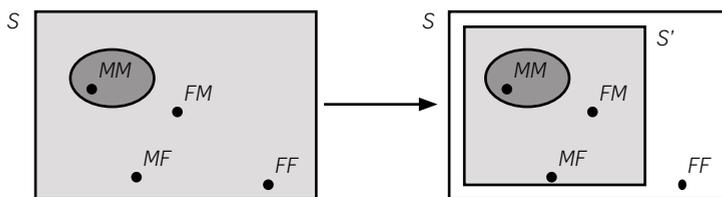
A probabilidade condicional é um dos conceitos mais importantes da Teoria da Probabilidade e está relacionado com o facto de em muitas situações em que se pretende calcular a probabilidade de um acontecimento, já se dispor de alguma *informação* sobre o resultado da experiência que conduz à realização do acontecimento, a qual permite atualizar a atribuição de probabilidade a esse acontecimento.

Considere-se um espaço de resultados  $S$  e uma probabilidade  $P$  nesse espaço. Dados dois acontecimentos  $A$  e  $B$ , com  $P(B) > 0$ , define-se **probabilidade condicional** de  $A$  se  $B$  (ou dado  $B$ , ou sabendo  $B$ , ou condicional à ocorrência de  $B$ ), e representa-se por  $P(A | B)$ , como sendo

$$P(A | B) = \frac{P(A \cap B)}{P(B)}$$

Mais concretamente, ao falarmos na probabilidade condicional, nomeadamente probabilidade do acontecimento  $A$  dado  $B$ , estamos a restringir o espaço de resultados em que estamos a trabalhar ao definido pelo acontecimento  $B$ . Assim, a probabilidade de  $A$  em  $B$  é calculada dividindo a probabilidade da interseção de  $A$  com  $B$ , pela probabilidade de  $B$ .

Por exemplo, se considerarmos uma família com dois filhos, admitindo que existe igual probabilidade de ser rapaz ( $M$ ) ou rapariga ( $F$ ), o espaço de resultados associado ao fenómeno que consiste em averiguar o sexo dos dois filhos é  $S = [MM, MF, FM, FF]$ , com resultados igualmente prováveis, pelo que a probabilidade de que ambos os filhos sejam rapazes é  $P(MM) = 1/4$ . No entanto se pretendermos a probabilidade de ambos os filhos serem rapazes, sabendo que um deles é rapaz, este condicionamento provoca que o espaço de resultados se reduza a  $S' = [MM, MF, FM]$ , donde a probabilidade pretendida será  $P(MM) = 1/3$ . A situação descrita anteriormente pode ser representada com o seguinte diagrama de Venn



A definição de probabilidade condicional é muito útil, quando utilizada no sentido inverso, para calcular a **probabilidade conjunta** ou **probabilidade da interseção** de dois acontecimentos

$$P(A \cap B) = P(A | B) P(B) = P(B | A) P(A)$$

É uma noção, em geral intuitiva, quando é aplicada no cálculo de probabilidades de cadeias de acontecimentos. Por exemplo, considere-se uma turma constituída por 8 rapazes e 14 raparigas, em que se pretende selecionar uma comissão de curso constituída por 2 alunos. Pretende-se que esta seleção seja aleatória, pelo que os nomes dos alunos são escritos em 22 pedaços de papel, que se colocam num saco, de onde se extraem 2 desses papéis, ao acaso. Qual a probabilidade da comissão de curso ser constituída por dois rapazes? Se representarmos por  $M_1$  o acontecimento “saída de um nome de rapaz na primeira extração” e por  $M_2$  o acontecimento “saída de um nome de rapaz na segunda extração”, pretende-se a probabilidade da interseção destes acontecimentos, ou seja,  $P(M_1 \cap M_2)$ . Tendo em consideração a definição de probabilidade conjunta, vem

$$P(M_1 \cap M_2) = P(M_1) P(M_2 | M_1) = \frac{8}{22} \frac{7}{21}$$

E se se pretendesse a probabilidade de numa nova seleção sair ainda um nome de rapaz? Neste caso teríamos

$$P(M_1 \cap M_2 \cap M_3) = P(M_1) P(M_2 | M_1) P(M_3 | M_1 \cap M_2) = \frac{8}{22} \frac{7}{21} \frac{6}{20}$$

---

# IV Encontro Internacional Casa das Ciências

Manuel Silva Pinto

Casa das Ciências

Como já vem sendo uma constante dos últimos anos, realizou-se em julho passado o **IV Encontro Internacional da Casa das Ciências**, que teve este ano algumas novidades e diversas “nuances”, que o enriqueceram de forma significativa.

As novidades centraram-se na construção de linhas de formação na área das Tecnologias da Informação e da Introdução às Ciências, que tornaram possível aos professores, quer do primeiro e segundo ciclos, quer da educação pré-escolar, bem como aos das TIC/Informática, definirem os seus percursos formativos próprios, de modo claramente específico.



FIGURA 1. Sessão de abertura do IV Encontro Internacional Casa das Ciências.

Uma outra grande novidade foi a criação de “linhas” específicas de formação, ou seja, cada professor, dentro da sua área de especialização, poderia, se assim o desejasse, assistir e participar num conjunto de atividades claramente específicas da sua área de formação e lecionação.

As *núances* foram as mais de três mil horas de formação disponibilizadas, que permitiram essa escolha dos participantes, estruturadas numa lógica organizativa abrangente e flexível. Tivemos ao longo dos três dias de formação, 10, 11 e 12 de julho, nas instalações da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, plenárias, painéis, comunicações e *workshops*, distribuídos por mais de uma centena de atividades distintas.



FIGURA 2. Os oradores da três grandes plenárias (da esquerda para a direita): Daniel Bessa, Henrique Leitão e Pedro Gil Ferreira.

Importa também referir que este IV Encontro se realizou no enquadramento da parceria que a Casa das Ciências fez com o EDULOG, da Fundação Belmiro de Azevedo, no sentido de garantir a continuidade de um trabalho que já ganhou consistência ao nível da educação em Portugal e que acrescenta valor ao trabalho desenvolvido pelo EDULOG.

Cada um dos três dias teve uma grande plenária com uma temática de interesse e utilidade para todos os participantes e que trouxe algo de novo ao pensamento docente. O economista e ex-ministro da Economia, Daniel Bessa, o investigador/historiador da Ciência e Prémio Camões, Henrique Leitão e o físico português da Universidade de Oxford, Pedro Gil Ferreira, foram os conferencistas escolhidos para estas palestras de grande audiência, que se revelaram de exceção. Apropriando-me da expressão feliz de um dos participantes “... estavam mais de oitocentas pessoas no auditório, talvez umas cem fossem matemáticos, só se falou de matemática e no fim toda a gente aplaudiu com enorme entusiasmo...”

A realidade observada no local, e todo o retorno que tivemos da grande maioria dos participantes, deixam-nos concluir que quando os conferencistas são desta qualidade, a linguagem que falam é universal e compreendida por todos. Foi uma aposta ganha.



FIGURA 3. *Workshop «Luz e Cor».*

Houve treze plenárias disciplinares, distribuídas por dois dias e em paralelo. Escolhemos personalidades muito relevantes de cada uma das áreas, e o número de participantes que assistiu, bem como as apreciações que mais tarde se foram fazendo, fazem-nos acreditar que esta é uma solução para manter, pois para além de raramente existir a possibilidade de se poder assistir a palestras desta qualidade, a escolha pode ser feita em termos do interesse de cada um e não apenas pela indicação da área disciplinar. Digo isto porque, por exemplo, nas plenárias das Tecnologias tivemos sempre muito mais pessoas a assistir do que o número de participantes daquelas áreas que se tinham inscrito previamente. Isto revela, por um lado, que a problemática das TIC é ainda hoje um fator de enorme interesse no mundo da educação, e por outro, que perceber o fenómeno da evolução tecnológica dentro dos sistemas educativos e usar as suas *nuances* e possibilidades ao nível da sala de aula, ainda precisa de muito trabalho, investigação e debate. Estaremos atentos, naturalmente. Nestas plenárias tivemos investigadores, professores e especialistas das Universidades de Coimbra, Porto, Lisboa, Évora e Aveiro. Os painéis, dez ao todo e onde intervieram no conjunto 56 personalidades, tiveram duas temáticas diferentes e perfeitamente atuais. Na primeira série, seguimos o tema geral do encontro, “A Ciência e o Desenvolvimento”, tendo os debates, com alguma naturalidade, sido alargados ao público presente, dada a inovação e a premência trazida pela qualidade dos participantes. Teve um papel fundamental na preparação destes painéis a Comissão Editorial da Casa das Ciências que, para cada área temática e para cada tema específico em particular, teve sempre a capacidade de sugerir os melhores especialistas, que tinham efetivamente algo a dizer com qualidade e rigor. A segunda série, que decorreu no último dia do encontro, foi dedicada, por sugges-

tão da Comissão Organizadora da FCUL, ao debate em torno dos manuais escolares, o seu rigor, a sua pertinência e interesse e mesmo a sua necessidade em tempo da digitalização global da informação. Como seria de esperar em temática tão sensível, a polémica nasceu com alguma facilidade, embora sempre com uma troca de opiniões sã e equilibrada. Quem assistiu, saiu da sala com mais informação e com uma visão mais alargada e, sobretudo, mais aberta dos problemas discutidos.



FIGURA 4. *Workshop* «À descoberta do ambiente natural».

Os *workshops* são sempre o ponto alto, por permitirem uma forte interação em grupo de trabalho reduzido. Foram mais de 40, distribuídos por duas tardes praticamente integrais, permitindo a cada participante “estar” em cerca de oito horas de formação de “mão na massa”, isto para um total de 26 horas por cada participante. A expressão “mãos na massa” ilustra na perfeição o formato que cada vez mais tem vindo a estar presente nestas atividades ao longo dos anos. Apenas meia dúzia, e falo de meia dúzia de seis, tiveram um cariz mais teórico. Os restantes, mesmo os das tecnologias, os das matemáticas, os da Introdução às Ciências, ou foram laboratoriais ou de manipulação de materiais e experimentação em concreto. Alguns houve mesmo que “saíram” do espaço físico onde decorreu o Encontro para que a sua realização tivesse as condições operacionais que pudessem colocar toda a gente a “trabalhar”. Do retorno que obtivemos, os professores, na sua generalidade, “reclamam” mais e mais *workshops*. Não prometemos para o futuro que isso irá de certeza acontecer, apenas que faremos os esforços nesse sentido. Mas é bom que se compreenda que as questões logísticas que acarretam um sobredimensionamento neste formato, são uma condicionante muito forte. Nomeadamente em áreas científicas que, por norma, precisam de laboratórios para poderem realizar as suas tarefas de forma eficaz.



FIGURA 5. *Workshop «Entomologia Forense».*

Não há nenhum encontro sem comunicações. E neste, tivemos 61, das quais 21 em formato poster. Confesso que numa fase inicial da preparação do IV Encontro, tive algumas reservas quanto à dimensão e qualidade das comunicações que iríamos ter. Depois, foram surgindo, do Algarve, do Rio de Janeiro, dos politécnicos, das universidades portuguesas, da RBE, de colégios, de Niterói, das escolas, de São Paulo, dos centros de investigação etc., etc. e percebi, de forma clara, que os Encontros da Casa das Ciências passaram a ter, quer em Portugal, quer nos países de expressão portuguesa, um outro ponto de referência. Passou a ser um local privilegiado para que os professores e investigadores em Ciência que se dedicam às questões da educação nesta área, pudessem “mostrar” o seu trabalho, as suas experiências, as suas investigações. Neste Encontro, tivemos mais de uma centena de pessoas envolvidas na apresentação de comunicações, com a particularidade de, nalguns casos, as salas serem demasiadamente pequenas, onde mal couberam todos os que quiseram assistir, e, noutros casos, a experiência ter mesmo “descido ao terreno”, literalmente, com alunos e tudo.

Em síntese, três dias de formação séria, de extrema qualidade, com algumas das maiores referências em cada uma das áreas científicas focadas e, por fim, mas não menos importante, com um trabalho real de cada participante centrado na sua aprendizagem, de forma construtiva.

# Loxodrómi- as e Espirais – II

José Francisco Rodrigues

CMAF\_IO/ Universidade de Lisboa

27

Na Renascença, quando as navegações oceânicas suscitaram questões matemáticas novas na navegação, na cartografia e na astronomia, o matemático Pedro Nunes (1502-1578) procurou não só compreender as linhas de rumo, mais tarde também chamadas linhas loxodrómicas ou loxodrómi-  
as, como formulou o problema de as representar no plano. Se, no seu “*Tratado em defesam da carta de marear*”, incluído no “*Tratado da Sphera*” de 1537, recorreu a uma bela roseta que confundiu os historiadores que a tomaram como sendo a projeção estereográfica, na sua importante obra latina de 1566, salientou a importância de utilizar na cartografia marítima “*uma descrição plana da orbe*” que retificasse a linha de rumo, i.e., uma representação onde “*são desenhadas linhas retas em lugar dos rumos do mesmo nome; como são paralelas, fazem ângulos iguais com toda a linha meridiana ou rumo Norte-Sul*”.



FIGURA 1. O enigma da roseta de Pedro Nunes na aplicação “Loxodrómi-  
as e Espirais”

Essa representação proposta por Pedro Nunes nessa obra de 1566, foi efetuada em 1569 pela primeira vez num Mapa-mundi por Gerardus Mercator, e viria a ser a projeção cilíndrica conforme, ainda hoje a mais utilizada nas cartas de marear.

No artigo anterior, descreveu-se como, através da aplicação interativa LOXODRÓMIAS E ESPIRAIS ([http://formas-formulas.fc.ul.pt/interactive/loxo/pt/index\\_pt.html](http://formas-formulas.fc.ul.pt/interactive/loxo/pt/index_pt.html)), *loxo*, se podem traçar virtualmente linhas de rumo na superfície esférica da Terra, escolhendo um azimute partindo de Lisboa ou comparando as rotas entre duas cidades, escolhidas numa lista, ou entre dois quaisquer pontos no globo a partir das suas latitudes e longitudes. Descreve-se agora como também se podem relacionar essas espirais esféricas com algumas das suas projeções planas, que ainda sendo espirais, permitem a esclarecer o enigma das curvas da roseta de Pedro Nunes incluída no seu Tratado publicado em Lisboa em 1537. A primeira representação de Nunes é uma simples projeção ortográfica do equador numa ilustração já referida anteriormente. A segunda é a roseta de Nunes, representada na FIGURA 1, que motivou a segunda componente da *loxo* que ilustra, de forma interativa, algumas variantes de projeções planas duma linha de rumo, partindo do facto, conhecido desde o século XVII, que a sua projeção estereográfica é uma espiral logarítmica que intersesta as linhas radiais num plano segundo ângulos iguais, tal como a loxodrómia intersesta os meridianos da esfera sempre segundo o mesmo ângulo.

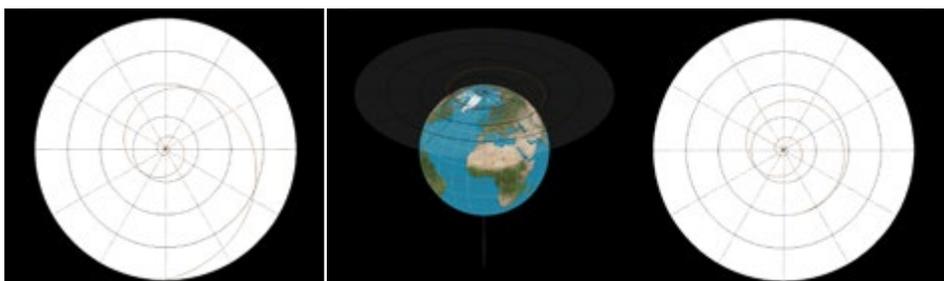


FIGURA 2. Comparação da espiral logarítmica, à esquerda, com a espiral de Poincaré, à direita, correspondentes, respetivamente, às projeções estereográfica e ortográfica de uma loxodrómia com azimute de  $76^\circ$ .

A projeção estereográfica, conhecida no tempo de Ptolemeu e dos matemáticos da antiguidade como projeção planisférica, projeta a superfície esférica a partir de um dos polos no plano tangente ao polo oposto. Esta projeção preserva os ângulos, i.e., é conforme, mas não mantém nem as distâncias entre pontos nem as áreas. A FIGURA 2 mostra um plano tangente à esfera da Terra no polo Norte reproduzindo, à esquerda, a espiral logarítmica que se obtém com a projeção estereográfica de uma loxodrómia correspondente a um azimute de  $76^\circ$  e que traduziria sua meia sombra nesse plano se se colocasse um foco de luz exatamente no polo Sul. Na *loxo*, um ponto-cursor faz mover a perspectiva de forma contínua a partir do polo Sul até ao infinito, deformando no plano a espiral logarítmica até

se obter uma espiral de Poinso, que está representada no círculo branco da direita na FIGURA 2 e traduz a meia sombra da loxodrómia quando a luz é paralela ao eixo da Terra. A espiral de Poinso corresponde à projeção ortográfica da loxodrómia e mostra a Terra tal como aparece vista do espaço exterior à medida que o observador se afasta dela. As duas espirais, apesar de parecidas, correspondem a equações diferentes que se podem obter uma da outra com a variação contínua de um parâmetro, e o ponto-cursor da *loxo* permite deformar a espiral logarítmica numa espiral de Poinso.

A imagem que ilustra o menu da *loxo* reproduz uma roseta com que Pedro Nunes, no seu tratado de 1537, pretendeu ilustrar loxodrómias com azimutes de  $45^\circ$  e  $67,5^\circ$ . Sobre esta representação, na FIGURA 3 estão representadas as projeções de loxodrómias com espirais intermédias obtidas com a mudança do ponto de perspetiva que transforma a espiral logarítmica na espiral de Poinso e permite aproximar essas espirais às curvas da roseta de Pedro Nunes, iluminando um enigma que perdurava.

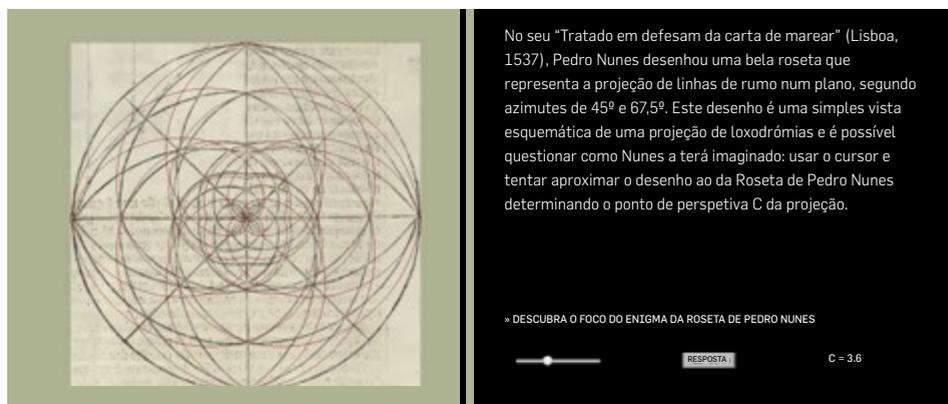


FIGURA 3. As espirais sobrepostas sobre os arcos de circunferência da roseta de Pedro Nunes esclarecem o enigma.

De facto, pode ser verificado com a *loxo* que não existe nenhum ponto de perspetiva que corresponda aos arcos da roseta de Pedro Nunes, pois também foi verificado, com outros meios, que estes correspondem a arcos de circunferência justapostos.

A versão interativa da *loxo*, inicialmente criada em dezembro de 2012, foi integrada, no ano seguinte dedicado à Matemática do Planeta Terra, na Exposição "Formas e Fórmulas", que esteve em exibição no Museu da Universidade de Lisboa, entre junho de 2012 e julho de 2016. A atual versão está livremente disponível em [http://formas-formulas.fc.ul.pt/interactive/loxo/pt/index\\_pt.html](http://formas-formulas.fc.ul.pt/interactive/loxo/pt/index_pt.html).

Consulte a primeira parte do artigo em [rce.casadasciencias.org/art/2017/022](http://rce.casadasciencias.org/art/2017/022)

---

# Potencial educativo de parques urbanos no ensino das Ciências

Manuela Lopes

Agrupamento de Escolas Aurélia de Sousa

**Ensinar Biologia com base em observações da Natureza, em parques urbanos, pode constituir uma forma inovadora de transmissão de saberes, com desenvolvimento de capacidades dos alunos para a construção do conhecimento e para a sua aplicação em novas situações.**

No século XXI, face aos desafios tecnológicos e ao fácil acesso à informação, o contexto educativo tem de estar voltado sobretudo para o “saber fazer” com o desenvolvimento do pensamento crítico, da criatividade, da participação, da colaboração, da autonomia e da responsabilidade dos alunos, para que estes adquiram competências favoráveis a uma cidadania informada, responsável e participada.

As estratégias educativas utilizadas, didáticas e pedagógicas, devem ser consistentes e coerentes com o carácter das aprendizagens pretendidas, motivando e envolvendo os alunos na sua prática ativa.

Os Laboratórios Escolares da Paisagem podem ser definidos como espaços verdes, multifacetados, de dimensões variáveis e com características favoráveis à investigação escolar e à efetiva interiorização de valores ambientais. Pretende-se que estes locais sejam utilizados pelas escolas de segundo e terceiro ciclos do ensino básico e do ensino secundário com o objetivo de promover uma melhor aprendizagem com espírito de observação, reflexão crítica, flexibilidade de raciocínio, capacidade de argumentação, interação e cooperação, com aplicação de conhecimentos em novas situações.

Em contexto urbano, a maioria das escolas não dispõe de espaços de trabalho que permitam a interação dos alunos com a Natureza, com observação e interpretação científica de fenómenos, pelo que a utilização de jardins públicos e de parques urbanos no desenvolvimento de práticas experimentais baseadas em modelos naturais, em diferentes níveis e anos de escolaridade, pode constituir uma mais-valia para um ensino que se pretende inovador.

De acordo com as suas características, os parques urbanos podem proporcionar diversos contextos educativos como Laboratórios Escolares da Paisagem, sendo de salientar os ecossistemas aquáticos existentes nos seus lagos e pequenos cursos de água. Nestes locais, podem por exemplo ser investigados diferentes aspetos inerentes às temáticas da Biodiversidade e da Dinâmica dos Ecossistemas, com valorização da classificação taxonómica de seres vivos, da identificação de relações bióticas, do registo da variação sazonal dos efetivos populacionais e da avaliação da qualidade da água através de indicadores físicos, químicos e biológicos. Para um trabalho enriquecedor, nas escolas, as bibliotecas das mesmas devem possuir livros de informação científica e guias de identificação de algas, de zooplâncton e de macroinvertebrados de ambientes lacustres, a serem requisitados para complementar o trabalho realizado em laboratório. Para um nível básico, é de destacar a simplicidade e o valor pedagógico dos livros “Descobrir o rio e as albufeiras”, “Descobrir o estuário” ou “Descobrir as ribeiras”, das Edições Afrontamento.



FIGURA 1. Organismos presentes em água de lago em observação microscópica (*Daphnia* à esquerda e *Aelosoma hemprichi* à direita).

No que diz respeito a bioindicadores zooplânctónicos, em laboratório pode ser investigada a presença de microcrustáceos indicadores (*Daphnia magna*), de rotíferos e de diatomáceas, por exemplo, em amostras de água recolhidas em locais diferentes. Esta tarefa poderá ser orientada, em distintos níveis de ensino, através de grelhas de identificação com diferentes graus de complexidade e sendo complementadas com informações sobre seres vivos bioindicadores representativos. De acordo com estudos científicos, as espécies de rotíferos que revelam maior resistência a altos níveis de eutrofização são *Brachionus angularis angularis*, *Brachionus rubens*, *Filinia longiseta*, *Rotatoria rotatória* e *Rotatoria neptunia*.

O mesmo procedimento poderá ser realizado para invertebrados, sendo fornecida aos alunos a informação das espécies indicadoras de diferentes estados tróficos da água. Em níveis de ensino que permitam um estudo mais complexo, poderá optar-se pela determinação de índices bióticos, como exemplificado na apresentação “Simulação da avaliação da qualidade ecológica das águas doces superficiais”, disponível no Portal da Casa das Ciências.

No estudo da biodiversidade, será interessante levar os alunos a comparar as comunidades existentes em amostras de água com diferentes valores de parâmetros físico-químicos, investigando a influência de fatores abióticos inerentes a alterações sazonais, ou à intervenção humana, nos diferentes grupos de seres vivos lacustres. Poderá ainda constituir uma tarefa de elevado valor pedagógico a elaboração de um guia de espécies observadas, sendo estas caracterizadas e divididas pelos diferentes grupos taxonômicos.

No âmbito do estudo da dinâmica dos ecossistemas, os alunos devem também ser orientados para a reflexão crítica sobre a influência dos fatores externos na dinâmica dos ecossistemas aquáticos, desenvolvendo a autonomia investigativa e a capacidade de espírito crítico.

Em conclusão, as referidas práticas de ensino poderão constituir um exemplo de trabalho capaz de motivar os alunos para a curiosidade científica e para a valorização da Natureza, promovendo aprendizagens efetivas.

---

# BiSafe Portugal

## *Blooms* de Microalgas e consumo de bivalves em Portugal

Helena Barracosa, Yan Kobozev,

Ana Fornea, Inês Silva

e Alice Silvestre

Agrupamento de Escolas João de Deus, Faro

Certas microalgas produzem compostos bioativos – as biotoxinas marinhas - capazes de causar intoxicações agudas no Homem quando concentrados por certos animais. Os moluscos bivalves podem exercer esta função e podem ser responsáveis por danos graves na saúde humana.



FIGURA 1. As ostras são um dos exemplos de bivalves capazes de concentrar biotoxinas marinhas provenientes de microalgas.

O tema central do projeto BiSafe Portugal está relacionado com este problema ou seja as biotoxinas marinhas produzidas por microalgas e as graves consequências do consumo de bivalves contaminados.

A ingestão de moluscos bivalves portadores de biotoxinas e as consequências ao nível da saúde do consumidor leva à publicação de avisos de interdição de apanha/comercialização por

parte do IPMA (Instituto Português do Mar e da Atmosfera). Contudo a informação oficial disponibilizada é pouco amigável e efetiva para o cidadão comum que quer uma resposta rápida sobre se pode ou não pode apanhar, comprar ou consumir bivalves. O desafio foi descodificar uma linguagem técnica, altamente complexa, para uma linguagem popular, sem perda de rigor na qualidade da informação. BiSafe Portugal resulta de um projeto de âmbito regional e base escolar iniciado no ano letivo transato onde foi desenvolvida uma app (aplicação para dispositivos móveis), sobre as interdições de captura no Algarve e baseada em dados oficiais retirados dos comunicados emitidos pelo IPMA. Esta app permite ao consumidor, mariscador ou comerciante saber, de uma forma rápida e em tempo real, se é seguro consumir, capturar e/ou comercializar bivalves sem descurar o rigor da informação prestada. Desta forma é o próprio consumidor que se torna agente de mudança contribuindo para uma melhoria do controlo sanitário deste produto de excelência e de grande importância económica no nosso país.

A captura e comercialização de bivalves nas zonas costeiras litorais algarvias e a moluscicultura na Ria Formosa (e na Ria de Alvor) constituem uma das atividades de maior significado económico da região algarvia no quadro da exploração dos recursos vivos naturais, devido às condições favoráveis dos ecossistemas. A Ria Formosa é a maior zona produtora de bivalves em Portugal, sobretudo ameijoas boas (*Ruditapes decussatus*), envolvendo 1 600 licenças de exploração e cerca de 10 000 empregos. O tema central deste projeto relaciona-se com a ocorrência de blooms sazonais de microalgas produtoras de biotoxinas (HAB, *Harmful Algal Blooms*) e as suas consequências. As biotoxinas são compostos naturais produzidos por espécies de fitoplâncton e que são filtrados por bivalves (ameijoas, conquilhas, berbigões, ostras, mexilhões...) e acumulados nos mesmos. Sazonalmente, as microalgas libertam este tipo de toxinas que podem, em caso de ingestão, ter graves consequências para a saúde humana designadamente diarreias graves, amnésia ou a paralisia de órgãos vitais, dependendo do tipo de toxinas produzidas pelas microalgas. Estão inclusivamente documentados em Portugal casos letais derivados do consumo de bivalves contaminados. Nas regiões temperadas do planeta, tais como Portugal, os bivalves são os principais vetores de intoxicações esporádicas. Por essa razão são realizadas periodicamente análises tanto à água como aos bivalves e os resultados são tornados públicos pelas autoridades marítimas traduzindo-se na publicação de avisos de interdição de apanha por parte do IPMA, nas áreas de produção e de acordo com normas europeias, transpostas para legislação nacional.

Como Laboratório Nacional de Referência em Biotoxinas Marinhas, o IPMA é a entidade em Portugal responsável pela realização e divulgação de análises regulares aos bivalves em termos de biotoxinas. Contudo a informação disponibilizada no site do IPMA é pouco amigável e efetiva para utilização pelo cidadão comum que quer uma resposta rápida sobre se pode ou não pode apanhar, comprar ou consumir bivalves. O desafio foi descodificar uma linguagem técnica, altamente complexa, para uma linguagem popular, sem perda de rigor na qualidade da informação.

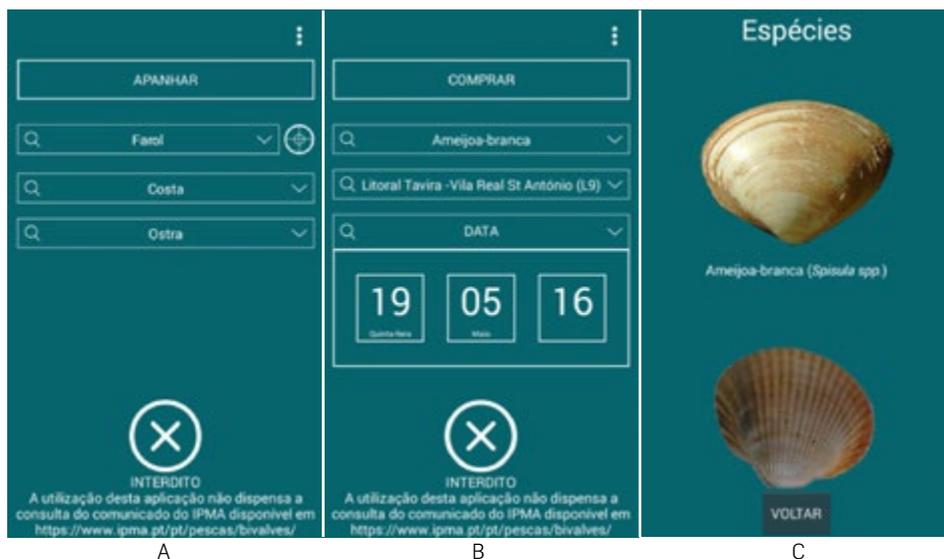


FIGURA 1. **A** – Interface “apanhar”; **B** – Interface “comprar”; **C** – Tutorial “Listagem de espécies”.

“BiSafe Portugal” resulta de um projeto iniciado no ano letivo transato por um grupo de alunos e professores da Escola Secundária João de Deus (Faro) dos cursos de Ciências e Tecnologia e ainda do Curso Profissional de Multimédia. O produto principal desenvolvido consistiu numa aplicação para dispositivos móveis (em sistema *Android*) que permite ao utilizador ter uma informação rápida e rigorosa sobre as interdições de captura no Algarve. Esta aplicação tem duas interfaces (FIGURA 1 e FIGURA 2): apanhar (destinada ao apanhador profissional ou amador, interface georreferenciada) e comprar (destinada ao consumidor/comerciante). Ambas permitem obter informação contextualizada temporal e espacialmente, em termos de interdição ou não de determinada espécie de bivalves e toda a aplicação se baseia em dados oficiais contendo ainda, a título informativo, uma listagem com imagens das espécies mais comuns que possibilita ao consumidor uma melhor identificação (FIGURA 3). A aplicação está disponível (em versão *Android* e para a zona algarvia estuarina-lagunar e litoral de produção de moluscos bivalves) podendo ser descarregada gratuitamente em <https://play.google.com/store/apps/details?id=aejd.bisafe>.

Contudo “BiSafe Portugal” apesar de ter como alvo principal o desenvolvimento da app não se esgota neste produto. A presença de biotoxinas nos moluscos bivalves é um assunto recorrente particularmente no verão, mediático, controverso e logo com um grande impacto social e económico. Paralelamente ao desenvolvimento da app, foram realizados estudos de base sociológica sobre a perceção do problema pelo consumidor de bivalves. Os resultados obtidos apontam para um grande desconhecimento das consequências da ingestão de bivalves contaminados, uma desconfiança relativamente à informação veicu-

lada pelo IPMA e ainda a existência de “mitos” relacionados com a eliminação de biotoxinas (e.g. as biotoxinas são eliminadas pela depuração, congelação ou fervura). Não existem praticamente estudos sobre o tema e muitos dos bivalves colocados no mercado, sobretudo os vendidos a granel, parecem não cumprir as normas sanitárias e de rotulagem. Isto representa um risco para a saúde pública em Portugal devido à sua possível contaminação por agentes patogénicos e/ou biotoxinas. Estas e outras informações sobre o projeto poderão ser acedidas através do site do projeto disponível em <http://www.bisafe.pt>.

O trabalho já realizado (de âmbito regional) permitiu lançar bases para que, no presente ano letivo, se possa ampliar a base de investigação e introduzir novos objetivos (de âmbito nacional) num projeto de continuidade designado “BiSafe Portugal”:

- Desenvolver uma aplicação informática amigável para dispositivos móveis sobre as interdições de captura para comercialização ou consumo válida em Portugal para todas as espécies objeto de análise por parte do IPMA que possa ser utilizada em qualquer dispositivo móvel do tipo *smartphone* ou seja em sistema *Android*, *iOS* e *Windows*.
- Recolher dados a nível nacional, acerca do conhecimento da população e comportamentos associados enquanto consumidores, comerciantes ou apanhadores de bivalves/mariscadores.
- Estabelecer contactos com escolas europeias localizadas em zonas análogas de produção de bivalves com vista ao estabelecimento de parcerias e internacionalização do projeto, uma vez que o fenómeno é global e atinge outras áreas costeiras europeias.

Em termos metodológicos o projeto segue a metodologia de trabalho de projeto e de resolução de problemas, configurando uma abordagem científica baseada na formulação de questões iniciais de investigação e na tentativa de as resolver. Por outro lado, a sua abordagem é claramente prática e multidisciplinar mobilizando várias áreas curriculares para o seu desenvolvimento designadamente as ciências exatas e experimentais (estatística, biologia e química), ciências humanas (investigação sociológica), informática, design gráfico/comunicação. O projeto inclui ainda uma vertente de desmultiplicação com o estabelecimento de parcerias nacionais e internacionais (escolas) possibilitando lançar as bases para uma internacionalização do projeto.

Em síntese pensamos que “BiSafe Portugal” poderá contribuir para um aumento do interesse das autoridades nacionais e europeias pelo problema e encará-lo verdadeiramente como um caso de saúde pública direcionando mais meios para a sua resolução. Uma melhoria do controlo sanitário deste produto de excelência pode conseguir-se por pressão de consumidores mais informados e atentos a este problema, convertendo os consumidores em verdadeiros agentes de mudança. Ou como refere Carlos Luís, Diretor do Agrupamento de Escolas João de Deus (Faro) “BiSafe Portugal” é um projeto emblemático que reflete a ligação profícua que se pode estabelecer entre a escola e a sociedade”.

# A Estação Litoral da Aguda

17 anos de educação ambiental

Jaime Prata, Mike Weber,

José Pedro Oliveira,

Assunção Santos

Estação Litoral da Aguda

A Estação Litoral da Aguda - ELA (FIGURA 1), localizada na praia da Aguda, no Concelho de Vila Nova de Gaia, integra um Museu das Pescas, um Aquário e um Departamento de Educação e Investigação. Pertence à Câmara Municipal de Gaia e é gerida pela empresa municipal Águas de Gaia E.M., S.A.. Abriu ao público em Julho de 1999 tendo recebido, até agora, 380.000 visitantes.



FIGURA 1. A Estação Litoral da Aguda.

No museu das pescas, podem observar-se equipamentos e utensílios antigos e modernos da pesca artesanal. Mais de 2000 objetos provenientes dos 5 continentes, em tamanho original e reduzido (maquetas). A pesca artesanal da praia da Aguda está bem representada mas também outras regiões e localidades estão aqui retratadas, como a região de Aveiro, o rio Minho, os Açores e Madeira e até as regiões habitadas pelos esquimós. Podem ser observadas coleções de anzóis, de conchas, de mudas de crustáceos, etc.. No 1º andar do edifício está patente uma exposição permanente designada por “Pesculturas” composta por esculturas em barro que representam todas as artes de pesca tradicionais de Portugal.

No aquário podem ser observados 15 tanques, com um volume total de 28.000 litros, onde vivem cerca de 2000 espécimes pertencentes a cerca de 60 espécies da fauna e flora da costa ocidental portuguesa.



FIGURA 2. Peixe-porco *Balistes carolinensis*.

No âmbito da Educação Ambiental são disponibilizados atualmente nove programas para todos os níveis pedagógicos, abrangendo todas as classes etárias, desde os jardins-de-infância até à universidade sénior. A localização física da ELA, a 20 metros do mar, proporciona condições ímpares para o ensino e a investigação científica do litoral com toda a sua biodiversidade, a frota pesqueira e as artes da pesca artesanal.

Em 1996 deu-se início ao 1º programa pedagógico “Programa de Educação Ambiental no Litoral” ao que se seguiram vários outros programas que privilegiam o ar livre e o contacto direto com a natureza nomeadamente os programas “Trilhos de Interpretação da Natureza”, “Litoral em Mudança”, “Contos do Mar” e “Turma do Mar”.

Estas atividades pelas quais, ao longo dos últimos 17 anos, já passaram mais de 80 000 alunos de várias faixas etárias, proporcionam uma abordagem dos temas ligados à Biologia e Ecologia Marinhas numa forma que não é possível fazer nas escolas e, por isso, assumem-se como complementares e enriquecedoras dos programas escolares.

Horário de visitas: todos os dias das 10h às 18h (exceto 25 de dezembro).

# Sem rochas não há bitoques

Nuno Pimentel

Instituto Dom Luiz/ Universidade de Lisboa

39

Ao entrarmos num restaurante ou numa qualquer tasca de bairro para comer um bitoque, estamos longe de imaginar o quanto a Geologia está na base desse ato. E no entanto, é o facto de existirem rochas alteráveis à face da Terra, que permite que toda a cadeia alimentar siga o seu caminho até chegar a nós, nesse preciso momento, à mesa ou ao balcão. Mas comecemos pelo princípio.

O Solo é a base de toda a vida vegetal e animal, a qual, em última análise, é o suporte da nossa própria alimentação e existência. Não existiríamos portanto sem o Solo e sem rochas o Solo não existiria.

O Solo é, por definição, uma mistura de minerais, matéria orgânica, água e ar, cuja génese radica na meteorização das rochas expostas aos agentes atmosféricos. A formação de um Solo, designada por Pedogénese, resulta da interação das rochas presentes na superfície terrestre com os agentes físicos e químicos que aí atuam. Entre eles conta-se a Atmosfera, essencialmente oxidante e que promove a oxidação dos minerais que contêm elementos metálicos, como é o caso de muitos dos alumino-silicatos das rochas (biotite, anfíbolos, piroxenas ou olivinas, p.ex.). Também a reação com a água das chuvas contribui para a meteorização das rochas, promovendo a hidrólise dos minerais e a sua separação em componentes químicos que são parcialmente solubilizados ou que dão origem aos minerais das argilas. Finalmente, a própria Biosfera também contribui para a meteorização, ao reagir com alguns compostos minerais e ao unir-se a eles em compostos organo-minerais.

O Solo tem portanto o seu início numa rocha com uma determinada coesão e composição mineral, cuja exposição aos agentes externos dá origem a materiais texturalmente e composicionalmente diferentes. Texturalmente, a alteração dos minerais promove a sua desagregação mecânica, a qual pode ser ampliada pela ação dos próprios organismos e de processos de alteração física, como a crioclastia (fraturação pelo gelo) ou a hialoclastia (fraturação por saís). Composicionalmente, um solo irá apresentar um empobrecimento em minerais menos resistentes, passando a prevalecer os mais resistentes, como o quart-

zo. Ao mesmo tempo, os elementos mais solúveis tenderão a ser removidos pelas águas de infiltração e escorrência, enquanto as argilas se poderão formar em quantidades significativas e acumular-se no interior do próprio solo. Assim se explica que os solos sejam, quando comparados com as rochas que lhes dão origem, mais friáveis e também mais areno-argilosos. E são precisamente estas características que permitem que a vegetação se instale com as suas raízes penetrativas, buscando água e nutrientes minerais, usufruindo das propriedades favoráveis do solo para se desenvolver e crescer em altura, na busca de sol para a fotossíntese.



FIGURA 1. Ovelhas a pastar livremente na Serra dos Candeeiros. A meteorização dos calcários em clima temperado deu origem a solos argilosos acastanhados pouco espessos, cuja erosão pelas chuvas promoveu alguma acumulação na área mais baixa, onde se desenvolvem ervas e arbustos, a par de algumas azinheiras e oliveiras.

Claro que nem todos os solos são iguais. Como sabemos, há solos mais férteis que outros e isso justifica a diferente ocupação vegetal e agrícola dos terrenos das diferentes regiões. As características intrínsecas de um solo dependem de quatro fatores: i) a composição química e mineralógica da Rocha que lhe está subjacente e que lhe deu origem; ii) as condições de precipitação e temperatura do Clima em que se desenvolve; iii) o maior ou menor Declive da vertente em que se desenvolve e, conseqüentemente, a maior ou menor tendência para que os materiais da pedogénese sejam removidos por erosão ou mantidos/acumulados no local, originando um solo espesso; iv) o Tempo que esse solo teve para se desenvolver. Conjugando estes quatro fatores, teremos solos mais ou menos maduros e mais ou menos ricos em nutrientes para as plantas. Para além dos fatores naturais, o

Homem sempre tratou de melhorar os solos, arando-os para lhes permitir uma melhor circulação da água e do ar intersticial, ou adicionando-lhes elementos químicos (de origem natural ou industrial), para melhorar as suas características composicionais.

E onde ficamos então quanto ao bitoque? É que são as plantas que crescem no Solo que constituem a base alimentar da maioria dos animais que usamos para a nossa alimentação. Uma vaca, ou qualquer outro animal, vai buscar a sua energia e todos os nutrientes de que necessita, às pastagens ou rações, cujas plantas cresceram e se desenvolveram física e quimicamente na dependência de um Solo. E este desenvolveu-se física e quimicamente na dependência das rochas subjacentes. Por isso, aquele bife só existe porque existiram antes as plantas que aquele animal ingeriu (direta ou indiretamente). Aliás, também as batatas fritas ou o arroz que o acompanham, provêm naturalmente de plantas que cresceram num solo. E já agora, o próprio ovo provém de uma galinha que terá comido milho ou outros cereais, também eles provenientes de plantas de um qualquer campo agrícola dependente dum solo que a mão humana provavelmente trabalhou e regou durante anos a fio.

Por isso, a próxima vez que olhar para um bitoque, pense na cadeia alimentar que o antecedeu e concluirá naturalmente que, sem rochas, não estaria ali a comê-lo.



---

# Do Atlas ao Saara

## A geologia na fronteira entre a Tunísia e a Argélia

Luís Vítor Duarte

MARE/ Departamento de Ciências da Terra da Universidade de Coimbra

Subjugados a um clima seco, os países do Maghreb inspiram-nos com magníficas paisagens, onde a morfologia e o *modus vivendi* das populações quase se confundem num horizonte particularmente áspero. Estas paragens, especialmente no bordo sul do Atlas, cordilheira que cruza três países do Norte de África (Marrocos, Argélia e Tunísia) – desde o Atlântico oriental até ao Golfo de Gabes –, têm sido cenário de muitos clássicos de Hollywood. Desta vez, caminhamos até às portas do deserto de areia do grande Saara, onde foi filmada uma parte muito relevante do *Paciente Inglês*. Um filme de culto, galardoado pela Academia da capital do cinema que, para além de todo o enredo melodramático retrata, precisamente, a cartografia das zonas desérticas, protagonizada pela Real Sociedade de Geografia em plena Segunda Grande Guerra. Tentando retratar os países anglófonos do Egito e da Líbia são, no entanto, da região de Tozeur, no sudoeste da vizinha Tunísia, “gaulesa”, as belas imagens que passam para a tela cinematográfica. Contudo, apesar de toda esta grandeza, mais surpreendidos ficamos com a visita real a alguns locais desta região, próxima da fronteira com a Argélia. Onde pontificam locais tão arrebatadores do ponto de vista geomorfológico, como Tamerza, Chebika ou Chott El Djerid. Entre gargantas, oásis, tamareiras, lagos salgados e pequenas dunas de areia. Destas, as maiores e mais espetaculares, ficam um pouco mais para Sul.

A geologia está ao “virar da esquina”. Nas regiões desérticas, está em todo o lado, nos 360° que o círculo da visão nos proporciona. Por aqui, é só escolher o motivo, pois o azimute é simples de seguir para quem tenha o olho preparado e educado. Por uma questão de hierarquia, tem de se começar pelo suprassumo deste território: os lagos salgados, de génese constante de alguns minerais de precipitação química, que são referência dos

melhores compêndios de sedimentologia e de ambientes sedimentares atuais. Novamente, vem à memória o sempre Princípio do Uniformitarismo, que nos permite averiguar nos exemplos recentes a explicação mais adequada e convincente de muitos dos registos de sucessões evaporíticas (salíferas, gipsíferas, etc...), conhecidas de diversas idades e repartidas por todo o globo. A começar pela Formação de Dagorda (com a sua localidade tipo para os lados de Óbidos), da base do Jurássico português, “carregada” de gesso, que tem nos modelos de sedimentação atual dos lagos salgados norte africanos uma das suas possíveis origens. Os clássicos ambientes de *sabkha*! Onde a pluviosidade é baixa. Mas chove! Havendo sais e alguma água na superfície, a evaporação faz grande parte do seu trabalho: a génese de minerais como a halite, gesso ou a carnalite. Os tais minerais evaporíticos.



FIGURA 1. O imenso Chott El Djerid: crostas hexagonais de sais que resultam de períodos de dessecação.

Entre os vários lagos salgados que abundam na região sobressai, desde logo pela sua dimensão, o Chott El Djerid. Um dos maiores do mundo! Uma imensidão de sais a perder de vista, qual bela miragem, pois é mesmo de água que falamos. Com importante recarga de água dos maciços rochosos circundantes, algumas áreas da superfície do lago são recobertas por crostas de sais, formando largas estruturas poligonais que resultam de fenómenos de dessecação e que se desenvolvem em períodos de maior estiagem (FIGU-

RA 1). É neste tipo de contexto sedimentar que ocorrem as famosas e genuínas rosas do deserto, cristais de gesso combinados com areia em forma de pétala de flor, com as suas cores tipicamente "terrosas". A imaginação dos nativos, à semelhança do que acontece com outras espécies minerais do Atlas marroquino, dá-lhes o colorido garrido, completamente artificial, que falta à paisagem (FIGURA 2). É a originalidade do povo norte africano no seu melhor.



FIGURA 2. Rosas do deserto, contituídas por gesso (sulfato de cálcio hidratado) e areia, com "cores" para todos os gostos! Ótima imaginação.

Atravessando o Chott El Djerid em direção a Oeste, chega-se a Tamerza, conhecida pela sua antiga aldeia, quase fantasma, a testemunhar que, quando chove de verdade, os efeitos podem ser catastróficos. É nas imediações desta povoação que é conhecido o "grande" *canyon* da Tunísia, mas incomparavelmente menor do que o americano. Aqui, nas *gorges* de Tamerza, onde se contam algumas pequenas cascatas (FIGURA 3), as semelhanças são imensas com algumas das passagens do *Paciente Inglês*. A geologia é materializada por rochas sedimentares muito variadas, em camadas sub-horizontais, com forte continuidade lateral, cuja idade mais antiga remonta ao Cretácico Superior. Entre elas, destacam-se umas rochas mais esbranquiçadas, os fosfatos, que dão nome a algumas minas da região. Mas, nesta ambiência árida, que já foi mar – o conhecido Tétis –, não falta novamente a paleta de cores, não só através das já expectáveis rosas do deserto pintadas como dos turbantes que se alinham no horizonte numa das zonas mais comerciais deste recanto geomorfológico da Tunísia.



FIGURA 3. As "paredes" da Grande Cascata de Tamerza. Rochas sedimentares estratificadas sub-horizontais datadas do Paleogénico.

No conjunto de geossítios de Tozeur selecionados, fica a faltar Chebika, que combina um pouco de tudo o que atrás foi narrado. A pouco menos de meia-dúzia de quilómetros de Tamerza, Chebika parece testemunhar melhor o confronto dos relevos do Sul do Atlas com a plataforma saariana. Na paisagem sobressaem estratos de rochas do Terciário (Paleogénico), não muito diferentes dos de Tamerza, mas aqui em posição vertical, denunciando que as forças tectónicas, orogénicas, não foram nada, mesmo nada leves (FIGURA 4). Afinal, o Atlas é exemplo e produto das forças compressivas mais marcantes do globo. A cortar estas estruturas, desenha-se um estreito riacho, inclinado e particularmente encaixado, com as sedutoras quedas de água, fatalmente refrescantes, pois o clima, por aqui, é bem ardente. Devido à constante humidade do solo, desenvolve-se um oásis luxuriante, igualmente estreito porque a morfologia não dá para mais. Mas o curso de água não vai longe. Morre, precisamente, na sua parte mais aplanada, quando atinge o lago salgado mais próximo.



FIGURA 4. Rochas sedimentares estratificadas sub-verticais (Paleogénico) a montante do oásis de Chebika.

Muita e generosa geologia! Acompanhada, aqui e ali, pelos sons de batuque, por encantadores de serpentes ou por vendedores de qualquer coisa. À hora da refeição, o indispensável cuscuz. Que é garantido. Ao fim da tarde, um *thé à la menthe*. Para nos fazer recordar o *Chá do Deserto* de Bertolucci, rodado em Ouarzazate, no lado mais oriental do Atlas e do Saara. Um ótimo motivo para uma das próximas incursões por outros lugares deste lado único do planeta Terra.

---

# Resina

in [imagem.casadasciencias.org](http://imagem.casadasciencias.org)

O pensamento (e a civilização) ocidental revê-se e constrói-se arquetipamente sobre a estranheza das dualidades, sobre os conflitos dos opostos mas também nas atrações dos contrários, na unidade e complementaridade das dicotomias. A vida e a morte (*eros* e *thanatos*), o corpo e a mente, o bem e o mal, a matéria e o espírito, a forma e o fundo, o belo e o horrível, são exemplos de termos que, sendo opostos, se fundem e confundem numa tensão comum. Na presença dos opostos, cada elemento potencia as suas características no confronto com o outro, necessitando cada um da presença do outro: assim são inseparáveis e assim coexistem. Assim é o mundo.

Esta é uma fotografia que mantém os atributos de objetividade da imagem (centralidade do enquadramento, iluminação cuidada, eficácia da focagem, clareza descritiva) mas que realça à nossa percepção esta conjugação indivisível dos contrários: o opaco e o transparente, o rugoso e o polido, o brilhante e o turvo, a cor e a sua ausência, o escuro e o claro, as formas complexas e as formas simples, o irregular e a geometria.

Tanta tensão e complexidade numa imagem aparentemente tão “simples”.

Mário Bismarck

Belas Artes/ Universidade do Porto

A resina não é um produto exclusivo das Gimnospérmicas arbóreas conhecidas como Coníferas, podendo ser encontrada noutras espécies, incluindo angiospérmicas, nomeadamente em *Myroxylon* sp., *Pistacia lentiscus* (lentisco ou aroeira), *Acer* sp., etc.

A resina do pinheiro pode ser usada na produção de inúmeros produtos, tais como: colas, gomas, graxas, lacas, terebentina, vernizes, etc. Produzida no interior da planta quando sofre algum dano ou ferida no tronco, este fluido, composto por terpenos e seus derivados (incluindo óleos e álcoois), é produzido naturalmente, em canais resiníferos, isto é, em tecidos secretores intercelulares onde se acumula, tendo por missão selar feridas e impedindo os ataques de fungos e de insetos fitófagos.

A resina mais famosa será o designado Âmbar, uma pedra semipreciosa. Composta por resina vegetal fossilizada proveniente de restos de coníferas e de algumas angiospérmicas.

Rubim Almeida Silva

Ciências/ Universidade do Porto



# Casa das Ciências Prémios



# 2017

---

A Casa das Ciências vai premiar os melhores recursos educativos e imagens submetidos ao portal durante o ano de 2016.

Temos o prazer de o / a convidar a estar presente na sessão de entrega dos **Prémios Casa das Ciências 2017**, onde serão conhecidos os vencedores. A sessão decorrerá no dia 11 de dezembro às 14:30 horas, na Galeria da Biodiversidade da Universidade do Porto, à Rua do Campo Alegre.

Conheça todos os candidatos em **[casadasciencias.org](http://casadasciencias.org)**.

**Submeta-nos os seus recursos educativos e imagens** até 31 de dezembro e candidate-se ao prémio do próximo ano.