

DEZEMBRO 2017

# V5/04

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  
Pedro Freitas

IMPRESSÃO E ACABAMENTO  
Uniarte Gráfica S.A.

TIRAGEM  
3000 exemplares

IMAGEM NA CAPA  
Pixabay  
[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

Pedro Freitas

Alexandra Coelho

Guilherme Monteiro

### NORMAS DE PUBLICAÇÃO NA RCE

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. Discutirá conceitos numa linguagem elementar, mas sempre com um rigor superior.

### 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.

Para mais informação sobre o processo de submissão de artigos, consulte a página da revista em [rce.casadasciencias.org](http://rce.casadasciencias.org)

### EM PARCERIA COM



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

DEZEMBRO 2017

# V5/04

## ÍNDICE

02 AGENDA

03 NOTÍCIAS

### EDITORIAL

05 Prémios Nobel 2017

José Ferreira Gomes

### ARTIGOS

07 Acontecimentos

independentes

Maria Eugénia Graça Martins

10 Pulgas-de-água (*Daphnia* spp.)

Sara C. Antunes,

Bruno B. Castro

13 Ondas gravitacionais

Orfeu Bertolami,

Cláudio Gomes

16 Espectroscopia

Paulo Ribeiro Claro

20 Potencial químico, Fugacidade  
e Atividade

Fernando M. S. Silva Fernandes

### NOTÍCIAS EDUCATIVAS

27 Perspetivas de integração de  
métodos numéricos

Raul Aparício Gonçalves

31 Biólogos marinhos por um dia

Sandra Amoroso, Vera Sequeira,

Susana França

### PROJETO DE SUCESSO

34 C.R.I.A. - Sustentabilidade -

São Tomé e Príncipe

André Ferreira Freitas

37 A Horta Pedagógica como

ferramenta interdisciplinar

Alberto Caeiro

### A VISITAR

39 Museu da Farmácia

Paula Basso

### AOS OLHOS DA CIÊNCIA

41 Paisagens da Islândia

Fernando Carlos Lopes

44 Um lugar ideal p'ra morar

Nuno Pimentel

### IMAGEM EM DESTAQUE

48 Ouriço magnético

Álvaro Folhas,

Cláudia Amandi

**20/04**  
**a 31/12** (2017)

Exposição "Ao encontro de África"

Visite Moçambique e encontre uma seleção de objetos que evidenciam a riqueza cultural e biológica de Moçambique.

MUSEU DA CIÊNCIA

DA UNIVERSIDADE DE COIMBRA

[HTTP://WWW.MUSEUDACIENCIA.ORG/](http://www.museudaciencia.org/)

**27/03**  
**a 01/01** (2018)

Os dinossauros  
invadem a Lourinhã

Desde 27 de março que é possível ver, espalhados pelas ruas da Lourinhã, diversas representações de dinossauros. Os dinossauros ficarão expostos até 1 de janeiro de 2018, altura em que serão transferidos para o novo Parque dos Dinossauros, ainda em construção.

LOURINHÃ

[HTTP://WWW.MUSEULOURINHA.ORG](http://www.museulourinha.org)

**21/04**  
**a 31/12** (2018)

Exposição "Plantas e Povos"

Está patente no Museu Nacional de História Natural e da Ciência, desde o dia 21 de abril, a exposição "Plantas e Povos", sobre o uso das plantas por parte do Homem.

MUSEU NACIONAL DE HISTÓRIA NATURA E CIÊNCIA, LISBOA

[HTTP://WWW.MUSEUS.ULISBOA.PT/PT-PT/PLANTAS-E-POVOS](http://www.museus.ulisboa.pt/pt-pt/plantas-e-povos)

**9/07**  
**a 11/07** (2018)

V Encontro Internacional  
da Casa das Ciências

O V Encontro da Casa das Ciências vai realizar-se na cidade de Guimarães, entre os dias 9 e 11 de Julho de 2018, organizado como o apoio do Centro de Formação Martins Sarmento e da Câmara Municipal de Guimarães, entre outras entidades.

Terá como temática "Ciência, Comunicação, Imagem e Tecnologia" e aguarda acreditação para os grupos 110, 230, 500, 510, 520 e 550. Fique atento ao portal Casa das Ciências e subscreva a nossa newsletter para ficar a par de todas as novidades do encontro.



## A domesticação dos cereais

A história começa há 30 000 anos



FIGURA 1. Espécie de trigo (*Triticum monococcum*) originário do Médio Oriente.

As plantas selvagens têm uma tendência genética para espalhar as sementes. Quando as sementes passam a ser recolhidas, armazenadas e semeadas, a evolução é alterada passando a ser preferida a retenção das sementes. A reprodução da planta fica então dependente da intervenção humana.

Neste estudo (DOI: 10.1098/rstb.2016.0429) foram usadas sementes de trigo, cevada e arroz de sítios arqueológicos do norte da Síria e da China. A domesticação do arroz terá decorrido principalmente no período de 5 500 a.C. até 4 000 a.C.. Para o centeio e o trigo, a evolução mais rápida terá sido entre

8 500 e 7 500 a.C.. Mas antes desta fase, teria havido um período muito longo de evolução lenta que pode ter começado há mais de 20 000 anos no Próximo Oriente para o trigo e o centeio e, na Ásia, há mais de 13 000 anos para o arroz.

Se demonstrarmos que a evolução de certas plantas estava a ser manipulada em épocas tão recuadas, então temos a garantia de que existiriam já grupos populacionais humanos relativamente densos. A discussão da origem da agricultura tem agora de considerar este efeito de muito longo prazo anterior às datas normalmente tomadas como marco da fixação de populações agrícolas.

## Redução de emissões poluentes

Catalizador economiza metal nobre

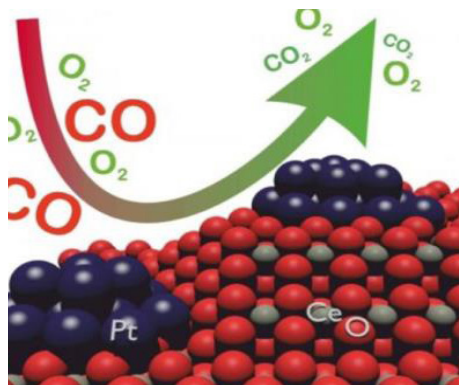


FIGURA 1. O conversor catalítico de um carro converte o monóxido de carbono em dióxido de carbono (não tóxico) e consiste de cério (Ce), oxigénio (O) e platina (Pt).

Um novo conceito de tratamento dos gases de escape de tráfego urbano pode reduzir o

consumo de metais nobres (DOI: 10.1002/anie.201707842). Cerca de 60% da platina comercializada na Europa é usada em conversores catalíticos de veículos. Este trabalho, mostra que é possível melhorar a atividade catalítica e reduzir o consumo do metal nobre.

Têm sido produzidas nanopartículas metálicas com dimensões de 2 a 100 nm, o que corresponde a 10 a 1 000 vezes o raio atômico da platina. As propriedades químicas e físicas do metal variam enormemente quando atingimos estas escalas. A atividade catalítica depende do tamanho das partículas e das suas interações eletrônicas com os óxidos de suporte.

Neste estudo, foi demonstrado como é possível usar a dinâmica da dispersão da platina sobre o óxido de cério nas condições de operação do conversor de forma controlada para melhorar a oxidação do monóxido de carbono a baixa temperatura.

---

## A física de partículas na grande Pirâmide

### Localiza-se um novo espaço vazio



FIGURA 1. O complexo de pirâmides de Gizé, Egito. (fonte: wikipedia)

Usando uma tecnologia usualmente reservada para a física de partículas, foi possível encontrar uma cavidade na grande pirâmide de Gizé (DOI: 10.1038/nature24647). É a primeira grande descoberta estrutural desde o século XIX. Este novo espaço pode incluir uma ou mais salas e corredores porque os registos dão uma imagem muito grosseira do espaço vazio.

A grande pirâmide de Quéops (Khufu em inglês) foi construída no planalto de Gizé durante a IV dinastia pelo Faraó do mesmo nome que reinou entre 2 509 e 2 483 a.C.. Apesar de todos os esforços feitos ao longo de muitos anos, ainda não há acordo sobre como foi construída.

Foram colocados detetores de muões em locais profundos da pirâmide, permitindo os impactos provindo de várias direções. O muão é uma partícula elementar semelhante ao eletrão, com carga -1 e spin 1/2, mas com uma massa muito maior. O muão é fracamente absorvido pela pedra pelo que é capaz de atravessar a grande espessura da pirâmide. A intensidade do sinal medido dá indicação da espessura real de material rochoso que terá sido percorrido pelo feixe de muões. A deteção de um sinal muónico mais forte numa certa direção indica que haverá menos material rochoso no trajeto correspondente. A descoberta foi confirmada pelo uso de vários tipos de detetores colocados em vários locais.

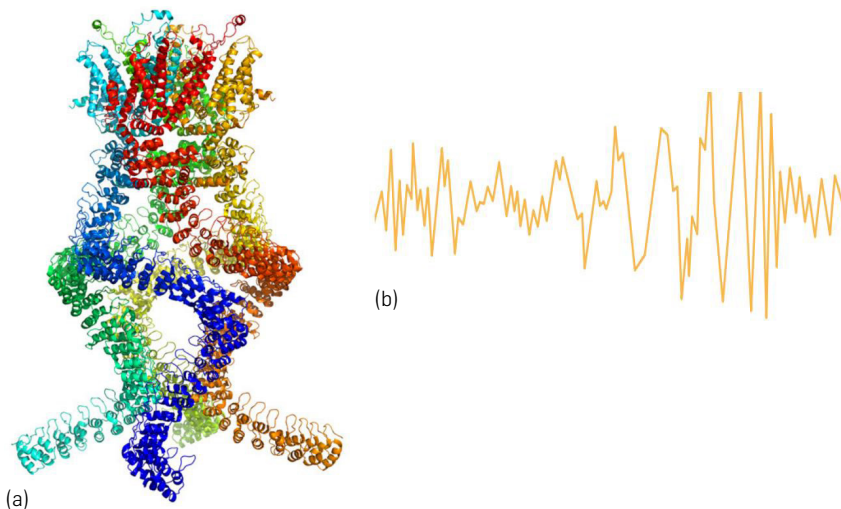
---

# Prêmios Nobel 2017

**Física:** Pela detecção de ondas gravitacionais, Rainer Weiss, Barry C. Barish e Kip S. Thorne, norte-americanos, tendo Weiss nascido na Alemanha.

**Química:** Para a visualização de biomoléculas por microscopia eletrônica a baixas temperaturas, Jacques Dubochet, Joachim Frank e Richard Henderson, suíço, norte-americano e inglês, respetivamente.

As ondas gravitacionais previstas por Einstein em 1916 foram observadas pela primeira vez em 14 de setembro de 2015. Isto foi conseguido num projeto colaborativo de mais de 20 países e com mais de 1000 cientistas. Weiss tinha, em meados da década de 1970, previsto as fontes de ruído de fundo que dificultariam as medições e projetou um detetor que o poderia ultrapassar.



(a) Um sensor do tipo que lê as variações de pressão no ouvido e nos permite ouvir.

(b) A primeira onda gravitacional detetada, mostrando a chegada do sinal resultante do colapso de dois buracos negros.

As ondas gravitacionais agora observadas foram criadas na colisão violenta de dois buracos negros que ocorreu há mais de mil milhões de anos. Einstein tinha sugerido a sua existência, mas duvidava de que alguma vez pudessem ser detetadas e até duvidou de que tivessem existência real por poderem ser um puro artifício matemático. Os dois buracos negros em rotação emitiram ondas gravitacionais ao longo de milhões de anos. Aproximaram-se e fundiram-se num único buraco negro emitindo durante as décimas de segundo que durou este processo uma energia equivalente a três massas solares.

Se nos lembrarmos que há 100 anos ainda se ensinava nas universidades a teoria molecular como um modelo de compreensão da Química, é impressionante que estejamos hoje a celebrar a capacidade de ver as moléculas, mesmo as mais complexas como são as proteínas. Em 1915, o prémio Nobel da Física foi entregue a W. H. Bragg pela análise da estrutura cristalina por raios X. A microscopia eletrónica permite uma melhor resolução porque o comprimento de onda associado aos eletrões é muito menor que o da luz visível (no microscópio ótico) ou dos raios X. Hoje aproximamo-nos do objetivo de ver uma molécula única à escala atómica. Este quase milagre consegue-se congelando subitamente a molécula de proteína com as moléculas de água essenciais à sua estrutura terciária e garantindo uma intensidade de radiação eletrónica suficientemente baixa para causar poucos danos. Em contrapartida, recorre-se a um software poderoso para acumular muitas imagens bidimensionais difusas e obter uma imagem tridimensional e boa resolução.

José Ferreira Gomes

Editor da Revista

# Acontecimentos independentes

Maria Eugénia Graça Martins

Universidade de Lisboa

De uma forma intuitiva somos levados a dizer que dois acontecimentos são independentes quando a realização de um deles não tem influência na realização do outro. Como avaliar esta influência? A probabilidade condicional, um dos conceitos mais importantes da teoria da Probabilidade, vai-nos permitir avaliar se, dados dois acontecimentos, a ocorrência de um deles condiciona, de alguma forma, a probabilidade de ocorrência do outro, conduzindo-nos, assim, à noção de independência entre acontecimentos.

Dados os acontecimentos A e B, com  $P(B) > 0$ , diz-se que o acontecimento A é **independente** do acontecimento B, se a probabilidade de A se verificar é igual à *probabilidade condicional* de A se verificar, dado que B se verificou

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

ou seja, o facto de se saber que o acontecimento B se realizou, não altera a probabilidade de A se realizar.

Se o acontecimento A é **independente** do acontecimento B, então o acontecimento B é **independente** de A, se  $P(A) > 0$ . Efetivamente, tendo em consideração a definição de probabilidade condicional, tem-se

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

Assim, os acontecimentos A e B, com  $P(A) \times P(B) > 0$ , são **independentes** quando a ocorrência de um deles não altera a probabilidade da ocorrência do outro, ou seja:

$$P(A|B) = P(A) \text{ e } P(B|A) = P(B)$$

Repare-se que se alguma das condições anteriores se verifica, da definição de probabilidade condicional vem que

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

A igualdade anterior costuma ser utilizada para definir a independência entre acontecimentos, dizendo-se que:

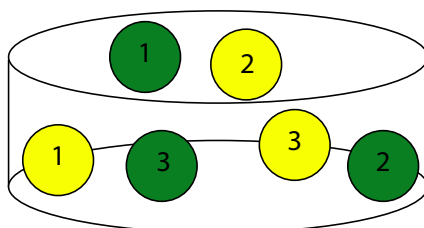
Dois acontecimentos A e B são **independentes** se e só se

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

Esta definição de independência, embora não seja tão intuitiva, é a que é utilizada de um modo geral, não sendo necessário impor restrições aos valores de  $P(A)$  e  $P(B)$ . Por exemplo se  $P(A)=0$ , como  $A \cap B \subseteq A$ , vem  $P(A \cap B) \leq P(A)$  e A é independente de qualquer outro acontecimento.

As duas definições de independência são equivalentes desde que se exija que  $P(A) \times P(B) > 0$ .

Exemplo – Considere-se uma caixa que contém 6 fichas de duas cores diferentes, numeradas de 1 a 3, conforme a figura junta:



Retira-se, ao acaso, uma ficha da caixa.

- a. Qual a probabilidade de que seja uma ficha com o número 2?

Uma vez que temos 6 fichas, das quais 2 têm o número 2,  $P(2) = P(\text{retirar ficha com } 2) = 2/6 = 1/3$

- b. Depois de retirar a ficha, verificou que era verde. Qual a probabilidade de que tenha o número 2? Os acontecimentos Número da ficha e Cor serão independentes?

Como agora temos a informação que a ficha é verde, pretende-se a probabilidade condicional de obter um 2, sabendo que a ficha é verde, ou

$$\text{seja, } P(2|\text{cor verde}) = \frac{P(\text{cor verde e ter o } 2)}{P(\text{cor verde})} = \frac{1/6}{3/6} = \frac{1}{3}$$

Então,  $P(2|\text{cor verde}) = P(2)$

Se tivéssemos considerado qualquer dos outros números das fichas ou a cor amarela, obteríamos os mesmos resultados, ou seja,

$P(\text{ilcor } x) = P(i)$  para  $i=1, 2, 3$  e  $x=\text{amarela, verde}$   
 donde concluímos que os acontecimentos *Número da ficha* e *Cor* são independentes.

A independência de acontecimentos é uma propriedade que depende do modelo de Probabilidade que se introduziu no espaço de resultados, não sendo, portanto, uma propriedade dos acontecimentos. Consideremos o seguinte exemplo, adaptado de MURTEIRA ET AL (2012), página 82:

Dada uma moeda de um euro, não necessariamente “equilibrada” em que representamos por E a face Euro e N a face Nacional, consideremos o seguinte *modelo de probabilidade* para o fenómeno aleatório que consiste em verificar qual a face que fica voltada para cima após um lançamento da moeda

|               |     |       |
|---------------|-----|-------|
| Resultado     | E   | N     |
| Probabilidade | $p$ | $1-p$ |

com  $0 \leq p \leq 1$ .

Considerem-se os acontecimentos

$$A = [EEE, EEN, ENE, NEE] \text{ e } B = [EEE, NNN]$$

associados com três lançamentos independentes da moeda. Como

$$P(EEE) = P(E)P(E)P(E) = p^3, P(EEN) = P(E)P(E)P(N) = p^2(1-p), \text{ etc.,}$$

$$\text{tem-se } P(A) = p^3 + 3p^2(1-p) \text{ e } P(B) = p^3 + (1-p)^3$$

Pode-se mostrar que a igualdade  $P(A \cap B) = P(A)P(B)$  só se verifica nos casos triviais  $p=0$ ,  $p=1$ , e no caso simétrico,  $p=1/2$ . Assim, A e B podem ser ou não independentes, consoante a natureza da moeda, ou seja do valor de  $p$  que tenhamos considerado para o modelo de probabilidade anteriormente considerado.

Nota 1 – Dois acontecimentos não podem ser disjuntos (ou incompatíveis ou mutuamente exclusivos) e independentes, a não ser que um deles tenha probabilidade nula. Efetivamente se os acontecimentos A e B, com  $P(A) > 0$  e  $P(B) > 0$ , são incompatíveis, não podem ser independentes, uma vez que  $P(A \cap B) = P(\emptyset) = 0$  e  $P(A) \times P(B) > 0$ , vindo  $P(A \cap B) \neq P(A) \times P(B)$ .

Nota 2 – É frequente fazer-se confusão com os conceitos de acontecimentos independentes e acontecimentos incompatíveis. No entanto estes conceitos exprimem relações completamente diferentes, na medida em que a incompatibilidade de acontecimentos é uma propriedade inerente aos acontecimentos, não sendo necessário ter definido nenhuma probabilidade, enquanto que a independência de acontecimentos depende do modelo de probabilidade que se tenha definido no espaço de resultados onde estão definidos os acontecimentos.

# Pulgas-de-água (*Daphnia* spp.)

Sara C. Antunes<sup>+</sup>

Bruno B. Castro<sup>†</sup>

<sup>+</sup>CIIMAR/ Universidade do Porto

<sup>†</sup>CBMA/ Universidade do Minho

***Daphnia* spp. (pulgas-de-água) - Os organismos do género *Daphnia* são micro-crustáceos planctónicos de água doce pertencentes à ordem Cladocera (classe Branchiopoda), que ocorrem em ecossistemas lênticos. Devem o nome de “pulga-de-água” aos movimentos natatórios irregulares, análogos aos saltos das pulgas “verdadeiras”.**

Os organismos do género *Daphnia* são micro-crustáceos de água doce pertencentes à ordem Cladocera (classe Branchiopoda). Devem o nome de “pulga-de-água” aos movimentos natatórios irregulares, análogos aos saltos das pulgas “verdadeiras” (que são insetos) ou das pulgas-do-mar (também crustáceos, mas da classe Amphipoda). O género *Daphnia* é ubíquo e as suas populações podem ser muito abundantes nos habitats lênticos (água parada), como charcos, lagoas, lagos e albufeiras. São um componente importante do plâncton (conjunto de organismos que não possuem movimentos natatórios capazes de fazer face às correntes) e alimentam-se de partículas finas de matéria orgânica em suspensão, incluindo leveduras, bactérias e microalgas (fitoplâncton). Por outro lado, servem de alimento a uma enorme variedade de invertebrados (larvas de insetos) e vertebrados (peixes e larvas de anfíbios).

Morfológicamente, as pulgas-de-água (e a maior parte dos Cladocera) possuem uma carapaça cuticular bivalve (exosqueleto) que envolve o corpo mas não a cabeça e utilizam o segundo par de antenas como principal órgão de locomoção (FIGURA 1). Tal como os restantes organismos da classe (Branchiopoda), estes animais caracterizam-se por possuírem apêndices torácicos em forma de folha (FIGURA 1), que constituem a principal superfície respiratória e, ao mesmo tempo, fazem parte do aparato de filtração de partículas em suspensão (bactérias, leveduras, microalgas). Estes apêndices realizam batimentos regulares que geram uma corrente de água permanente, mantendo um fluxo de água rica em oxigénio e partículas em

suspensão. Estas partículas alimentares (tamanho variável, mas tipicamente entre 0.5 a 40  $\mu\text{m}$  de diâmetro) são retidas pela malha de sedas dos apêndices torácicos (FIGURA 1), canalizadas para a boca por uma corrente de cílios, e ingeridas.

Ecologicamente, as pulgas-de-água desempenham um papel central na transferência de massa e energia ao longo da teia trófica de um lago ou albufeira. Enquanto consumidoras primárias previnem o crescimento descontrolado do fitoplâncton; sem este controle sobre o fitoplâncton, a transparência da água e a sua qualidade química e microbiana tendem a degradar-se. Por sua vez, as populações de *Daphnia* são controladas pelos peixes pelágicos (que vivem na coluna de água), na medida em que estas são um item alimentar (presa) muito importante para os peixes juvenis. Através do fomento da herbivoria efetuada por estes pequenos crustáceos (ex.: reduzindo a quantidade de peixes planctívoros), é possível a promoção de programas de biomanipulação e recuperação de lagos eutróficos (com excesso de nutrientes, proveniente dos fertilizantes agrícolas), com o intuito de favorecer a transparência da água e minimizar a ocorrência de florescências (blooms) de microalgas e cianobactérias.

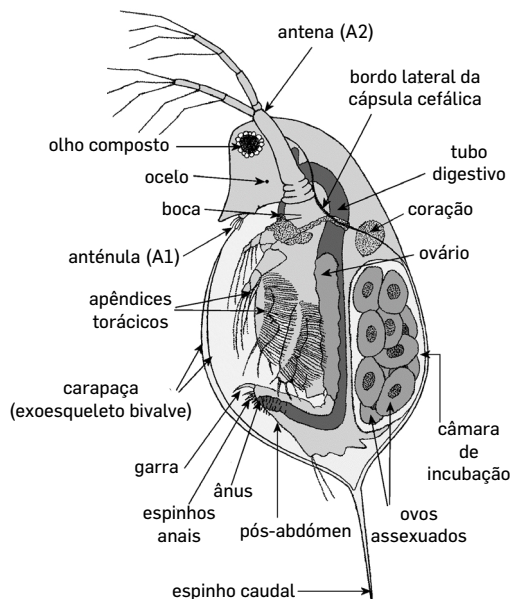


FIGURA 1. Representação esquemática da anatomia interna e externa de uma pulga-de-água (*Daphnia* sp.).

Conforme o contexto ambiental, ***Daphnia* pode reproduzir-se assexuadamente ou sexuadamente** (FIGURA 2). Sob condições ambientais favoráveis, uma fêmea pode dar origem a fêmeas juvenis geneticamente idênticas à progenitora (reprodução por **partenogénese**). Quando expostas a condições ambientais adversas (presença de predadores, diminuição do nível da água, sobre-população, baixas temperaturas), as fêmeas podem produzir machos assexuadamente. Na presença de machos, algumas fêmeas produzem ovos sexuais (que sofreram meiose) que podem ser fecundados pelos machos. Os ovos

fecundados não se desenvolvem, entrando num estado de quiescência, denominando-se por isso **ovos de resistência** (FIGURA 2 B) e C)). Estes ovos são envoltos por uma membrana protetora, aquando da muda (ecdise) da carapaça, formando uma estrutura em forma de "rissol" denominada *ephippium*. As *ephippia* tendem a depositar-se nas margens ou nos sedimentos, funcionando como um reservatório genético em caso de extinção local da população (ex.: se o lago secar ou congelar, ou se os peixes dizimarem todos os indivíduos). As *ephippia* (FIGURA 2 C)) resistem a temperaturas adversas, à passagem pelo tubo digestivo de vários animais aquáticos e terrestres, bem como à secagem e ao esmagamento, podendo permanecer longos períodos de tempo enterradas nos sedimentos ou ser transportadas para outros locais (por ação do vento ou de outros animais). Mais tarde, os ovos de resistência podem eclodir sob condições ambientais favoráveis, dando origem a novos indivíduos e novas populações no *habitat* de origem ou colonizando novos locais.

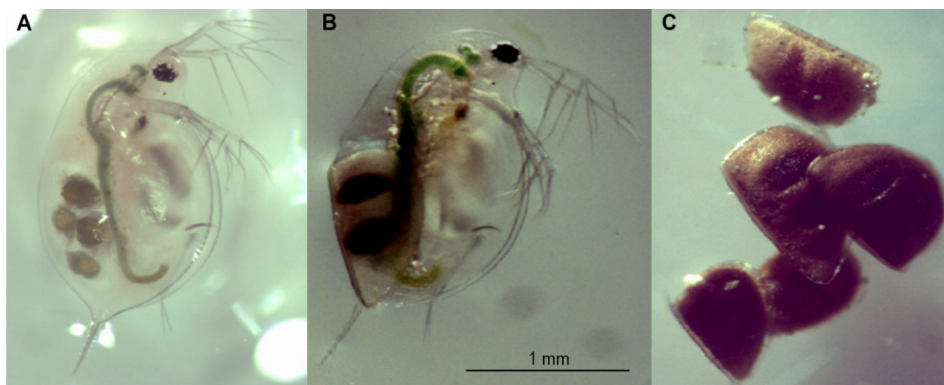


FIGURA 2. Fotos de *Daphnia longispina* (O.F. Müller, 1776), uma das espécies mais comuns na Europa. À esquerda (A), fêmea carregando embriões partenogenéticos (assexuados) na câmara de incubação; ao centro (B), fêmea carregando ovos de resistência, resultantes de reprodução sexuada, envoltos em cápsula protetora (*ephippium*); à direita (C), detalhe de um conjunto de *ephippia*. Todas as fotos estão na mesma escala (ver régua em B).

Os Cladocera são organismos que se caracterizam por possuírem um ciclo de vida curto, quando comparados com os humanos ou outros vertebrados, elevadas taxas de fecundidade e grande sensibilidade a variadíssimos fatores de stress. Por este motivo, são alvo de grande interesse científico, em parte também devido à facilidade de manutenção em laboratório e ao seu modo de reprodução primordial (partenogénese assexuada), que permite controlar a variabilidade genética dos organismos. Deste modo, várias espécies de *Daphnia* têm sido utilizadas como **organismos experimentais** em laboratório e no campo como modelo para avaliar o estado dos ecossistemas aquáticos. É o caso de *Daphnia magna*, espécie típica de charcos e lagos com elevada mineralização e sem peixes, e que é utilizada como modelo experimental em genética, biologia evolutiva, e ecotoxicologia.

---

# Ondas Gravitacionais

Orfeu Bertolami, Cláudio Gomes

Departamento de Física e Astronomia/ CFP/ Universidade do Porto

**As ondas gravitacionais são perturbações no tecido do espaço-tempo que se propagam transversalmente e à velocidade da luz. Estas perturbações são geradas, por exemplo, aquando da colisão de dois objetos compactos, como buracos negros e estrelas de neutrões.**

Logo após a formulação da Teoria da Relatividade Geral, em novembro de 1915, Albert Einstein descobre, em junho de 1916, que as equações de campo da teoria admitiam soluções do tipo onda no limite de campos fracos, as ondas gravitacionais. Em 1918, Einstein reviu o seu estudo anterior, devido a hipóteses injustificadas relativas às propriedades destas ondas, mostrando a natureza quadripolar das mesmas. Mais tarde, em 1937, já vivendo em Princeton, nos EUA, Einstein mostra, em colaboração com o seu jovem assistente, Nathan Rosen, que as ondas gravitacionais existiam como soluções da teoria completa.

Contudo, somente em 1974 se detetaram indiretamente as ondas gravitacionais, através da observação da perda de energia de um binário de pulsares (estrelas de neutrões com movimento de rotação e que emitem jatos de partículas aceleradas), PSR 1913+16, por Russell Hulse e Joseph Taylor. Pela sua descoberta, ambos receberam o Prémio Nobel da Física em 1993. Em 2015 observou-se pela primeira vez um sinal direto de uma onda gravitacional nos interferómetros dos dois observatórios da colaboração LIGO (Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory). A conceção e a construção deste interferómetro levou a Academia Real Sueca de Ciências a atribuir o prémio Nobel da Física em 2017 aos pioneiros Rainer Weiss, Barry C. Barish e Kip S. Thorne. Note-se que esta descoberta não foi só relativa a ondas gravitacionais, mas também à primeira deteção da colisão e fusão de dois buracos negros e a subsequente formação de um buraco negro maior. Desde então, mais 4 eventos similares foram detetados, na verdade, em frequências audíveis para um humano. Em agosto do presente ano foi anunciada a observação de

ondas originadas na fusão de duas estrelas de neutrões, e, simultaneamente, também a observação de radiação gama e no visível.

As ondas gravitacionais correspondem a uma perturbação linear do tensor métrico em torno de uma dada geometria do espaço-tempo, que se propaga ao longo deste, obedecendo a uma equação de onda. Na Relatividade Geral, essa onda tem duas polarizações, uma “+” e uma “x” (FIGURA 1 a) e b)). Como a onda gravitacional não transporta matéria, ela apenas distorce o espaço-tempo à sua volta no sentido da sua propagação. Assim, se imaginarmos um anel de partículas cujo centro é atravessado pelo eixo de propagação da onda, o que se observa é uma compressão em torno de x e uma distensão em torno de y, e depois uma compressão em torno de y e distensão em torno de x, e isto ocorre ciclicamente se a onda é polarizada em cruz “+” (analogamente se pode pensar na polarização cruzada “x” em que os eixos em que estes fenómenos ocorrem são as bissetrizes dos quadrantes).

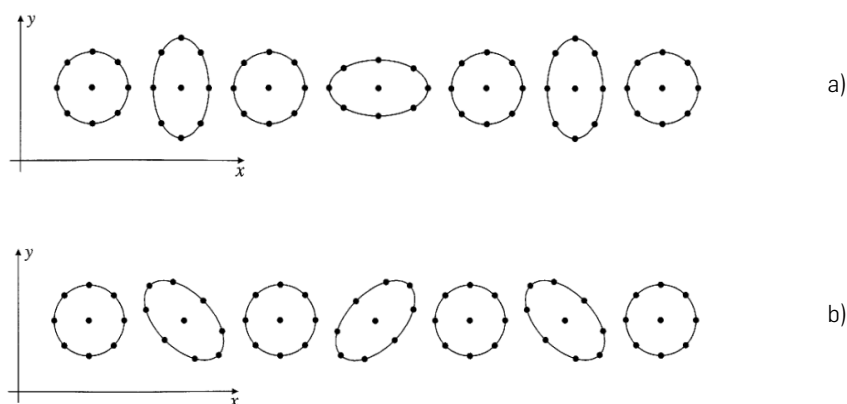


FIGURA 1. a) Onda gravitacional com polarização “+” a passar no sentido da folha de papel para fora num anel de partículas teste. b) Onda gravitacional com polarização “x” a passar no sentido da folha de papel para fora num anel de partículas teste.

Durante décadas, os cientistas aguardaram pela melhoria das técnicas interferométricas dos detetores, até que em 2014, os dois observatórios gémeos (um em Hanford, Washington, e outro em Livingston, Louisiana, nos EUA) da colaboração LIGO atingiram a impressionante precisão de

$$\frac{\Delta L}{L} \approx 5 \times 10^{-22} \text{ (500 Hz)}.$$

Esta precisão significa que para os braços, de 4km cada, do interferómetro LIGO, é possível detetar um deslocamento da ordem de  $10^{-19}$  metros, ou seja, a capacidade de medir uma fração de 10 000 vezes menor que o tamanho de um protão! Este é o interferómetro mais preciso alguma vez construído! O funcionamento de cada um deles é baseado no interferómetro de Michelson, como mostrado na figura seguinte:

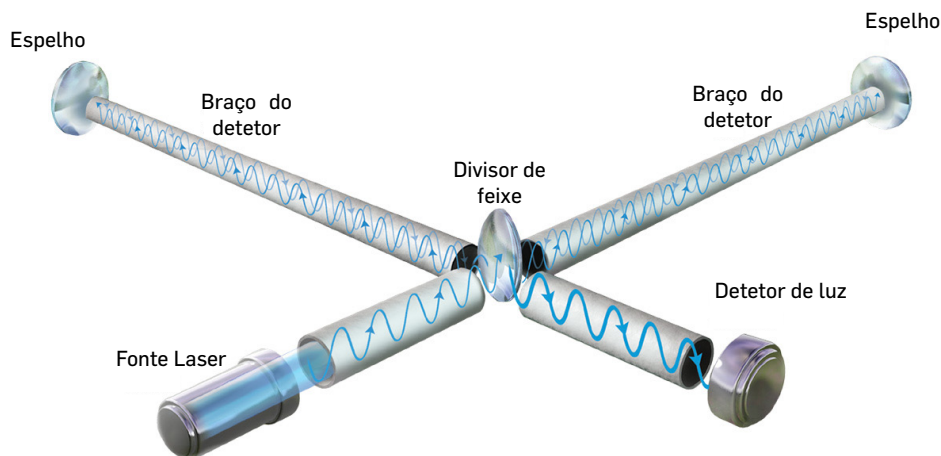


FIGURA 2. Representação esquemática do interferômetro de Michelson. Um feixe de laser segue até a um divisor que envia o sinal para dois espelhos perpendiculares entre si, onde é refletido e chega novamente ao divisor que remete para um detetor.

No caso dos interferômetros do LIGO, existe um atraso de meio comprimento de onda no percurso de um dos braços de tal modo que o sinal que é observado no detetor resulta de dois sinais em oposição de fase, cuja soma é nula. Assim, quando o sinal é não nulo estamos na presença de algo que perturbou o sistema. Notemos que os dois observatórios têm muitos outros sistemas de interferência de modo a excluir falsos positivos, sejam sismos, a passagem de veículos, comboios, etc. Quando uma onda gravitacional atinge o sistema, a distância entre os espelhos varia e a onda é detetada.

Apesar de as ondas gravitacionais descritas acima serem, em geral, analisadas a se propagarem no vácuo, é possível estudá-las na presença de matéria, ou, por exemplo, com a inclusão da constante cosmológica ou de um fluido de energia escura. Pode-se também estudar as ondas originadas em teorias alternativas da gravitação, por exemplo, em teorias com um acoplamento não-mínimo entre matéria e curvatura.

De facto, dadas as observações diretas de sinais de ondas gravitacionais, há agora ferramentas para estudar a natureza da gravidade e, em particular, confrontar a Teoria da Relatividade Geral com outras teorias alternativas da gravitação, algumas das quais explicam as observações sem incluir matéria escura e energia escura na descrição cosmológica. Estamos, pois, numa nova era de grandes descobertas na Física e na Astronomia!

# Espectroscopia

Paulo Ribeiro Claro

CICECO/ Universidade de Aveiro

A espectroscopia é uma técnica experimental que se baseia na utilização da luz para estudar a composição, a estrutura e as propriedades da matéria. A raiz da palavra, do latim *spectrum* (imagem, aparição), remete para algo como “observação da imagem oculta”. Embora historicamente tenha origem na observação da luz visível dispersa por um prisma, o conceito atual abarca qualquer descrição da interação radiação-matéria em função da energia da radiação.

Numa experiência de espectroscopia, a amostra a estudar é irradiada com o feixe de luz incidente e a análise é feita à luz transmitida, emitida ou difundida pela amostra (FIGURA 1). O resultado obtido é um registo que compara a composição da luz incidente na amostra com a luz transmitida, emitida ou difundida, e é designado por “espectro” da amostra. O registo de um espectro é efetuado através de equipamentos experimentais designados por espectrómetro, espectrofotómetro e espectrógrafo.

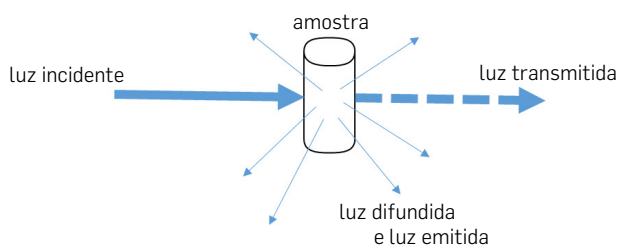


FIGURA 1. Esquema das experiências de espectroscopia. A luz transmitida é luz que atravessou a amostra (é analisada segundo a direção da luz incidente) e foi parcialmente absorvida pela amostra. A luz difundida resulta do espalhamento da luz incidente por colisão com a amostra e é normalmente analisada numa direção perpendicular à da luz incidente, para evitar contaminação com a luz transmitida. A luz emitida é luz com origem na própria amostra, em resultado de um processo físico desencadeado pela luz incidente.

Para entender o fenômeno de interação radiação-matéria que está na base da espectroscopia, são necessários dois conceitos, relacionados com as propriedades da luz e com a natureza quântica da matéria:

1. A luz, ou radiação eletromagnética, tem energia diferente consoante a sua frequência (ou consoante o seu comprimento de onda, que varia inversamente à frequência). Por exemplo, na região do visível, a energia da radiação aumenta ao longo das cores do arco-íris, do vermelho até ao violeta. A radiação infravermelha tem menor energia que o vermelho, e a luz ultravioleta tem energia superior ao violeta (energia suficiente para danificar a pele, daí a necessidade de protetores solares para ultravioleta).
2. Os sistemas atômico-moleculares que constituem a matéria apresentam estados de energia discretos, que podem ser vistos como os degraus de uma escada: cada degrau é um nível de energia e é possível subir/descer de nível recebendo/libertando a energia correspondente à altura do degrau, mas não é possível estar a meio caminho, entre degraus. Se os níveis de energia fossem contínuos, a analogia seria com uma rampa, na qual é possível parar em qualquer local. Dependendo da natureza e composição da amostra, os “degraus” apresentam diferentes alturas, ou seja, sistemas atômico-moleculares diferentes apresentam níveis de energia com separações diferentes. E conhecer a separação entre os níveis de energia permite compreender a estrutura e as propriedades de uma dada amostra.

Assim, a espectroscopia utiliza a luz para medir a diferença de energia entre os níveis energéticos de um sistema. Isto pode ser feito de três formas (FIGURA 2): por absorção de radiação com a energia exata entre níveis (a), por emissão de radiação com essa mesma energia (b), ou por difusão inelástica (c) – neste caso, a diferença entre níveis é medida pela diferença de energia entre a luz incidente e a luz difundida.

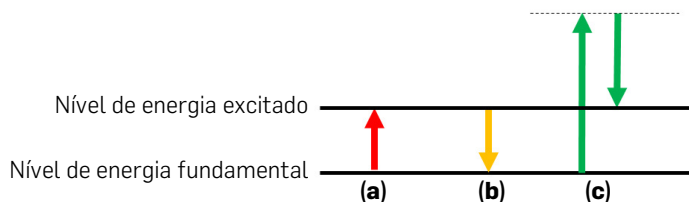


FIGURA 2. Representação esquemática das transições entre níveis observadas por espectroscopia: absorção (a), emissão (b) e difusão inelástica (c). O nível fundamental é o nível de menor energia de um sistema. Os níveis com energia superior designam-se por níveis excitados.

A FIGURA 3 ilustra esquematicamente um espectro de absorção, na sua representação original e representação gráfica mais comum.

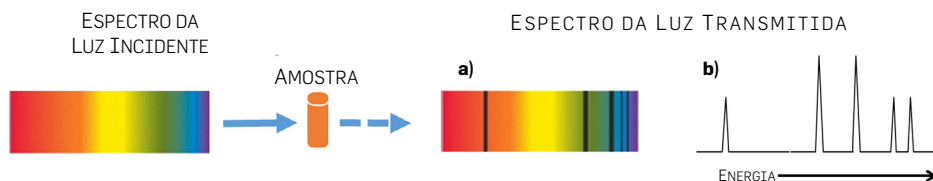


FIGURA 3. Representação esquemática de um espectro de absorção no visível: a luz incidente na amostra tem um espectro contínuo (todas as energias), enquanto o espectro da luz transmitida identifica quais as energias que foram absorvidas pela amostra (riscas negras). O espectro do registo a) corresponde a um registo em detetor de chapa fotográfica, enquanto o registo b) é o registo convencional de "intensidade de luz absorvida" em função da energia.

A abordagem mais rigorosa da interação radiação-matéria exige o aprofundamento dos dois conceitos fundamentais acima referidos. Relativamente à composição e propriedades da luz, esta pode ser descrita pelas propriedades de radiação eletromagnética (oscilação de um campo elétrico e de um campo magnético, com determinada frequência e comprimento de onda) ou pelo comportamento de partícula de energia, designada por fóton. Também no que respeita aos níveis de energia de um sistema atômico-molecular, é necessário saber que estão associados a rotações moleculares, a vibração dos átomos em torno das posições de equilíbrio e à distribuição dos eletrões pelas orbitais moleculares. Cada nível é descrito por uma função de onda, e a intensidade da interação radiação-matéria é proporcional ao integral que relaciona as funções de onda do estado inicial e final com o operador de transição.

### **Tipos de Espectroscopia**

Os diferentes métodos de registar a interação radiação-matéria são classificados como sub-técnicas da espectroscopia de acordo a natureza da interação (FIGURA 2), o tipo da transição observada (rotacional, vibracional ou eletrónica) e a energia da radiação utilizada.

A espectroscopia rotacional é uma espectroscopia de absorção de radiação, que observa transições entre níveis rotacionais de moléculas em estado gasoso. A separação energética entre estes níveis é muito pequena, pelo que a radiação utilizada é de baixa energia, na região das micro-ondas. Por este motivo, utiliza-se a designação espectroscopia de micro-ondas como sinónimo.

A espectroscopia vibracional observa transições entre níveis vibracionais de qualquer tipo de associação de átomos: desde que exista uma energia de coesão entre átomos, eles

vibram em torno das suas posições de equilíbrio. A energia associada a estas transições cai na região do infravermelho, motivo porque é também designada espectroscopia de absorção no infravermelho, ou simplesmente espectroscopia de infravermelho.

A espectroscopia eletrónica regista as diferenças de energia que acompanham as transições eletrónicas, utilizando radiação de energia mais elevada, da região do visível e ultravioleta (UV). Quando se regista em modo de absorção, é também designada por espectroscopia de UV-Vis. No caso da espectroscopia eletrónica, é também comum registar a radiação emitida quando os eletrões transitam de níveis de maior energia para níveis de menor energia. Nessa situação, poderemos observar a espectroscopia de emissão, a espectroscopia de fluorescência ou luminescência.

Alguns tipos de espectroscopia afastam-se bastante desta descrição simplificada.

Por exemplo, espectroscopia de difusão de Raman – que deve a sua designação ao cientista indiano C. V. Raman (1888-1970) – é uma técnica de espectroscopia vibracional que não se baseia na absorção, mas sim no fenómeno de difusão inelástica da luz. O termo inelástico indica que a energia do fóton difundido é diferente da energia diferente do fóton incidente (obviamente, existe a difusão elástica, sem alteração da energia do fóton incidente).

O espectro vibracional pode também ser obtido através da espectroscopia de difusão inelástica de neutrões, que utiliza as propriedades ondulatórias de um feixe de neutrões de elevada energia, em vez de um feixe de luz. Por esse motivo não é considerada uma técnica de espectroscopia ótica. Também neste caso, a diferença de energia entre os níveis vibracionais é medida pela diferença de energia entre o neutrão incidente e o neutrão difundido.

Fora das chamadas espectroscopias óticas fica também a espectroscopia de ressonância magnética nuclear (RMN). Neste caso, os níveis de energia a observar (relacionados com uma propriedade dos núcleos atômicos designada *spin nuclear*) são desdobrados por aplicação de um campo magnético. Na ausência do campo magnético, os níveis têm a mesma energia, ou seja, separação nula. A separação energética provocada pelo campo magnético pode ser observada com radiação de radiofrequências, de muito baixa energia.

---

# Potencial Químico, Fugacidade e Atividade

Fernando M. S. Silva Fernandes

CQE/ Universidade de Lisboa

As forças intermoleculares são a causa das diferenças dos sistemas reais relativamente aos modelos ideais que assumem essas forças como inexistentes ou idênticas entre moléculas iguais e diferentes. Até que ponto os desvios são significativos depende da pressão, temperatura, concentração e natureza das espécies. Por exemplo, os gases têm um comportamento quase ideal a pressões que não excedam cerca de 1 bar bem como as misturas de benzeno e tolueno a 25 °C, mas soluções aquosas de ácido clorídrico afastam-se da idealidade a concentrações relativamente baixas. Os conceitos de fugacidade e de atividade, introduzidos pelo químico-físico Gilbert Lewis no início do século XX, baseiam-se no conceito de potencial químico e têm como objetivo englobar o efeito das forças intermoleculares de modo a adaptar os modelos ideais aos sistemas reais. A fugacidade define-se para qualquer sistema, embora o nome sugira que é restrita ao estudo dos gases. A atividade é uma grandeza relativa, definida pela razão entre a fugacidade do sistema, numa dada condição, e a do estado padrão do seu potencial químico.



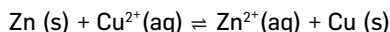
FIGURA 1. Gases, líquidos, sólidos e reações químicas.

## Potenciais químicos

Numa transformação, a pressão e temperatura constantes, a energia disponível para realizar trabalho designa-se por energia livre de Gibbs,  $G$ , ou função de Gibbs. O trabalho máximo que pode ser obtido da transformação é:

$$\Delta G = G_{\text{final}} - G_{\text{inicial}} = \Delta W_{\text{max}} \quad (1)$$

onde  $\Delta G$  é a variação da energia livre entre o estado final e inicial e  $\Delta W_{\text{max}}$  é o trabalho máximo que o sistema pode realizar (aparte o trabalho de expansão-compressão). Como o trabalho é feito à custa de  $G$ , a energia livre diminui, até que o sistema atinja o ponto de equilíbrio, perdendo a capacidade de produzir mais trabalho e a partir daí  $\Delta G = 0$ . De modo geral,  $\Delta G \leq 0$  para processos espontâneos, onde a igualdade indica o ponto de equilíbrio. Isto é, o sistema “resvala” num fosso de energia livre até atingir o fundo do fosso, ou seja, o equilíbrio. É claro que uma transformação pode ou não produzir trabalho, dependendo do modo como seja executada. Por exemplo, a reação de oxi-redução:



pode realizar-se numa célula eletroquímica ou misturando diretamente os reagentes. Em ambos os casos  $\Delta G \leq 0$ , mas no primeiro é obtido trabalho elétrico, enquanto no outro a energia livre degrada-se em energia térmica (“calor”) sem a realização de trabalho. Na realidade, em qualquer transformação, há sempre degradação de energia (2ª lei da termodinâmica) donde  $\Delta W_{\text{max}}$  é um limite superior praticamente inatingível.

Se o sistema tiver um único componente (gás, líquido ou sólido puros) o potencial químico,  $\mu$ , é definido como a energia livre molar, a determinada pressão e temperatura:

$$\mu = \frac{G}{n} \quad (2)$$

em que a energia livre,  $G$ , é uma função da pressão,  $p$ , da temperatura absoluta,  $T$ , e do número de moles  $n$ , ou seja,  $G = G(p, T, n)$ .

Para sistemas com vários componentes,  $G = G(p, T, n_1, n_2, \dots, n_i, \dots)$ , e o potencial químico de cada espécie define-se como a energia livre molar parcial:

$$\mu_i = \left( \frac{dG}{dn_i} \right)_{p, T, n_j \neq n_i} = \left( \frac{\partial G}{\partial n_i} \right)_{p, T, n_j \neq n_i} \quad (3)$$

que é a taxa de variação da energia livre causada por uma variação do número de moles da espécie  $i$ , mantendo constantes a pressão, temperatura e o número de moles das outras espécies, isto é, a derivada parcial de  $G$  em ordem a  $n_i$ .

Das propriedades físicas de G, pode estabelecer-se a expressão:

$$G(p, T, n_1, n_2, \dots, n_i, \dots) = n_1\mu_1 + n_2\mu_2 + \dots + n_i\mu_i + \dots \quad (4)$$

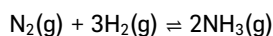
que se reduz à definição (2) para um único componente.

### Equilíbrio de fases

Quando duas fases estão em equilíbrio os seus potenciais químicos, pressões e temperaturas são iguais. Suponhamos um líquido (l) e o seu vapor (v) num recipiente fechado a determinada temperatura. Se  $\mu(l) > \mu(v)$ , o líquido vaporiza-se e a pressão do vapor aumenta até que a pressão de equilíbrio seja atingida e a partir desse ponto  $\mu(l) = \mu(v)$ . Pelo contrário, se  $\mu(l) < \mu(v)$  o vapor condensa-se e a sua pressão diminui até ao ponto de equilíbrio, admitindo que o vapor não se esgote. Dada a relação direta entre o potencial químico do vapor e o da fase condensada, a medição das pressões de vapor de equilíbrio é um dos métodos para determinar os potenciais químicos das duas fases. As pressões de vapor relacionam-se também com a tendência de escape das moléculas de líquidos e sólidos para o estado gasoso. Estas relações foram essenciais para Lewis introduzir as fugacidades e atividades com base nos potenciais químicos.

### Síntese do amoníaco

A reação gasosa da síntese do amoníaco decorre segundo o esquema:



O potencial químico de  $\text{NH}_3$  é:

$$\mu_{\text{NH}_3}(p_{\text{NH}_3}, T) = \mu_{\text{NH}_3}^\ominus(p^\ominus, T) + RT \ln \left( \frac{f_{\text{NH}_3}}{p^\ominus} \right) \quad (5)$$

onde  $\mu_{\text{NH}_3}^\ominus(p^\ominus, T)$  é o potencial químico do estado padrão que, por convenção, é o gás ideal com  $p^\ominus = 1$  bar;  $\ln$  designa o logaritmo neperiano (base e);  $f_{\text{NH}_3} = \gamma_{\text{NH}_3} \times p_{\text{NH}_3}$  é, por definição, a fugacidade do amoníaco,  $\gamma_{\text{NH}_3}$  o coeficiente de atividade e  $p_{\text{NH}_3}$  a pressão parcial do amoníaco na mistura; R e T são a constante dos gases e a temperatura absoluta respetivamente. Os potenciais químicos do nitrogénio e hidrogénio são dados por expressões análogas.

A fugacidade é uma pressão efetiva que traduz o desvio do gás real relativamente ao gás ideal para o qual as forças intermoleculares se assumem como inexistentes e a fugacidade é igual à pressão. As forças atrativas tendem a congregar as moléculas diminuindo a sua tendência de escape, e as repulsivas tendem a dispersá-las aumentando essa tendência.

Se  $f < p$ , as forças dominantes são as atrativas e quando  $f > p$  as forças dominantes são as repulsivas. Se, porventura,  $f \approx p$  o potencial químico do gás real é aproximadamente igual ao do gás ideal à mesma pressão e temperatura. Da equação (5) conclui-se: (i) o potencial químico do nitrogénio, a determinada pressão e temperatura, assim como a fugacidade, são propriedades intrínsecas do sistema não dependentes do estado padrão. Neste caso, apenas por conveniência, escolhe-se o gás ideal com  $p^\ominus = 1$  bar, mas podia escolher-se qualquer outro padrão, o que modificaria o primeiro termo do segundo membro da equação e o denominador do termo logarítmico, mas a soma dos dois termos manter-se-ia inalterada. Numa notação geral, o termo logarítmico pode escrever-se como  $\ln (f_{\text{NH}_3} / f^\ominus)$  em que  $f^\ominus = p^\ominus$  para o padrão de gás ideal; (ii) o quociente  $f_{\text{NH}_3} / f^\ominus$  pode representar-se por  $a_{\text{NH}_3}$  sendo, por definição, a atividade do amoníaco:

$$a_{\text{NH}_3} = \frac{f_{\text{NH}_3}}{f^\ominus} \quad (6)$$

Por conseguinte, a atividade não é mais do que uma fugacidade relativa. Se  $f^\ominus = 1$  bar, como no caso presente, a atividade é numericamente igual à fugacidade, mas enquanto a fugacidade tem dimensões de pressão, a atividade é adimensional. A equação (5), como a de qualquer componente da mistura, pode ser reescrita em termos da atividade:

$$\mu_{\text{NH}_3} (p_{\text{NH}_3}, T) = \mu_{\text{NH}_3}^\ominus (p^\ominus, T) + RT \ln (a_{\text{NH}_3}) \quad (7)$$

Como as equações (5) e (7) são equivalentes, utilizar uma ou outra forma é uma questão de preferência, desde que se saiba a fugacidade do estado padrão porque, segundo a definição (6), a atividade depende do estado padrão escolhido. Aliás, muitos autores utilizam apenas as expressões em termos das atividades.

Posto isto, analisemos a síntese do amoníaco, mantendo o formalismo das fugacidades. A diferença da energia livre entre o produto e os reagentes, de acordo com a expressão (4), é:

$$\Delta G = 2 \times \mu_{\text{NH}_3} - \mu_{\text{N}_2} - 3 \times \mu_{\text{H}_2} \quad (8)$$

Introduzindo na equação anterior a expressão (5) e as expressões análogas para o nitrogénio e hidrogénio, deduz-se:

$$\Delta G = \Delta G^\ominus + RT \ln \left( \frac{f_{\text{NH}_3}^2}{f_{\text{N}_2} \times f_{\text{H}_2}^3} \right)_{\text{eq}} \quad (9)$$

onde  $\Delta G^\ominus = 2 \times \mu_{\text{NH}_3}^\ominus - \mu_{\text{N}_2}^\ominus - 3 \times \mu_{\text{H}_2}^\ominus$  é a energia livre padrão da reação. Logo que o equilíbrio químico (eq) seja atingido  $\Delta G = 0$ . Então:

$$\Delta G^\ominus = -RT \ln \left( \frac{f_{\text{NH}_3}^2}{f_{\text{N}_2} \times f_{\text{H}_2}^3} \right) \quad (10)$$

e a constante de equilíbrio da reação é:

$$K_f = \left( \frac{f_{\text{NH}_3}^2}{f_{\text{N}_2} \times f_{\text{H}_2}^3} \right)_{\text{eq}} = \frac{p_{\text{NH}_3}^2}{p_{\text{N}_2} \times p_{\text{H}_2}^3} \times \frac{\gamma_{\text{NH}_3}^2}{\gamma_{\text{N}_2} \times \gamma_{\text{H}_2}^3} \quad (11)$$

uma vez que  $f = \gamma \times p$ . A expressão anterior é a definição rigorosa da constante de equilíbrio. No entanto, é comum definir a “constante” apenas em termos de pressões parciais:

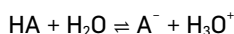
$$K_p = \frac{p_{\text{NH}_3}^2}{p_{\text{N}_2} \times p_{\text{H}_2}^3} \quad (12)$$

o que só é estritamente válido se, a uma dada pressão e temperatura, os gases tiverem um comportamento quase ideal, em que os coeficientes de fugacidade serão praticamente iguais a 1 (e as fugacidades iguais às pressões parciais, pois  $f = \gamma \times p$ ). Tal não é o caso, por exemplo, na síntese industrial do amoníaco (realizada a temperaturas e pressões da ordem de 450 °C e 300 bar respetivamente) onde  $K_f / K_p$  é da ordem de 0,6 (não 1). É uma diferença que não deve ser ignorada, tanto mais num contexto de produção industrial.

A constante de equilíbrio pode também ser expressa em termos de atividades. Aliás, já lá estão, subjacentes. De facto, ao deduzir-se a expressão da constante, omitiu-se o termo  $p^\ominus$  por ser igual a 1. Por exemplo,  $f_{\text{NH}_3}^2$  é, afinal,  $(f_{\text{NH}_3} / 1)^2 = a_{\text{NH}_3}^2$ .

### Dissociação de ácidos

Um ácido monoprótico, HA, dissocia-se numa solução aquosa segundo a reação:



Da análise termodinâmica dos potenciais químicos, semelhante à do amoníaco, conclui-se que a definição exata da constante de equilíbrio da reação, em termos de atividades, é:

$$K_a = \frac{a_{\text{A}^-} \times a_{\text{H}^+}}{a_{\text{HA}} \times a_{\text{H}_2\text{O}}} = \frac{[\text{A}^-] \times [\text{H}^+]}{[\text{HA}] \times [\text{H}_2\text{O}]} \times \frac{\gamma_{\text{A}^-} \times \gamma_{\text{H}^+}}{\gamma_{\text{HA}} \times \gamma_{\text{H}_2\text{O}}} \quad (13)$$

onde [...] representam as concentrações; os “ $a = \gamma \times [\dots]$ ” e “ $\gamma$ ” são as atividades e os coeficientes de atividade respetivamente; e  $\text{H}^+ \equiv \text{H}_3\text{O}^+$ . As atividades são, agora, concentrações efetivas definidas relativamente aos estados padrão do solvente (a água) e do soluto (o ácido) mencionados adiante.

Contudo, é usual definir a “constante” em termos de concentrações, omitindo a contribuição da água:

$$K_c = \frac{[A^-] \times [H^+]}{[HA]} \quad (14)$$

Esta expressão é apenas válida para soluções suficientemente diluídas em que as atividades são, aproximadamente, iguais às concentrações (e os coeficientes de atividade aproximadamente 1). De contrário,  $K_a$  e  $K_c$  podem diferir significativamente, mesmo a concentrações relativamente baixas. Por exemplo, a 25 °C, o valor experimental de  $K_c$  é  $2,10 \times 10^{-5}$  para uma solução de ácido acético (etanoico) com concentração 0,01 M ( $\text{mol dm}^{-3}$ ), enquanto  $K_a = 1,75 \times 10^{-5}$ . Diferenças desta ordem são por vezes ignoradas, embora devam ser consideradas, por exemplo, na interpretação das curvas de titulação ácido-base.

No âmbito das soluções eletrolíticas, é conveniente escolher estados padrão diferentes para o solvente e para o soluto. Já vimos que a escolha dos estados padrão é arbitrária, não afetando os potenciais químicos das substâncias, numa determinada condição, e as respectivas fugacidades. O estado de padrão do solvente é geralmente a água pura estabelecido de forma a que  $a_{H_2O} = 1$  igual à fração molar da água no estado puro. Esta é a razão da omissão da água na expressão (14), apenas válida para soluções suficientemente diluídas porque a água numa solução não está, realmente, no estado puro. A sua atividade é geralmente diferente de 1 em soluções relativamente concentradas onde a contribuição da água não deve ser ignorada. Quanto ao estado padrão do soluto é, em geral, uma solução com diluição infinitamente elevada onde as interações iónicas são praticamente negligenciáveis. Esta escolha pode parecer estranha porque não existem soluções reais com tal diluição. No entanto, métodos experimentais e teóricos estimam com exatidão o potencial químico desse estado hipotético. As atividades englobam o efeito das forças intermoleculares, e traduzem os desvios das soluções com determinadas concentrações relativamente aos estados padrão do solvente e do soluto para os quais as respetivas atividades são iguais às concentrações (e os coeficientes de atividade iguais a 1, uma vez que  $a = \gamma \times [\dots]$ ).

### pH de soluções aquosas

Os aparelhos de pH produzem resultados que se aproximam das atividades do hidrogénio,  $a_{H^+}$ , não das suas concentrações  $[H^+]$ . Da análise dos potenciais químicos conclui-se que a definição rigorosa de pH é:

$$\text{pH} = -\log_{10} (a_{H^+}) , \quad (15)$$

em vez da definição usual, que é uma expressão aproximada para soluções relativamente diluídas:

$$\text{pH} \approx -\log_{10} ([H^+]), \quad (16)$$

De facto, as forças interiónicas são consideráveis e o seu efeito manifesta-se mesmo para concentrações relativamente baixas. Por exemplo, em soluções aquosas o ácido clorídrico é classificado como um ácido forte. Como tal, supõe-se que as suas moléculas estão completamente dissociadas, ou seja, que  $[H^+] = [HCl]$ . Mas será esta suposição exata?

Consideremos duas soluções de ácido clorídrico, a 25 °C, com concentrações 0,1 M (mol dm<sup>-3</sup>) e 7,6 M. Calculando os pH pela expressão usual (16) obtêm-se os valores 1,0 e -0,88 respetivamente. No entanto, a atividade do hidrogenião para a solução 0,1 M é  $a_{H^+} = 0,0796$  e para a solução 7,6 M,  $a_{H^+} = 71,46$  donde, pela expressão (15), os valores experimentais deverão ser 1,1 (não 1,0) e cerca de -1,85 (não -0,88) respetivamente. À medida que a concentração do ácido aumenta, o grau de ionização das moléculas de HCl diminui e, consequentemente, o pH calculado aproximadamente pela eq. (16) começa por ser (ligeiramente) maior do que o calculado rigorosamente pela expressão (15). Para concentrações relativamente elevadas, as moléculas de HCl afastam-se cada vez mais da dissociação completa e o número de moléculas de água por molécula de HCl diminui também. Então, os valores de pH são consideravelmente mais negativos do que os obtidos pela definição usual (16) em consequência do aumento substancial das atividades. Os valores indicados são facilmente confirmados com uma calculadora de bolso. No entanto, a medição experimental do pH para concentrações muito elevadas necessita de técnicas de calibração específicas. Refira-se, também, que o odor intenso de soluções muito concentradas de ácido clorídrico se deve à elevada percentagem de moléculas não dissociadas.

As fugacidades e atividades são determinadas por métodos experimentais e teóricos. Encontram-se listadas em livros de referência, bases de dados ou na Internet. A partir dessas listas, o uso das fugacidades e atividades, para corrigir as expressões aproximadas das constantes de equilíbrio e pH, torna-se praticamente rotineiro sem a necessidade de recorrer ao conceito de potencial químico. Mesmo assim, é imprescindível saber quais os estados padrão a que são referidas bem como as condições experimentais de pressão, temperatura e escalas de concentração (fração molar, molalidade ou molaridade) em que são determinadas. Sob o ponto de vista didático, no entanto, é importante introduzir os estudantes num tratamento unificado do potencial químico como base da definição das fugacidades e atividades, logo que o nível das disciplinas afins seja adequado. Esse tratamento é essencial para uma boa compreensão dos estados padrão e das respetivas fugacidades, e da grande versatilidade das atividades na escolha dos estados padrão conforme seja mais convenientes. Afinal, a matemática das equações do potencial químico está ao nível dos últimos anos do ensino secundário sendo, por certo, muito mais simples do que a envolvida, por exemplo, na equação de Schrödinger e sua interpretação.

---

# Perspetivas de integração de métodos numéricos

## Resolução de equações no ensino secundário

Raul Aparício Gonçalves

Agrupamento de Escolas de Ermesinde

Os métodos numéricos de resolução de equações não fazem parte dos programas de matemática do ensino secundário, mas têm um grande potencial pedagógico na envolvimento de outros conteúdos matemáticos. Com o evoluir do foco da educação na Europa poderão assumir um papel de maior destaque no trabalho com alunos do ensino secundário.

A European Schoolnet, uma rede de 31 Ministérios da Educação incluindo o português, refere a urgência do aumento da literacia dos cidadãos europeus em STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics). Quanto mais não seja, neste contexto fará sentido que os nossos alunos do ensino secundário sejam colocados perante alguns métodos numéricos de resolução de equações, cujas vantagens de integração curricular precoce eram já referidas pelo notável pedagogo Sebastião e Silva há mais de 40 anos. Promover o desenvolvimento do sentido crítico é tarefa de qualquer agente educativo e ser crítico na utilização de máquinas de cálculo, por exemplo, baseadas no uso de métodos numéricos, deverá ser também tarefa de professores de diferentes áreas, com particular destaque para os de matemática, até porque as máquinas de cálculo, como máquinas de calcular ou mesmo os mais sofisticados computadores efetuam cálculos numéricos inevitavelmente sujeitos a erros.

Um método numérico de resolução de equações de grande potencial pedagógico é o método do ponto fixo, que consiste em obter uma sucessão convergente para uma solução de uma equação do tipo  $x = \phi(x)$ , designando-se  $\phi$  por função iteradora.

Por exemplo, a equação  $x^2 = 2$  é equivalente à equação  $x = \frac{4x+2}{x+4}$ , pelo que se pode neste caso definir a função iteradora  $\phi(x) = \frac{4x+2}{x+4}$ . Esta é uma função iteradora que permite a construção de uma sucessão convergente para o ponto fixo  $\sqrt{2}$ , podendo observar-se na FIGURA 1 um esquema gráfico da construção dos termos da sucessão e os primeiros doze termos da sucessão quando se inicia com  $x_0 = 0,5$ .

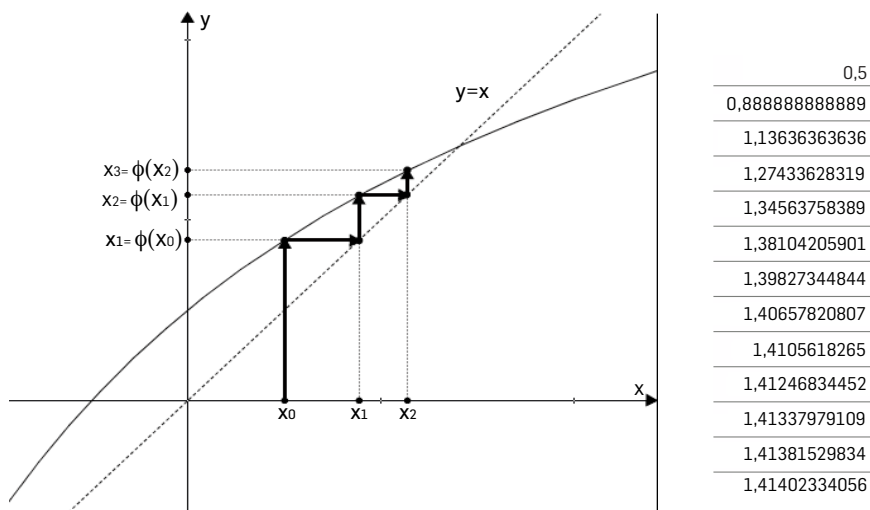


FIGURA 1. Gráfico da função  $y = \phi(x)$  e processo iterativo de convergência para  $\sqrt{2}$ .

Herão de Alexandria (FIGURA 2), geómetra e engenheiro grego, que viveu muito provavelmente no Séc. I, tinha de resolver muitos problemas envolvendo raízes quadradas na sua prática de engenharia e para tal utilizava o método que a seguir se descreve, que não terá inventado, mas que hoje em dia se conhece pelo seu nome (também designado por método babilónico).



FIGURA 2. Herão de Alexandria (fonte: wikimedia commons)

Para determinar um valor aproximado de  $\sqrt{2}$ , por exemplo, considerava uma aproximação fácil de obter, seja 1. De seguida, calculava a média dessa aproximação com o quociente do radicando por essa aproximação. Com o valor obtido, uma nova aproximação, efetuava sucessivamente o mesmo procedimento e considerando este exemplo podem observar-se as primeiras três aproximações calculadas.

$$x_0 = 1 \quad ; \quad x_1 = \frac{1 + \frac{2}{1}}{2} = 1,5 \quad ; \quad x_2 = \frac{1,5 + \frac{2}{1,5}}{2} = 1,41(6) \quad ; \quad x_3 = \frac{x_2 + \frac{2}{x_2}}{2} = 1,414215...$$

Note-se que bastaram duas iterações deste método para obter  $\sqrt{2}$  com precisão superior à da 7ª iteração com a função iteradora considerada no método do ponto fixo. O que o método de Herão tem de curioso é que é também um método de ponto fixo, mas com uma função iteradora mais poderosa no sentido da rapidez de convergência.  $\phi(x) = \frac{1}{2} \left( x + \frac{2}{x} \right)$ .

Isto revela que a eficácia do método do ponto fixo depende, entre outros fatores, de uma boa escolha de uma função iteradora. É possível reduzir um pouco os graus de liberdade para boas escolhas considerando um resultado que diz que a sucessão  $x_{n+1} = \phi(x_n)$  é convergente para um ponto fixo  $\rho$  no interior de um intervalo  $I$  se em  $I$   $\phi$  for diferenciável e  $|\phi'(x)| < 1$ . Além disso, a convergência é tanto mais rápida quanto mais próximo de zero se encontrar  $|\phi'(\rho)|$ . Na realidade, enquanto no primeiro caso se tem  $\phi'(x) = \frac{14}{x^2 + 8x + 16}$ , no método de Herão tem-se que  $\phi'(x) = \frac{x^2 - 2}{2x^2}$ , donde se pode concluir que  $\phi'(\sqrt{2})$  é maior que zero (e menor do que 1) no primeiro caso, mas igual a zero no segundo caso.

Outro método numérico de resolução de equações, que quando funciona é excelente em termos de eficácia, é o método de Newton-Raphson.

Tem uma interpretação geométrica muito interessante, baseada em interseções de retas tangentes ao gráfico da função com o eixo das abcissas do referencial, como se pode observar na FIGURA 3. Neste método, o termo geral da sucessão de iterações que se obtém é  $x_{n+1} = x_n - \frac{f(x_n)}{f'(x_n)}$ .

Pode observar-se na FIGURA 3 que, neste método, à quarta iteração já são pelo menos onze as casas decimais exatas e os sucessivos valores parecem ser os mesmos do método de Herão. Na realidade assim é, pois ao resolvermos a equação  $f(x)=0$  e ao considerarmos a função iteradora  $\phi(x) = x - \frac{f(x)}{f'(x)}$ , temos o método de Herão. Podemos observar deste modo que o Método de Newton-Raphson é, em circunstâncias que permitam a convergência, um caso particular do método do ponto fixo, que apresenta uma função iteradora que permite a mais rápida convergência.

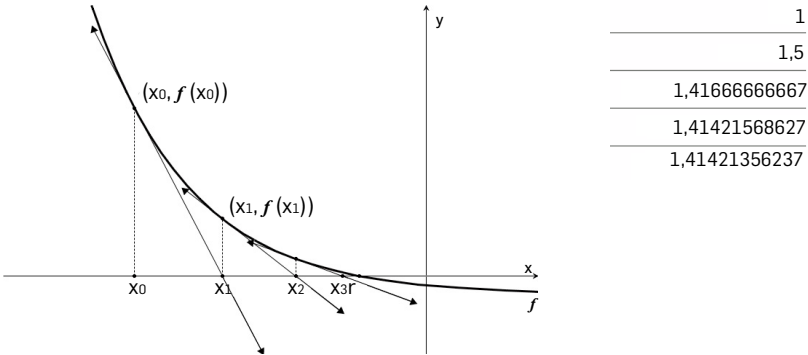


FIGURA 3. Método de iteração de Newton-Raphson.

Alguns dos aspetos referidos foram integrados com eficácia em aulas do 11º e do 12º anos de escolaridade, permitindo um melhor foco nas aprendizagens das sucessões, das derivadas, dos limites, entre outros, e uma maior satisfação das necessidades dos alunos mais curiosos e sedentos de sabedoria.

---

# Biólogos marinhos por um dia

Sandra Amoroso Ferreira

Vera Sequeira

Susana França

MARE/ Universidade de Lisboa

O desenvolvimento de atividades e estratégias educativas que promovam cidadãos participativos e informados é essencial para uma sociedade ambientalmente sustentável. A atividade “Biólogo por um dia” aqui proposta tem o intuito de promover a literacia do oceano, levar a ciência às escolas e aproximar cientistas e alunos. Para além de complementar os temas curriculares de forma dinâmica e criativa, sem descurar os aspetos científicos, esta atividade, através da sua componente prática e interativa, contribui para aumentar a motivação de alunos e professores.

A formação de cidadãos participativos e capazes de tomar decisões informadas cientificamente é, nos dias de hoje, um objetivo primordial para a construção de uma sociedade sustentável e amiga do ambiente. A escola, como peça essencial na educação dos futuros cidadãos, desempenha um papel fundamental neste processo, constituindo, em muitos casos, o primeiro contacto dos jovens com a ciência.

A literacia do oceano é um conceito recente que implica compreender a influência que o oceano tem em cada um de nós e como nós influenciámos o oceano. Assim, pretende-se estimular e envolver os cidadãos nos temas relacionados com o mar, levando-os a compreender, comunicar e agir para promover uma sociedade mais azul. Torna-se, por isso, importante levar a literacia do oceano para a sala de aula, motivando alunos e professores e fornecendo-lhes ferramentas que lhes permitam abordar as temáticas relacionadas com o oceano no âmbito dos programas curriculares. Neste âmbito, o papel do cientista é tam-

bém importante e o seu envolvimento nesta temática cada vez mais frequente.

Os alunos são naturalmente curiosos e facilmente cativados por tudo o que implique “meter as mãos na massa”. Tendo isto em conta, é importante o desenvolvimento de estratégias educativas motivadoras, interativas e dinâmicas que estimulem o raciocínio crítico. As atividades laboratoriais, sendo de natureza prática e interativa, são um incentivo para os alunos. Por outro lado, o contacto com outras realidades e profissões é também um encorajamento à aprendizagem permitindo a aquisição de novas experiências e um conhecimento concreto do mundo real.

No MARE – Centro de Ciências do Mar e do Ambiente, os investigadores envolvem-se em atividades educativas que aproximam a ciência da sociedade e contribuem para uma sociedade azul participativa. Em particular, e no âmbito do seu programa educativo “O MARE vai à escola”, desenvolvem a atividade “Biólogo por um dia” em que os alunos são convidados a realizar uma sessão de amostragem biológica de peixe. Com recurso a apenas alguns peixes é possível desenvolver uma aula diferente, interativa e estimulante que aborda vários temas desde a biodiversidade marinha à anatomia, passando pela pesca e respetiva sustentabilidade, não descurando a importância da investigação para a sociedade.



FIGURA 1. Alunos a iniciar a dissecação de uma Dourada (*Sparus aurata*) no decorrer da atividade “Biólogo por um dia”.

A sessão tem início com uma introdução teórica e explicativa sobre a morfologia do peixe e de como as suas características externas contribuem para obter informações sobre o seu comportamento e habitat (por exemplo, a forma da boca indica-nos o tipo de alimento ou a forma como se alimentam, a forma do corpo permite concluir sobre o tipo de habitat, as barbatanas permitem distinguir espécies e estratégias de defesa, a cor indica a profun-

didade relativa a que vivem e o tipo de camuflagem, entre outras características). Posteriormente procede-se à dissecação do peixe para observação dos órgãos internos (órgãos reprodutores, estômago, fígado, coração, guelras) e identificação de uma das estruturas que permite analisar a idade dos peixes (otólitos). Após esta demonstração os alunos são convidados a realizar os procedimentos demonstrados como se de verdadeiros biólogos se tratassem, identificando aspetos morfológicos, o género, a dieta e a idade dos peixes que lhes são dados a explorar.

Esta é uma atividade que desperta o interesse e entusiasmo em alunos de qualquer idade e nos próprios professores. Promove, também, o trabalho de grupo, o raciocínio lógico, a interação, a observação e a curiosidade científica, a reflexão crítica e a capacidade de argumentação, paralelamente à compreensão da importância deste processo para o dia-a-dia dos cidadãos.

A utilidade de atividades como esta não se esgota no final da sessão, uma vez que constituem um excelente ponto de partida ao desenvolvimento de projetos sobre esta temática, que podem incluir trabalhos de pesquisa, debates e trabalhos plásticos com alunos de todas as idades. Temas como a sustentabilidade da pesca, a diversidade de espécies, as profissões, a anatomia e o funcionamento do corpo ou a evolução de espécies, presentes nos programas curriculares, podem ser abordados e desenvolvidos através da realização desta atividade simples e acessível. Os professores têm demonstrado uma grande motivação no decurso destas ações, acabando inclusivamente por replicá-las com outras turmas e sugerir-las a outros colegas.

Esta dinâmica criada na sala de aula constitui uma mais-valia para o ensino uma vez que, recorrendo a algo que faz parte do dia-a-dia, temos oportunidade de aumentar o conhecimento e promover comportamentos sustentáveis. É possível promover a literacia do oceano de forma simples e criativa, complementando os programas curriculares e oferecendo aos alunos experiências únicas e diferentes, memoráveis e motivadoras da sua aprendizagem.

---

# C.R.I.A. Sustentabilidade – São Tomé e Príncipe

André Ferreira Freitas

Escola Portuguesa de São Tomé e Príncipe – Centro de Ensino e Língua Portuguesa

A Escola Portuguesa de São Tomé e Príncipe – Centro de Ensino e da Língua Portuguesa, em funcionamento desde setembro de 2016, localiza-se na ilha de São Tomé, no Golfo da Guiné, quase à latitude de 0°, tendo decidido que no ano letivo 2016/2017 os seus alunos se iriam debruçar sobre a problemática da deflorestação num dos distritos santomenses (Lobata). No âmbito do projeto as estratégias de atuação passaram pela recolha de dados meteorológicos (temperatura, precipitação, irradiação solar, entre outros) através de uma estação meteorológica construída pelos alunos, com base numa plataforma Arduino, para averiguar os impactos da deflorestação na área geográfica escolhida, informação e sensibilização do poder local e da população e a procura de soluções, através da introdução de fornos solares em substituição do carvão.

São Tomé e Príncipe é um país de contrastes, um estado insular de pequena dimensão territorial (1001 km<sup>2</sup>), muito procurado pela sua beleza natural e praias tropicais, mas onde, de acordo com o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento, cerca de dois terços da população vive com menos de 1,5 \$ por dia.

O projeto C.R.I.A. Sustentabilidade (Conhecimento, Resolução Colaborativa, Investigação e Ambiente) vai de encontro ao preconizado pelos 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, definidos em 2015 pela Organização das Nações Unidas, em particular:

- Objetivo 7 – Garantir o acesso a fontes de energia fiáveis, sustentáveis e modernas para todos;
- Objetivo 12 – Garantir padrões de consumo e de produção sustentáveis;
- Objetivo 15 – Proteger, restaurar e promover o uso sustentável dos ecossistemas terrestres, gerir de forma sustentável as florestas, combater a desertificação, travar e reverter a degradação dos solos e travar a perda de biodiversidade.



FIGURA 1. Localização futura da estação meteorológica, junto aos secadores solares de cacau, em Morro Peixe – Lobata, na sede da empresa SATOCAO.

A procura de uma fonte de rendimento para o agregado familiar cria uma pressão sobre a exploração de recursos naturais, que não tem em conta a proteção ambiental e a criação de práticas sustentáveis. Um exemplo desta realidade é a desflorestação no distrito de Lobata, motivada pela produção de carvão como fonte de rendimento para o agregado familiar. A produção de carvão artesanal leva ao abate indiscriminado de árvores num distrito caracterizado por ser uma zona de savana, o que leva a erosão dos solos ou perda de biodiversidade. A proposta de atuação passa pela recolha de dados meteorológicos (temperatura, precipitação, irradiação solar, entre outros) através de uma estação meteorológica construída pelos alunos, com base numa plataforma Arduino, para averiguar os impactos da desflorestação na área geográfica escolhida e proceder à informação e sensibilização do poder local e da população com a introdução de fornos solares em substituição do carvão. A promoção da utilização dos fornos solares junto da comunidade será feita através da divulgação do seu modo de funcionamento junto dos alunos da escola de Morro Peixe.

Presentemente é essencial desenvolver junto dos alunos múltiplas competências: criatividade, capacidade de comunicação, colaboração, competências digitais, pensamento crítico, responsabilidade pessoal e social, argumentação, domínio da língua inglesa, entre outros. O desenvolvimento de projetos multidisciplinares na escola é muito importante,

pois estes permitem uma integração dos conhecimentos e uma reflexão crítica do trabalho realizado. A título de exemplo, os alunos ligados às Línguas e Humanidades e Ciências Socioeconómicas, com a orientação do professor de Geografia A, analisaram os dados disponibilizados pelo I.N.E de São Tomé e Príncipe. Esta tarefa envolveu a leitura dos dados disponíveis no Recenseamento Geral da População e Habitação de 2012 e Projeções Demográficas de São Tomé e Príncipe no Horizonte 2035 e a sua análise tendo em conta as características únicas causadas por São Tomé e Príncipe ser um estado insular e um estado frágil, como descrito amplamente na literatura do Programa das Unidas para o Desenvolvimento. Um outro grupo, constituído por alunos da área de Ciências e Tecnologias contribuiu para a construção da estação meteorológica com base numa plataforma Arduino, ligada a diversos sensores. Esta atividade envolveu a interligação de conhecimentos de Física e de Programação, atualmente em ARDUINO WEB EDITOR. Esta tarefa revelou-se a parte mais técnica do projeto e a que consumiu e irá continuar a consumir mais tempo, tendo em conta a insularidade de São Tomé e Príncipe e os desafios técnicos que apresenta. Os alunos do 9º ano ficaram responsáveis pela construção dos fornos solares.

Além dos desafios que o recurso à metodologia de trabalho de projeto coloca, procurando o desenvolvimento de competências de resolução de problemas num contexto multidisciplinar, a insularidade acrescenta uma camada adicional aos desafios encontrados nas diferentes etapas, que leva à procura de soluções inovadoras com os materiais disponíveis ("think outside the box" / pensamento lateral). No final do projeto verificou-se que a criação de parcerias é fundamental para vencer os desafios, modificar as práticas correntes da população, sensibilizando toda a comunidade educativa para a importância das questões ambientais para o desenvolvimento sustentável do país e a procura de alternativas exequíveis para substituir a utilização do carvão.

O desenvolvimento do projeto foi possível com a colaboração da Câmara Distrital de Lobata, do Instituto Nacional de Estatística de São Tomé e Príncipe, da Associação Portuguesa de Educação Ambiental, do Doutor Celestino Ruivo da Universidade do Algarve, da empresa SATOCAO, do Instituto Nacional de Meteorologia de São Tomé e Príncipe e da Fundação Ilídio Pinho.

Por último, este projeto não se esgota num ano letivo, estando previsto a continuidade do projeto, por exemplo estando em fase de desenvolvimento uma atividade dinamizada pelos alunos do 12º ano da Escola Portuguesa de São Tomé e Príncipe – Centro de Ensino e Língua Portuguesa, baseada nas publicações de Rómulo de Carvalho, para os alunos da Escola Básica de Morro Peixe. Por outro lado, o término do ano letivo levou à reestruturação da fase de divulgação da utilização dos fornos solares, que será feita enquadrada na atividade referida anteriormente.

---

# A Horta Pedagógica como ferramenta interdisciplinar

## Hidroponia e Vermicompostagem

Alberto Caeiro

Escola Básica e Secundária Dr. Manuel Gomes de Almeida – Espinho

Perante a necessidade de criar um clima de motivação e ao mesmo tempo explorar conceitos científicos relevantes, optou-se por desenvolver atividades nas áreas das Ciências Naturais, da Biologia, da Química, da Física e da Matemática, utilizando para isso um laboratório de Hidroponia, assim como um Vermicompostor. A base do trabalho, a Horta Pedagógica, inclui a Hidroponia, que envolve o desenvolvimento de plantas numa solução nutritiva, sem recurso a solo, assim como a Vermicompostagem. A aquisição dos conceitos básicos da Hidroponia e da Vermicompostagem, permitiram a interligação de vários conceitos multidisciplinares. As atividades desenvolvidas, para além de despertarem o interesse dos alunos no que respeita a aspetos relativos à educação ambiental, promoveram aprendizagens mais significativas, uma vez que os jovens aprenderam fazendo.

Além do aspeto interdisciplinar, este projeto permite aos alunos vivenciar o plantio de hortaliças e acompanhar as suas etapas de desenvolvimento, estimulando a capacidade de observação e o registo científico, enfatizando ainda a produção com técnicas hidropónicas, as suas vantagens e desvantagens, bem como a importância dos alimentos naturais.

Neste projeto estiveram envolvidos alunos de várias turmas do 3º ciclo e do ensino secundário.

Na Hidroponia utilizou-se o método NFT (Nutrient Flow Technique). Nesta técnica, a solução corre pelo perfil numa lâmina fina de líquido para alimentar a planta e retorna ao reservatório (FIGURA 1).



FIGURA 1. Técnica de Hidroponia

Este sistema de cultivo permitiu trabalhar diferentes conteúdos relativos à eletricidade, hidrostática e caudal volumétrico em Física; nutrição mineral das plantas, anatomia e fisiologia vegetal em Biologia. Na disciplina de Química foram trabalhados os seguintes temas: funções químicas, soluções, equilíbrio químico, condutividade elétrica e densidade da solução nutritiva, concentração e pH.

A Vermicompostagem é um tipo de compostagem com a ação de minhocas, que pode ser feita ao ar livre, no jardim ou no quintal, mas também em apartamentos, caso não exista espaço exterior disponível para a compostagem tradicional.

Os alunos construíram o Vermicompostor e colocaram nele resíduos orgânicos que trouxeram de suas casas. Efetuaram a monitorização semanal da evolução da decomposição dos resíduos pelas minhocas, medindo o pH, a condutividade elétrica, a temperatura, a humidade e o nível de compostagem. Também procederam à identificação das espécies de minhocas. Criaram tabelas e gráficos para o registo de todos os dados e, por último, retiraram as suas conclusões.

---

# Museu da farmácia

5 mil anos de história universal da saúde

Paula Basso

Museu da Farmácia

39

**O museu da Farmácia é já uma referência a nível nacional e internacional, como o comprovam os milhares de visitantes recebidos e os diversos prémios com que foi distinguido.**

No Museu da Farmácia é possível conhecer a luta humana pela sobrevivência, desde os primórdios da humanidade, até à aventura espacial dos dias de hoje, na conquista da vida pela cura da doença e alívio da dor.

É uma história com 5 mil anos em que o homem, em várias culturas e civilizações, enfrentou desde tempos imemoriais, o desafio da mortalidade e da doença e procurou várias formas de cura e de tratamento.

Desde os primeiros micróbios e bactérias até às mais recentes epidemias globais, o homem encontrou uma solução para todos os males que afligiram ao longo dos tempos.

Desde a mumificação e a crença na vida eterna no Antigo Egito, até ao elixir da juventude dos alquimistas medievais e às grandes conquistas da ciência moderna, que permitiu ao homem prolongar a vida até ao unimaginável, tudo isto pode conhecer no Museu da Farmácia.

Venha conhecer as fascinantes descobertas científicas mais marcantes da história da farmácia e da medicina e que revolucionaram a vida do homem, como a descoberta das vacinas, da penicilina e dos antibióticos e, mais recentemente da estrutura molecular do DNA que veio permitir ao homem sonhar com algo que sempre o desafiou – a cura da doença!

Inaugurado em junho de 1996 em Lisboa, o Museu da Farmácia é o resultado de uma vontade inequívoca das Farmácias Portuguesas em preservar a história da sua profissão. Em 2010, é a vez da cidade do Porto receber o Museu da Farmácia através da inauguração de um novo espaço.

## FARMÁCIA PORTUGUESA

Foram recriados espaços e ambientes que permitem ao visitante aperceber-se, de uma forma mais imediata, da evolução da história e tecnologia da farmácia portuguesa, desde o final do século XV até aos nossos dias. Reconstituições de autênticas farmácias portuguesas desde a antiga botica do século XVIII, até à Farmácia Liberal do início do século XX. É de salientar ainda a reconstituição de uma autêntica farmácia tradicional chinesa, oriunda de Macau do final do século XIX e de uma área dedicada à Farmácia no espaço, com os kits de medicamentos que foram a bordo do Space Shuttle Endeavour, em dezembro de 2001.

No Porto, é possível visitar a excelente reconstituição da Farmácia Estácio, inaugurada em 1924, na rua Sá da Bandeira. Ficou célebre esta farmácia no final dos anos quarenta pela sua balança falante tornando-se um ex-libris da baixa portuense dessa época.



FIGURA 1. Farmácia Barbosa c. 1780 – MF Lisboa

## FARMÁCIA NO MUNDO

A temática da Farmácia e da Saúde são abordadas com peças de extrema qualidade oriundas de civilizações e culturas tão distantes no tempo e no espaço, como a Mesopotâmia, o Egito, a Grécia, Roma, os Incas, os Astecas, o Islão, o Tibete, a China, o Japão, etc.

No Porto, é de realçar a reconstituição da Farmácia Islâmica do Império Otomano que existia no interior de um palácio de Damasco no século XIX.

A história da farmácia termina com as grandes descobertas e avanços científicos na saúde no século XX, como a dádiva à humanidade realizada pela descoberta da penicilina e a nova era dos antibióticos e mais recentemente a descoberta da sequência da estrutura molecular do DNA.

---

# Paisagens da Islândia: Formas e Processos

Fernando Carlos Lopes

CITEUC/ Universidade de Coimbra

Situada no Atlântico Norte, sobre a Dorsal Média Atlântica (DMA), um pouco a Sul do Círculo Polar Ártico (63°24'N-66°33'N; 13°30'W-24°32'W) a Islândia é uma ilha vulcânica com cerca de 24 Ma. Na sua origem estará a interação entre a DMA e a suposta pluma mantélica da Islândia. É um dos únicos locais da Terra onde é possível observar os efeitos dramáticos da interação de grande variedade de processos geológicos e climáticos. Elevadas taxas de atividade vulcânica e de deformação crustal distensiva, conjugam-se com a rápida erosão desencadeada pelos glaciares, pelo mar e pela água corrente, sob um clima ártico, para criar paisagens e ambientes ímpares.

A extraordinária geologia da ilha está patente nas suas variadas formações rochosas, na sua sinuosa e escarpada região costeira, nas suas estreitas praias de areia negra, nos fiordes, nos glaciares e vales glaciares, na atividade sísmica e na atividade vulcânica, como erupções e emissões geotérmicas. Conjugada com o clima e a ação biológica, criou paisagens de uma beleza surreal, que o presente trabalho, dividido em três partes, procura aflorar.

## Parte I - Paisagens controladas pela tectónica

Situada sobre a DMA, a Islândia caracteriza-se por uma tectónica distensiva a transtensiva. Falhas normais, falhas translacionais, fendas e fraturas, acompanhadas de sismicidade, são responsáveis pela arquitetura de uma paisagem ímpar e ativa.

### Vales de rifte

Na Islândia a tectónica distensiva está morfologicamente expressa por vales alongados, limitados por falhas e sulcados de fraturas, frequentemente sublinhadas por alinhamen-

tos de aparelhos vulcânicos, fumarolas e fontes quentes (FIGURA 1). A sua orientação segue de perto a orientação dos três principais eixos de rifte que atravessam a ilha e que são coincidentes com os principais eixos vulcânicos: i) o eixo de rifte ocidental/zona vulcânica ocidental (ZVO), de orientação NE-SW, que se estende da extremidade sudoeste até ao centro da ilha, e que se liga à DMA através da zona vulcânica de Reykjanes; ii) o eixo de rifte setentrional/zona vulcânica setentrional (ZVN), de direção N-S a NNW-SSE, que se estende do centro da ilha até à sua extremidade norte, ligando-se à DMA através da Zona de Fratura de Tjornes; iii) o eixo de rifte central/zona vulcânica central (ZVC), de direção W-E, que liga a extremidade norte da ZVO à extremidade sul da ZVN; iv) o eixo de rifte oriental/zona vulcânica oriental (ZVE), de direção NE-SW, que se propaga da zona SE da ilha e se liga à extremidade sul da (ZVN). Atualmente é a zona vulcânica mais ativa da ilha.

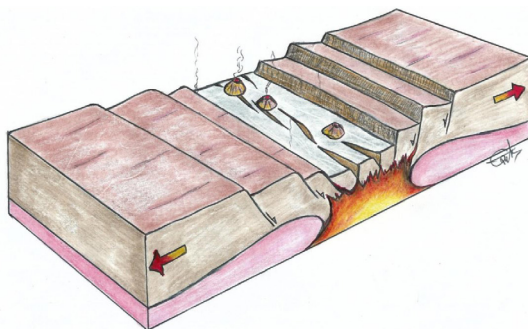


FIGURA 1. Esquema de 3D (sem escala) de um vale de rifte.

O exemplo típico de um vale de rifte é o vale Pingvellir (ou Thingvellir), situado no sudoeste da ilha, no eixo de rifte ocidental (FIGURA 2). Constitui uma zona de contacto, com várias dezenas de quilómetros de largura, entre as placas tectónicas norte-americana (lado Oeste) e euroasiática (lado Leste) (FIGURA 3).



FIGURA 2. O lago Pingvellir e o vale de rifte, vistos a partir da placa norte-americana.



FIGURA 3. A garganta do Almannagjá marca a extremidade oriental da placa tectónica norte-americana.

### Cascatas e vales glaciares

Os desníveis criados pela escadaria de blocos limitados pelos sistemas de falhas normais propiciam o desenvolvimento de cascatas por onde se precipitam numerosos cursos de água, durante o curto verão ártico. Por outro lado, os vales que se desenvolvem ao longo da direção dos sistemas de falhas controlam a instalação de lagos, rios, vales glaciares e fiordes. É frequente ocorrerem ao longo da direção desses vales campos lineares de fumarolas e de fontes termais. Por vezes podem formar-se dobramentos flexurais dos níveis rochosos superiores por subsidência, em resultado da fraturação e do estiramento dos níveis rochosos subjacentes. Na Islândia, a maioria dos vales glaciares e das cascatas como a Hengifoss, parecem desenvolver-se segundo este modelo (FIGURA 4).

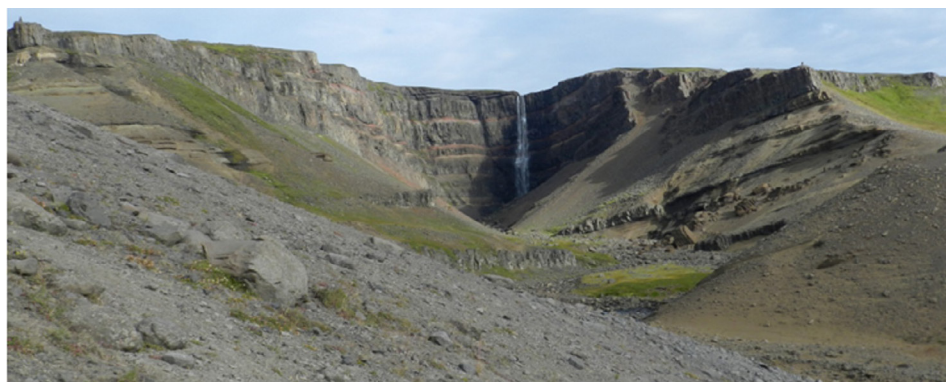


FIGURA 4. Cascata de Hengifoss (Islândia oriental). A cascata é rodeada por estratos basálticos intercalados por níveis de argila vermelha. Os taludes laterais ao plano da cascata são constituídos por uma escadaria de blocos definidos por falhas normais.

### Campos lineares de fumarolas e canhões

As zonas de fratura podem ser seguidas na paisagem pela existência de campos lineares de fumarolas e/ou pequenos canhões de paredes basálticas (FIGURA 5). São assinaláveis exemplos os que ocorrem na Península de Reykjanes, no sudoeste da Islândia.



FIGURA 5. Campo linear de fumarolas na Península de Reykjanes.



# Um lugar ideal p'ra morar

## Uma visão geológica

Nuno Pimentel

Instituto Dom Luiz/ Universidade de Lisboa

Ao longo dos tempos pré-históricos, as comunidades humanas foram vivendo em ambientes naturais, aos quais se foram procurando adaptar. Durante milénios, cada grupo de pessoas procurou instalar-se em áreas onde os recursos naturais lhes permitissem viver o seu dia-a-dia e desenvolver as suas atividades quotidianas.

Neste quadro, surge naturalmente como fator primordial o acesso a bens comestíveis, para alimentação dos diversos elementos do grupo. No entanto, este fator depende em grande parte de aspetos muito volúveis, como o são a constante mobilidade dos diversos animais e a sazonalidade das plantas, pelo que outro fator surge de facto como incontornável e perene – o acesso a água potável. De facto, a água terá provavelmente constituído o elemento-chave que durante milénios condicionou maioritariamente a localização do assentamento de comunidades pré-históricas (FIGURA 1). Essa água era (e continua a ser) indispensável para o consumo direto das pessoas, mas também, em sociedades já mais sedentarizadas, para o consumo dos animais e para a irrigação das plantas. Este facto explica a localização de muitos assentamentos na margem ou na proximidade de cursos de água, embora nem sempre tal aconteça. Em muitos casos, é a existência de nascentes naturais, onde a água subterrânea infiltrada noutros lugares brota à superfície, a determinar essa localização. Noutros casos, é a possibilidade de obter água do subsolo, a partir de pequenos furos, que condiciona a instalação dessas comunidades em regiões áridas ou com escassez de águas de escorrência.

Por seu lado, a disponibilidade de água apenas será eficaz para irrigar ou para promover o desenvolvimento de vegetação, indispensável para a alimentação humana ou para a dos animais (selvagens ou domésticos), se tivermos um substrato geológico favorável ou seja, um solo bem desenvolvido. Também neste caso, estamos dependentes de existirem rochas alteráveis nessa região, de condições climáticas suficientemente agressivas para as

alterar e ainda de condições geomorfológicas favoráveis para a preservação dos produtos de alteração dessas rochas num solo maduro.

Outro fator que devemos equacionar é o acesso a materiais que permitissem a essas comunidades elaborar ferramentas para trabalhar os recursos naturais a que tinham acesso. Nas comunidades iniciais, estaremos a falar de simples pedras, cujo talhe permitisse originar arestas afiadas ou pontiagudas, para cortar, raspar e perfurar. O acesso a alimentos, sejam animais ou vegetais, desde sempre recorreu a instrumentos líticos (e mais tarde metálicos), desde a sua colheita ou caça, até à sua transformação em comida para todos. Não admira por isso a localização de numerosas comunidades pré-históricas em áreas onde o sílex, o quartzito ou outra litologia igualmente favorável, se encontra disponível em abundância.



FIGURA 1. Aldeia de Shirakawa-go, Japão.

Com o evoluir da sedentarização e crescente necessidade de organização, os materiais geológicos foram também sendo utilizados para a construção das próprias estruturas habitacionais. O recurso ao adobe, à pedra solta ou aparada, a argamassas e a ligantes, tudo isto esteve sempre dependente do acesso a esses materiais e poderá ter condicionado a localização de aglomerados habitacionais já mais estruturados. Cada vez que vemos construções antigas, deveremos pensar de onde vieram todos aqueles materiais de origem geológica... e como terão sido transportados até ali, naquela época, com os meios e recursos de então.

Finalmente, como derradeiro fator geológico, deveremos pensar no próprio posicionamento no terreno, ou seja no local preciso na paisagem, onde as comunidades acharam por bem ir-se instalando e desenvolvendo. Neste ponto, vários aspetos terão de ser conjugados. Por um lado, uma posição alta e dominante (FIGURA 2), com vistas amplas para o espaço circundante poderá ser considerado como favorável. Por outro lado, uma tal posi-

ção traduz-se geralmente num afastamento de uma fonte de abastecimento de água (seja de nascentes naturais, seja de cursos de água ou de poços artesianos ou não), bem como de zonas mais húmidas onde os animais e vegetais proliferem. Portanto, alto sim, mas não muito... mas também não demasiado baixo, a ponto de ser repetidamente inundado por cheias destruidoras.



FIGURA 2. Pré-cordilheira andina, Bolívia.

Naturalmente o peso relativo destes diversos fatores foi variando ao longo do tempo, a par da própria evolução das comunidades e das suas atividades. Consoante a importância relativa das questões defensivas ou agrícolas, assim as localizações terão privilegiado posições mais altaneiras ou nas planuras, por exemplo. E frequentemente constatamos também como, ao longo dos séculos, uma mesma aldeia, vila ou cidade se expandiu ou transferiu (gradual ou repentinamente) para uma outra localização, na busca de uma maior proximidade a algum recurso natural que se lhe tornou entretanto mais importante ou mesmo indispensável.

Todos estes raciocínios poderão ser aplicados, como exercício, à localização quer das comunidades pré-históricas, quer das primeiras comunidades históricas e que em geral estão na origem das nossas atuais aldeias, vilas e cidades. Do mesmo modo e com idênticos critérios, poderemos olhar para algumas comunidades atuais ainda muito ligadas ao espaço natural, como é o caso de áreas extremamente inóspitas (nos Himalaias ou nos Andes, por exemplo) ou tecnologicamente pouco desenvolvidas (no interior de África ou da Ásia, por exemplo). Ao buscarmos em todos esses assentamentos, passados e atuais, as razões para a sua localização, provavelmente encontraremos fortes condicionantes no espaço natural em que se inserem, incluindo, entre outros de natureza muito variada, aspetos relacionados com a paisagem e também com a disponibilidade de recursos geológicos para as suas atividades.

# Ouriço Magnético

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

Como diria Louis Pasteur, *o acaso só favorece a mente preparada*.

Tal como no processo científico, o processo artístico alimenta-se desta consciência. O poder de sugestão e atenção sobre aquilo que nos rodeia, por exemplo, permite criar metáforas operativas com que o autor pode trabalhar. Esta associação entre formas, ideias e matérias, ao serem recontextualizadas promove novos enquadramentos e novas especulações experimentais. Tal como o próprio título já aponta, *Ouriço Magnético* é uma dessas formas em que a sugestão de significados é inevitável.

O mesmo acontece com um trabalho do artista Tom Friedman (1965-). Datado de 1995 e sem título, a forma construída através da junção de milhares de palitos colados, cria uma forma orgânica muito semelhante à de *Ouriço Magnético*, embora Friedman o descreva como a “construção de uma formação estelar feita com milhares de palitos”. Formalmente, apenas a cor e variações do volume as distinguem, partilhando ambas da mesma sensação de magnetismo, de densidade, de pressão e de atração.

Cláudia Amandi

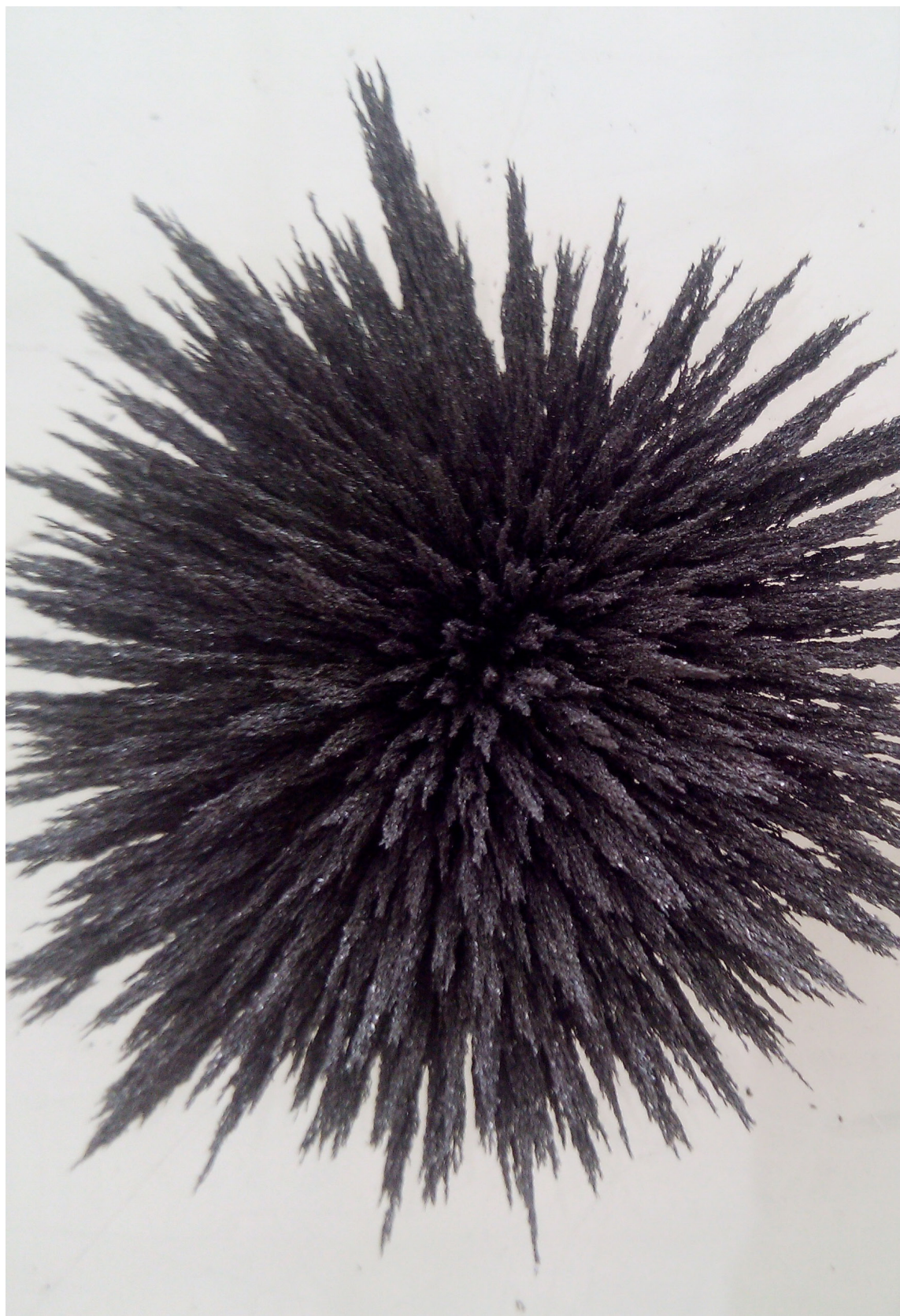
I2ADS/FBAUP/ Universidade do Porto

Os fenómenos associados ao magnetismo são conhecidos desde a antiguidade. Os gregos conheciam a magnetite ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$  - mineral da região de Magnésia) com a capacidade de atrair o ferro. Já no século I a.C., os chineses teriam fabricado a bússola, com peças alongadas de magnetite, suspensas por um fio, para orientação geográfica.

A magnetite, assim como outros materiais que apresentam magnetização espontânea, são conhecidos por materiais ferromagnéticos. A magnetização do material tem origem nos momentos magnéticos microscópicos criados pelos eletrões que, devido a interações específicas, alinham-se e apresentam uma resultante não-nula por unidade de volume, que dá origem ao campo magnético. Este alinhamento ocorre abaixo de uma certa temperatura, característica do material. Uma forma de observar a geometria do campo magnético criado por um íman, é polvilhá-lo com limalha de ferro. Cada grão de limalha de ferro magnetiza-se sob a ação do campo magnético do íman, e seus polos alinham-se de acordo com o sentido do campo. O “ourico magnético”, apresentado nesta figura, é um exemplo do que se acabou de descrever.

Álvaro Folhas

Escola Secundária Adolfo Portela, Águeda





**V ENCONTRO  
INTERNACIONAL  
DA CASA  
DAS CIÊNCIAS**

# CIÊNCIA, COMUNICAÇÃO, IMAGEM E TECNOLOGIA

CENTRO CULTURAL  
VILA FLOR  
GUIMARÃES

9,10+11  
JULHO  
2018