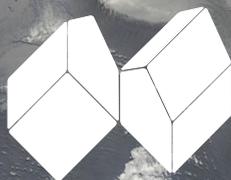


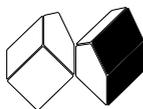
SETEMBRO 2018

# V6/03

REVISTA DE CIÊNCIA ELEMENTAR. CASA DAS CIÊNCIAS



# REVISTA DE CIÊNCIA ELEMENTAR



## FICHA TÉCNICA

Publicação trimestral  
da Casa das Ciências

ISSN 2183-9697 (versão impressa)

ISSN 2183-1270 (versão online)

[rce.casadasciencias.org](http://rce.casadasciencias.org)

DEPÓSITO LEGAL  
425200/17

COORDENAÇÃO EDITORIAL  
Alexandra Coelho

DESIGN  
Rui Mendonça

PAGINAÇÃO  
Pedro Freitas

IMPRESSÃO E ACABAMENTO  
Uniarte Gráfica S.A.

TIRAGEM  
3400 exemplares

IMAGEM NA CAPA  
Arquipélago das Canárias (pág. 43)  
[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)

### EDITOR CONVIDADO

João Lopes dos Santos (UNIVERSIDADE DO PORTO)

### CONSELHO EDITORIAL

João Lopes dos Santos (UNIVERSIDADE DO PORTO)

Jorge Manuel Canhoto (UNIVERSIDADE DE COIMBRA)

José Francisco Rodrigues (UNIVERSIDADE DE LISBOA)

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)



**CASA DAS  
CIÊNCIAS**

EDULOG · FUNDAÇÃO BELMIRO DE AZEVEDO

SETEMBRO 2018

# V6/03

## ÍNDICE

- |    |   |    |   |
|----|---|----|---|
| 02 | AGENDA  |    | NOTÍCIAS EDUCATIVAS   |
| 03 | NOTÍCIAS  |    | 27 Hereditariedade, Sexo & Género<br>Luís Calafate                              |
|    | EDITORIAL   |    |   |
| 05 | O Poder das Comunidades<br>J. M. B. Lopes dos Santos          | 33 | Ensino experimental e<br>problemas ambientais<br>Mário Oliveira, Olga Santos    |
|    | ARTIGOS   |    |   |
| 07 | Pressão de vapor de substâncias<br>puras<br>Manuel João Monte | 36 | À descoberta do ambiente<br>natural<br>Andreia Figueiredo, Fernando Vaz Dias    |
| 11 | O pêndulo simples<br>Eduardo Lage                             | 39 | Scratch uma ferramenta para o<br>Ensino<br>Pedro N. M. L. Silva                 |
| 13 | Espectro: intensidade vs.<br>energia<br>Paulo Ribeiro Claro   |    | AOS OLHOS DA CIÊNCIA  |
|    |   | 43 | Beleza e Ciência<br>J. M. B. Lopes dos Santos                                   |
| 17 | Sobre o algoritmo de Euclides<br>João Nuno Tavares            |    | A VISITAR   |
| 20 | A Era dos Computadores<br>Quânticos<br>Ariel Guerreiro        | 46 | Observatório Astronómico de<br>Santana - Açores<br>Cláudio Gomes, <i>Et al.</i> |
| 24 | Dunas litorais<br>A. M. Galopim de Carvalho                   |    | IMAGEM EM DESTAQUE  |
|    |   | 48 | Biblioteca Nacional de Singapura<br>J. M. B. Lopes dos Santos                   |

**03/03**<sup>(2017)</sup>  
**a 31/12**<sup>(2019)</sup>

Reis da Europa Selvagem – os nossos últimos grandes carnívoros

Esta exposição pretende dar a conhecer quatro grandes carnívoros europeus – o urso, o glutão, o lince e o lobo. Em especial, o lince ibérico, o felino mais ameaçado do mundo, e o lobo ibérico cujas populações estão em perigo de extinção.

MNHNC, LISBOA

[HTTP://WWW.MUSEU.LISBOA.PT/PT-PT/REIS-DA-EUROPA-SELVAGEM](http://www.museu.ulisboa.pt/pt-pt/reis-da-europa-selvagem)

**17/12**<sup>(2018)</sup>

Sessão de entrega dos Prémios Casa das Ciências 2018

A sessão de entrega dos Prémios Casa das Ciências 2018 decorrerá no dia 17 de dezembro às 14:00 horas, no Terminal de Cruzeiros do Porto de Leixões.

São candidatos ao prémio 14 recursos educativos e 109 imagens. Conheça todos os candidatos no portal da Casa das Ciências em [casadasciencias.org](http://casadasciencias.org)

CIIMAR/ TERMINAL DE CRUZEIROS DO PORTO DE LEIXÕES.

Casa das Ciências

Prémios

2018



A Casa das Ciências vai premiar os melhores recursos educativos e imagens submetidas ao portal durante o ano 2017.

Temos o prazer de o / a convidar a estar presente na sessão de entrega dos **Prémios Casa das Ciências 2018**, onde serão conhecidos os vencedores. A sessão decorrerá no dia 17 de dezembro às 14:00 horas, no CIIMAR/Terminal de Cruzeiros do Porto de Leixões.

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

**10/07**  
**a 12/07**<sup>(2019)</sup>

VI Encontro Internacional da Casa das Ciências

O VI Encontro Internacional da Casa das Ciências realizar-se-á em 2018, na região da Grande Lisboa, entre os dias 10 e 12 de julho. Fique atento ao portal Casa das Ciências e subscreva a nossa newsletter para ficar a par de todas as novidades do encontro.

REGIÃO DA GRANDE LISBOA

**16/11**  
**e 17/11**<sup>(2018)</sup>

VII Encontro da Divisão de Ensino e Divulgação da Química

O VII Encontro da Divisão de Ensino e Divulgação da Química – VII EDEDQ, organizado pela Divisão de Ensino e Divulgação da Química da Sociedade Portuguesa de Química, terá lugar nos dias 16 e 17 de novembro de 2018 na Escola Secundária de Almeida Garrett, em Vila Nova de Gaia.

O VII EDEDQ é um encontro de 12h com acreditação. Participe e apresente os resultados das suas investigações e projetos no campo da educação e divulgação em química em todos os níveis de ensino.

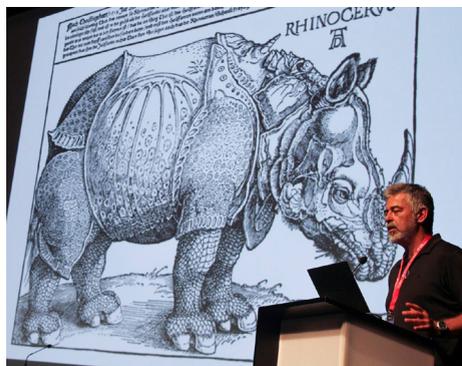
Para mais informações, por favor, consulte: <http://www.viideddq.eventos.chemistry.pt/>

ESCOLA SECUNDÁRIA DE ALMEIDA GARRET, VILA NOVA DE GAIA



---

## V Encontro Internacional da Casa das Ciências



Realizou-se em julho (9, 10 e 11) deste ano, o **V Encontro Internacional da Casa das Ciências**, que decorreu na cidade de Guimarães, com mais de 800 participantes que, durante três dias, debateram sobre a *Imagem e a Comunicação em Ciência*. Com o patrocínio da Câmara Municipal, as atividades distribuíram-se por 25 horas de formação enquadrando 12 conferências, 5 painéis e dezenas de workshops, que mobilizaram mais de 100 formadores e convidados. Para além das dez conferências de especialidade que, como sempre, fazem um tratamento específico do tema geral do encontro, tivemos este ano a abrir e a fechar duas grandes plenárias respetivamente pelo reconhecido ilustrador e Professor da Faculdade de Belas Artes de Lisboa, Pedro Salgado e pelo Reitor da Universidade Aberta, Paulo Dias, que despertaram o interesse de todos os participantes.

---

## I Encontro da Casa das Ciências nos Açores



Em Ponta Delgada, nos dias 6 e 7 de setembro, com o apoio da Secretaria Regional de Educação e Cultura e da Universidade dos Açores, subordinado ao tema *A Educação Científica e a Tecnologia do Século XXI*, realizou-se o **I Encontro da Casa das Ciências nos Açores** que teve a participação de 120 professores e duas dezenas de convidados. As atividades foram extremamente participadas, com especial destaque para os 4 painéis e os 21 workshops. De destacar a conferência de encerramento subordinada ao tema *Sistemas de Monitorização e Vigilância dos Perigos Geológicos nos Açores* e proferida pela Vice-Reitora da Universidade dos Açores, Maria Gabriela da Silva Queiroz. O Encontro foi completado por uma saída de campo para visitar um aproveitamento de energia geotérmica, apreciar a geologia da Ilha de São Miguel e as paisagens moldadas por uma longa história de vulcanismo.

---

## Stanley Falkow (1934-2018)

### O caçador de micróbios

O interesse precoce de **Stanley Falkow** pela microbiologia deveu-se à leitura do livro "Caçadores de Micróbios" de Paul de Kruif, numa biblioteca pública, quando tinha apenas 11 anos. Falkow descobriu os mecanismos moleculares que as bactérias utilizam para causar doenças e para se tornarem resistentes a antibióticos, tornando possível o desenvolvimento de estratégias para combater a infecção e salvar inúmeras vidas. Uma das suas descobertas mais relevantes foi o isolamento e o estudo dos *plasmídeos*, pequenas moléculas circulares de DNA que passam informação genética de uma bactéria para outra. Isto permite que as bactérias adquiram novas competências, como utilizar uma fonte de alimento alternativa ou tornarem-se resistentes a um determinado antibiótico. A sua investigação permitiu também identificar os chamados *fatores de virulência* – os equivalentes moleculares a garras, presas, toxinas e camuflagem – que permitem às bactérias aderir às células do hospedeiro, manipulá-las e proceder à sua invasão, sem que o sistema de defesa do hospedeiro seja ativado. Foi mentor de mais de uma centena de investigadores, incluindo alguns dos microbiólogos mais proeminentes da atualidade, e inspirou toda uma geração de cientistas.

---

## A batalha por trás das últimas entradas na tabela periódica

Os últimos 16 elementos da tabela periódica, em vez de serem criados via separação química de elementos conhecidos, surgiram em reações de fusão nuclear e foram detetados por contadores de radiação. Esta é a razão pela qual, desde 1999, o anúncio da descoberta de novos elementos é realizada por uma comissão conjunta (Joint Working Party, JWP) formada no âmbito da IUPAC (União Internacional de Química Pura e Aplicada) e da IUPAP (União Internacional de Física Pura e Aplicada). A última comissão, constituída por quatro físicos e um químico, operou entre 2012 e 2016. Foi em 2015 que o JWP atribuiu a descoberta dos elementos 115, 117 e 118 a uma colaboração russo-americana liderada pelo cientista veterano Yuri Oganessian, do JINR-Dubna e do elemento 113 a cientistas do laboratório RIKEN Nishina Center de Tóquio. Meses depois os elementos receberiam os nomes de nipónio (113, Nh), moscóvio (115, Mc), tenesso (117, Ts) e oganésson (Og, 118), completando a sétima fila da tabela originalmente proposta por Dmitri Mendeleev, 150 anos atrás. O anúncio público, contudo, foi feito antes da IUPAP ter recebido o relatório do JWP, o que reacendeu antigas tensões entre físicos e químicos. Recentemente, a IUPAC e a IUPAP definiram novas regras de análise ao relatório criado pela JWP antes de avançar com o anúncio conjunto das conclusões obtidas. O próximo ano, 2019, será o ano internacional do Quadro Periódico.

---

# O Poder das Comunidades

A *World Wide Web* é uma coisa assustadora, com partes verdadeiramente tenebrosas. O crime cibernético é uma das maiores ameaças, não apenas à nossa segurança pessoal, mas até à segurança das Nações.

Os serviços de segurança e contraespionagem conseguem sabotar fisicamente fábricas noutros países usando vírus informáticos (*stuxnet*); as eleições do país mais poderoso do mundo podem ter sido manipuladas; contas bancárias podem ser esvaziadas; cartões de crédito que nunca saíram das nossas mãos são usados maliciosamente; a nossa identidade digital pode ser roubada e de repente estamos a cometer crimes sem o saber em locais onde nunca estivemos; organizações terroristas executam barbaramente os seus prisioneiros em direto.

As crianças e os jovens estão particularmente vulneráveis; o *bullying* atinge requintes absurdos, com consequências trágicas para algumas das suas vítimas. A exploração sexual online de crianças tem um dimensão horripilante (<https://www.europol.europa.eu/ioc/2016/online-child-exploit.html>). A *Dark Web* (Web das trevas?) esconde atividades e perversões inimagináveis.

E, contudo, o que torna isto possível (para além da maldade e perversão que sempre existiu no seio da humanidade) é precisamente o que está por trás de todos os benefícios da internet e da Web. Ninguém a controla! Ninguém é seu dono, ninguém determina quem lá pode introduzir conteúdos, nem impõe quaisquer limites aos mesmos.

Uma das consequências da universalidade do acesso, é que, para trabalhar num projeto, os membros de uma equipa já não precisam de estar na mesma instituição, ou na mesma cidade, nem sequer no mesmo país ou continente. Isso permitiu a formação de comunidades muito diversificadas que desenvolvem projetos que podem ser de enorme impacto e utilidade, ou... absolutamente tenebrosos.

Entre os primeiros, o mais visível é talvez a Wiki – quantas vezes o primeiro resultado de uma pesquisa é uma página Wiki –, mas a lista é inumerável. Como utilizador quase exclusivo de software *Open Source*, não há tarefa que faça no computador que não se deva a programas ou aplicações de excelente qualidade que são postas à disposição dos utentes por equipas dedicadas, trabalhando apenas por gosto, ou em projetos não comerciais, sem cus-

tos para os utentes, financiados por fundos públicos, privados ou por publicidade. Acreditem todos os utilizadores do Windows que me leem, estou a falar de programas que rivalizam, e muitas vezes superam em qualidade, os produtos das maiores empresas de software.

A Casa das Ciências também começou como um projeto digital para ser sustentado por uma comunidade. Esta Revista de Ciência Elementar (RCE) e a WikiCiências, projetos gerados pela dinâmica da Casa, são esforços singulares no panorama português e muito possivelmente no universo da língua portuguesa. A minha muito breve experiência como editor convidado desta revista permitiu-me tomar consciência da enorme riqueza da sua pluridisciplinaridade e da necessidade de fazer crescer a comunidade que a sustenta. Quantas revistas conhece o leitor, que abordem com qualidade e rigor todas as áreas da Ciência, numa abordagem acessível ao grande público, e em língua Portuguesa? O sucesso dos encontros promovidos pela Casa mostra que existe potencial para fortalecer e alargar a comunidade de produtores e utentes da Revista, quer ao nível do Ensino Básico e Secundário, quer ao nível do Superior.

Para terminar então, aqui fica um apelo sobretudo aos que estão demasiado ocupados para prestar atenção a qualquer tipo de ciência, que seja apenas, *elementar*. Abram a revista, folheiem-na e vejam se não vale a pena fazer parte da comunidade que a produz e consome. Estarão a contribuir para o prato positivo da balança dos benefícios/malefícios das novas tecnologias digitais.

João Lopes dos Santos

Editor convidado

---

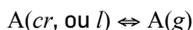
# Pressão de vapor de substâncias puras

Manuel João Monte

CIQUP/ Universidade do Porto

**Vapor é um gás com potencial para ser condensado (liquefeito ou solidificado como um cristal) por aumento de pressão, ou seja, é um gás que se encontra a uma temperatura inferior à sua temperatura crítica. Esta é uma definição meramente técnica, uma vez que não há qualquer outra diferença entre gás e vapor.**

A pressão exercida pelo vapor de uma substância pura em equilíbrio termodinâmico com uma das suas fases condensadas (cristalina ou líquida), a uma determinada temperatura, ou com ambas as fases, à temperatura do ponto triplo, designa-se por *pressão de vapor*. Seja A uma substância pura em equilíbrio com uma das suas fases condensadas (cristalina, *cr*, ou líquida, *l*) à temperatura *T*, num sistema fechado (sistema em que a quantidade total de A se mantém constante).



Por equilíbrio, deve entender-se que, por unidade de tempo, o número de moléculas de A que abandonam a fase condensada iguala o número de moléculas de A que condensam ao chocar com a superfície daquela fase. Por outro lado, o número de moléculas em fase gasosa por unidade de volume aumenta com a temperatura até se atingir a temperatura crítica,  $T_c$ , e a pressão crítica de equilíbrio,  $p_c$ .

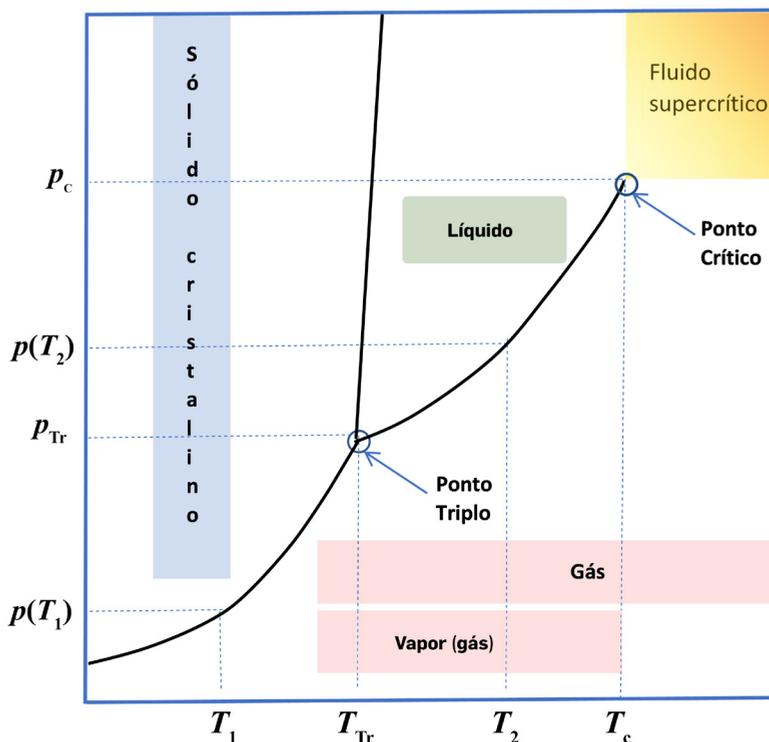


FIGURA 1. Diagrama de fases típico para uma substância pura.

A FIGURA 1 representa um diagrama de fases, com as zonas de sólido (s), líquido (l), gás (g), para a hipotética substância A. As três linhas visíveis no diagrama são linhas de equilíbrio bifásico: cristal-líquido (fusão); líquido-gás (vaporização); cristal-gás (sublimação). Seja um sistema fechado onde existe apenas a substância A na fase cristalina em equilíbrio com o seu vapor à temperatura  $T_1$ . A esta temperatura a pressão de vapor será  $p(T_1)$ . Por aquecimento lento (para que o sistema permaneça sempre em equilíbrio) até à temperatura do ponto triplo a pressão de vapor aumenta até atingir o valor  $p_{Tr}$ . Neste ponto começa a aparecer a fase líquida e as três fases estão em equilíbrio. O equilíbrio será desfeito, devido ao contínuo aquecimento, com a fusão total da fase cristalina. Note-se que enquanto durar este processo de fusão a temperatura manter-se-á constante,  $T_{Tr}$ . Se o líquido resultante continuar a ser aquecido, a temperatura continuará depois a aumentar. À temperatura  $T_2$ , a pressão de vapor será  $p(T_2)$ . De referir que durante o processo de aquecimento a densidade do vapor vai aumentando drasticamente, igualando a densidade do líquido ao atingir a temperatura crítica – último ponto da linha do equilíbrio de vaporização – em que deixa de haver distinção entre as duas fases (FIGURA 2). A partir daqui, por aumento de temperatura e de pressão o sistema manter-se-á num estado designado de fluido supercrítico.

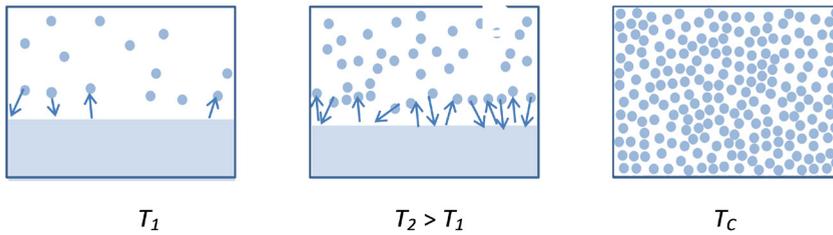


FIGURA 2. Ilustração do equilíbrio fase condensada (a cheio) - fase gasosa, a duas temperaturas diferentes, de acordo com o diagrama representado na FIGURA 1. O terceiro esquema representa o fluido supercrítico à temperatura  $T_c$ .

### As funções termodinâmicas de sublimação ou vaporização

A energia de Gibbs molar de sublimação ou de vaporização, à pressão de referência  $p^\circ$ ,  $\Delta_{cr,l}^g G_m^\circ(T)$ , é o potencial termodinâmico adequado para avaliar a volatilidade de uma substância pura, ou seja, a sua tendência para passar à fase gasosa. Para os não iniciados, a simbologia termodinâmica, pode parecer esotérica. Mas é simples e lógica. O símbolo  $\Delta_{cr,l}^g G_m^\circ(T)$ , por exemplo, é a forma mais econômica de referir “a diferença ( $\Delta$ ) entre a energia de Gibbs molar da fase gasosa e da fase condensada (cristalina ou líquida), à pressão de referência  $p^\circ$  e à temperatura  $T$ ”.

Atendendo a que a energia de Gibbs molar de uma substância pura se identifica com o potencial químico ( $\mu$ ) dessa substância, a energia de Gibbs molar de sublimação ou de vaporização representa a diferença entre o potencial químico de A em fase gasosa e o seu potencial em fase condensada. À temperatura  $T$  será mais estável a fase com menor potencial químico. Esta diferença de potencial,  $\Delta_{cr,l}^g G_m^\circ(T)$ , está relacionada com a pressão de vapor àquela temperatura,  $p(T)$ , através da equação (1), onde  $R$  é a constante dos gases ideais.

$$\Delta_{cr,l}^g G_m^\circ(T) = -RT \ln [p(T) / p^\circ] \quad (1)$$

A pressão de referência  $p^\circ$  (geralmente unitária, por exemplo 1 Pa), que integra a equação (1), identifica as unidades da pressão  $p(T)$  (leia-se a pressão de vapor à temperatura  $T$ ) sem prejudicar o formalismo que impõe que seja adimensional o argumento do logaritmo. À pressão de referência  $p^\circ$  e à temperatura  $T$ , a fase condensada será tanto mais estável (menos volátil) quanto maior for o valor de  $\Delta_{cr,l}^g G_m^\circ(T)$  e, conseqüentemente, quanto menor for a sua pressão de vapor,  $p(T)$ . Essa estabilidade da fase condensada depende de fatores entálpicos (associados às energias de ligação inter-moleculares, que caracterizam apenas essa fase uma vez que para um gás ideal as interações inter-moleculares são nulas) e de fatores entrópicos (associados à entropia quer da fase condensada quer da fase gasosa), de acordo com as equações (2) e (3). Nestas equações,  $\Delta_{cr,l}^g H_m^\circ(T)$ , ainda frequentemente designado *calor latente*, representa a entalpia molar de sublimação ou de vaporização (endotérmica), sendo  $\Delta_{cr,l}^g S_m^\circ(T)$  a entropia molar dessa transição de fase, também sempre positiva.

$$\Delta_{cr,l}^g G_m^\circ(T) = \Delta_{cr,l}^g H_m^\circ(T) - T \Delta_{cr,l}^g S_m^\circ(T), \quad (2)$$

Combinando as equações (1) e (2) obtém-se a equação (3)

$$R \ln [p(T)/p^0] = \Delta_{cr,l}^g S_m^0(T) - \frac{\Delta_{cr,l}^g H_m^0(T)}{T} \quad (3)$$

Das equações anteriores conclui-se que no equilíbrio à pressão  $p(T) = p^0$ , será  $\Delta_{cr,l}^g G_m(T) = 0$  e  $\Delta_{cr,l}^g S_m(T) = \Delta_{cr,l}^g H_m(T)/T$ .

Atingido o equilíbrio à temperatura  $T$ , em sistema fechado, a quantidade de moléculas presentes em cada fase permanece constante. Em sistema aberto o processo de migração das moléculas para a fase gasosa continuaria até o eventual esgotamento da fase condensada, pois haveria um déficit de moléculas da fase gasosa de A, ou seja, a pressão exercida pelo vapor de A seria sempre inferior à sua pressão de vapor àquela temperatura. Estes dois tipos de comportamento fundamentam os princípios de duas classes de métodos de medição de pressões de vapor: medição em sistema fechado (métodos estáticos) e medição em sistema aberto (métodos dinâmicos). Enquanto nos métodos estáticos as determinações da pressão de vapor são realizadas em condições de equilíbrio, nos métodos dinâmicos procura-se criar condições experimentais de quasi-equilíbrio por forma a que a pressão do vapor à superfície da fase condensada possa ser considerada igual à pressão de vapor. Para compostos de reduzida volatilidade, os métodos estáticos que estão a ser mais utilizados atualmente incluem manómetros de capacitância muito sensíveis, enquanto nos métodos dinâmicos estão incluídos métodos de efusão (sendo o mais usado o de efusão de Knudsen) e métodos de transpiração (também designados por “saturação de gás”).

### A variação da pressão de vapor com a temperatura

John Dalton (1766-1844) é especialmente conhecido pelas leis das proporções múltiplas e das pressões parciais e também pela sua primordial contribuição para o desenvolvimento da teoria atômica (1803). Mas não está tão divulgado o seu interesse pela meteorologia que o motivou a medir pressões de vapor da água, a diferentes temperaturas, quer misturada no ar, quer quando pura. Das suas experiências, Dalton concluiu que a humedificação do ar provocada pela evaporação de água só dependia da temperatura, sendo independente da presença de outros gases, ou seja, da pressão total. Além desta importante conclusão, devem-se a Dalton as primeiras medições “satisfatórias” de pressões de vapor, não só da água mas também de outros líquidos (éter, amoníaco, mercúrio, etc.), apesar da instrumentação artesanal que utilizava. Em 1805, publicou aquela que pode ser considerada a primeira equação de pressão de vapor (4), que previa um aumento exponencial da pressão de vapor com a temperatura.

$$p = p^0 \alpha^{(t/^\circ C)} \quad (4)$$

Apesar de rudimentar, a equação (4) serviu de ponto de partida para o desenvolvimento de novas equações que iam sendo aperfeiçoadas à medida que mais determinações experimentais eram conhecidas.

---

# O pêndulo simples

Eduardo Lage

Universidade do Porto

O **pêndulo simples** (FIGURA 1) é um dos instrumentos mais antigos para medir o ritmo do tempo. Trata-se de um pequeno corpo (massa  $m$ ) preso na extremidade de um fio, o qual tem a outra extremidade fixa num ponto. Fazendo-o oscilar num campo gravítico uniforme, o pêndulo apresenta oscilações isócronas, i.e. que se realizam com o mesmo período, para pequenas amplitudes, o que o torna num precioso relógio que também pode ser usado para medir indiretamente a longitude, fundamental para a navegação até ao sec. XVIII, ou para medir a intensidade do campo gravítico local, com importantes aplicações em Geofísica. Diz-se que o isocronismo do pêndulo foi descoberto por Galileu quando, numa missa, observou a oscilação de um candelabro suspenso do teto da igreja, tendo medido o período através da contagem dos seus batimentos cardíacos. Seja como for, Galileu viria a usar o pêndulo nas suas experiências com o plano inclinado.



FIGURA 1. O pêndulo simples.

Analisaremos aqui o mais simples dos movimentos do pêndulo, sua oscilação num plano vertical e para pequenas amplitudes, admitindo que o fio é inextensível e sem peso (pêndulo ideal) e que a pequena massa é pontual. A FIGURA 2 ilustra a parametrização do pêndulo, de comprimento  $l$ , e as forças em jogo. A posição do pêndulo é inteiramente determinada

pelo ângulo  $\theta$  que o fio faz com a vertical - por isso se refere que este sistema tem um único grau de liberdade. Há duas forças que atuam na pequena massa suspensa: a tensão do fio ( $T$ ), dirigida na direção do fio e sentido apontando para o ponto de suspensão; e o peso ( $mg$ ), vertical. A força que puxa a massa para a sua posição de equilíbrio é, apenas, a componente do peso tangente ao arco de circunferência que a massa executa na sua oscilação. Simples geometria mostra que esta força vale  $mg\sin\theta$ , como se mostra na figura. Para pequenas oscilações, é  $\theta \ll 1$  (ângulo expresso em radianos), pelo que  $\sin(\theta) \cong \frac{s}{l}$ , onde  $s$  é o arco da circunferência (medido a partir da posição de equilíbrio, i.e., da vertical). Nestas circunstâncias, o arco confunde-se com a corda ( $x$ ), pelo que a força restauradora se escreve  $-mg\frac{x}{l}$ , com o sinal a indicar que a força puxa para a origem quer quando  $x > 0$ , quer quando  $x < 0$ . Assim, a equação de movimento é a de um simples oscilador harmónico:

$$m \frac{d^2x}{dt^2} = -mg \frac{x}{l}$$

Então, a frequência natural deste movimento é  $\omega_0 = \sqrt{\frac{g}{l}}$  e, portanto, o período da oscilação é  $2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$ , independente da amplitude do movimento (apenas para pequenas amplitudes).

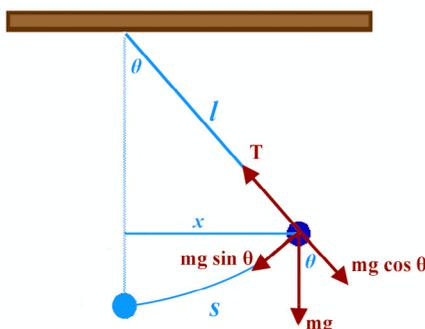


FIGURA 2. Parametrização pêndulo.

Mas o pêndulo também pode ser posto a rodar em torno da vertical, um movimento que tantas vezes observamos quando, distraidamente, fazemos girar as chaves de casa ou do automóvel suspensas por uma fina corrente. Estes dois tipos de movimento - oscilação e rotação - correspondem aos dois graus de liberdade que o pêndulo apresenta, por exemplo, o mesmo ângulo  $\theta$  que o fio faz com a vertical, e o ângulo  $\phi$  que o plano do pêndulo, definido pelo fio e pela vertical passando pelo ponto de sustentação, faz com um outro plano vertical fixo. Estes dois movimentos só em situações simples se apresentam separados - no caso geral, eles interferem mutuamente originando uma riqueza de comportamentos que nos surpreende. O estudo completo do pêndulo simples é feito mais detalhadamente num outro artigo.

# Espectro: intensidade vs. energia

Paulo Ribeiro Claro

CICECO/ Universidade de Aveiro

Um espectro é uma representação gráfica da magnitude da interação radiação-matéria (*intensidade*) em função da *energia* dessa radiação. (ver artigo “Espectroscopia”)

Assim, o eixo das ordenadas num espectro é sempre indicativo da intensidade do sinal registado no detetor (muitas vezes em unidades arbitrárias e apenas com valor relativo), mas o eixo das abcissas representa qualquer grandeza proporcional à energia.

Por razões históricas e de ordem prática, diferentes tipos de espectroscopia adotaram diferentes representações convencionais, o que pode tornar a comparação entre espectros um pouco confusa. (FIGURA 1)

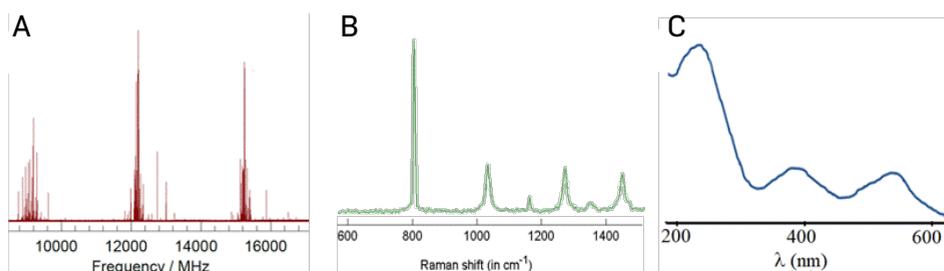


FIGURA 1. A- Espectro rotacional, trifluoriodometano; B- Vibracional, ciclohexano; C- Eletrónico, complexo de crómio (III).

A radiação eletromagnética tem propriedades ondulatórias a que corresponde uma frequência ( $\nu$ ) e um comprimento de onda ( $\lambda$ ). A energia da radiação,  $E$ , é proporcional à sua frequência de acordo com a equação

$$E = h\nu \quad (1)$$

sendo  $h$  um valor constante universal (constante de Planck).

A velocidade da luz,  $c$ , corresponde ao produto da frequência pelo comprimento de onda

$$c = \nu\lambda \quad (2)$$

e o inverso do comprimento de onda é designado por número de onda, com o símbolo  $\tilde{\nu}$

$$\tilde{\nu} = 1/\lambda \quad (3)$$

Das equações (1-3) resulta

$$E = hc/\lambda = hc\tilde{\nu} \quad (4)$$

Deste modo, a representação da energia da radiação de um espectro pode fazer-se com qualquer unidade de energia ( $E$ ), ou qualquer grandeza que lhe seja diretamente proporcional ( $\nu, \tilde{\nu}$ ) ou inversamente proporcional ( $\lambda$ ).

TABELA 1. Grandezas importantes na representação de um espectro e respetivas unidades SI.

Grandeza	Unidade (Sistema Internacional)
Energia, $E$	J (joule)
Frequência, $\nu$	Hz (hertz = inverso de segundo, $s^{-1}$ )
Comprimento de onda, $\lambda$	m (metro)
Número de onda, $\tilde{\nu}$	$m^{-1}$ (inverso de metro)

A variedade de unidades utilizadas na representação de espectros resulta da “tradição” em cada tipo de espectroscopia, que advém frequentemente das características do equipamento de deteção e da tendência natural para escolher números de fácil leitura e representação gráfica (ver TABELA 2).

TABELA 2. Intervalos de valores utilizados na representação de espectros em alguns tipos representativos de espectroscopia.

Espectroscopia	Valores típicos	Energias correspondentes / kJ mol <sup>-1</sup>
Rotacional	10-10000 GHz	0,004 - 4
Vibracional, infravermelho	400-4000 cm <sup>-1</sup>	5 - 48
Eletrónica, UV-Vis	200-700 nm	171 - 600
Fotoeletrónica	5-20 eV	480 - 1900

A utilização da energia em joule no eixo das abcissas de um espectro é muito pouco frequente. No entanto, nos casos em que a energia envolvida é elevada – como na espectroscopia eletrónica de alta energia –, é comum a utilização da energia expressa em elétron-volt, eV.

Tradicionalmente, a espectroscopia de ultravioleta-visível (UV-Vis) utiliza a representação em função do comprimento de onda – o que tem origem histórica no facto de a dispersão da luz num prisma ser proporcional ao comprimento de onda (ver FIGURA 3 do artigo “Espectroscopia” e FIGURA 1C). Como a luz visível tem comprimentos de onda da ordem dos 10<sup>-7</sup> m, a melhor forma de conseguir números simples, fáceis de ler, é representar o espectro de UV-Vis em nanómetros (nm): tipicamente, o eixo fica entre os 200-700 nm .

Na espectroscopia vibracional, é utilizado quase exclusivamente o número de onda, impropriamente designado por “frequência, em cm<sup>-1</sup>”. Também aqui, foi a preferência por números “simples” que determinou o uso do cm<sup>-1</sup> como unidade: deste modo, o chamado infravermelho médio corresponde ao intervalo 400-4000 cm<sup>-1</sup>. No entanto, quando a energia da radiação já é muito afastada do visível (o chamado infravermelho longínquo), o número de onda é da ordem das dezenas de cm<sup>-1</sup> e é comum a utilização da frequência em Terahertz (1 THz ≈ 33 cm<sup>-1</sup>). Na espectroscopia de Raman, representa-se o desvio entre a energia da luz incidente e difundida no intervalo 0-4000 cm<sup>-1</sup> (FIGURA 1B). A título de curiosidade, refira-se que os espectros de difusão inelástica de neutrões são por vezes representados em função da energia dos neutrões, medida em milieletrões-volt, meV.

A convenção para a espectroscopia rotacional é utilizar a grandeza frequência, em gigahertz (GHz, FIGURA 1A) ou, alternativamente, em megahertz (MHz).

A espectroscopia de ressonância magnética nuclear (RMN) é um caso à parte, porque a separação entre os níveis de energia da amostra depende do campo magnético aplicado pelo espectrómetro – ou seja, não é independente do aparelho de medida, como é no caso dos níveis eletrónicos, vibracionais ou rotacionais. Por esse motivo, não faz sentido referir o valor absoluto da energia absorvida numa transição e em vez disso representa-se o desvio relativo a um composto de referência medido nas mesmas condições. Este desvio é designado por *desvio químico*,  $\delta$ , e representado em partes por milhão, ppm.

Os livros dedicados aos temas de espectroscopia incluem frequentemente uma tabela de conversão entre unidades de "energia", ou seja, unidades de grandezas diretamente proporcionais à energia (TABELA 2). Esta tabela permite converter rapidamente 1  $\text{cm}^{-1}$  em eV ou  $\text{kJmol}^{-1}$ . O mesmo tipo de conversão pode ser obtido de forma ainda mais eficiente em conversores "on-line".

TABELA 3. Fatores de conversão entre unidades de grandezas diretamente proporcionais.

	J/mol	eV	$\text{cm}^{-1}$	GHz
J/mol	1	$1.03643 \times 10^{-5}$	$8.35935 \times 10^{-2}$	2.50607
eV	$9.64853 \times 10^4$	1	$8.06554 \times 10^3$	$2.41799 \times 10^5$
$\text{cm}^{-1}$	11.9627	$1.23985 \times 10^{-4}$	1	29.9792
GHz	0.399031	$4.13567 \times 10^{-6}$	0.0333564	1

# Sobre o algoritmo de Euclides

João Nuno Tavares

CMUP/ Universidade do Porto

Consideremos uma fração, por exemplo,  $\frac{1876434}{983451}$ . Será irredutível? Isto é, o numerador e o denominador admitem, como divisor comum, apenas o número 1?

Para responder a esta questão, podemos pensar em enumerar todos os divisores, quer do numerador, quer do denominador, e depois ver quais os que são comuns. No entanto, para números muito grandes, a enumeração dos seus divisores pode ser um problema complicado. De facto, não se conhece um algoritmo eficiente que o faça!

Surpreendentemente, é muito mais fácil calcular os divisores comuns a dois números dados  $a$  e  $b$ , e, portanto, calcular o maior deles, - o chamado *Máximo Divisor Comum* de  $a$  e  $b$ :  $MDC(a, b)$ . Para simplificar a discussão vamos restringir a números inteiros positivos  $a$  e  $b$ .

O método foi proposto por Euclides, e, por isso, chama-se o *algoritmo de Euclides*, e foi exposto, há mais de 2000 anos, na sua grande obra *Os Elementos*, Livro VII, proposição 2. Em que consiste? Sumariamente, Euclides propõe, nas suas próprias palavras, *subtrair sucessivamente o menor número do maior*. Mais formalmente, para calcular, por exemplo,  $MDC(15, 9)$  fazemos

$$MDC(15, 9) = MDC(9, 6) = MDC(6, 3) = MDC(3, 3) = 3$$

*Algoritmo de Euclides: dados dois números inteiros positivos  $a$  e  $b$ , com  $a > b$ , para calcular  $MDC(a, b)$ , substituímos o par  $(a, b)$  por  $(b, a - b)$ , e repetimos sucessivamente esta operação as vezes necessárias até obter um par de números iguais. Este número comum é a solução.*

Este algoritmo pode ser implementado através de um dos códigos seguintes:

M é o máximo divisor comum

```

u := a; v := b;
while u ≠ v do
  begin
    if u > v then u := u - v
    else v := v - u
  end
M := u

```

Código da função  $MDC(a, b)$

```

if a = b then M = a
else
  begin
    if a > b then M := MDC(a - b; b)
    else M := MDC(a; b - a)
  end

```

Para provar que este algoritmo funciona, observamos os factos seguintes:

1. Se  $d$  é um divisor comum dos inteiros positivos  $a$  e  $b$ , com  $a > b$ , então  $d$  é também um divisor comum dos inteiros positivos  $b$  e  $a - b$ .
2. O algoritmo produz sucessivamente inteiros positivos cada vez mais pequenos, e, portanto, termina com um número inteiro  $\geq 1$ .

O algoritmo de Euclides, tal como ele o enunciou nos *Elementos*, pode não ser muito eficiente. Por exemplo, se tentarmos encontrar  $MDC(101, 10^{100} + 1)$  por subtração repetida, teremos que subtrair 101 de  $10^{100} + 1$  quase 1098 vezes, o que não é, evidentemente, muito rápido.

No entanto, subtrair repetidamente  $b$  de  $a$ , até que a diferença,  $r = a - b$ , seja menor do que  $b$ , é o mesmo que dividir  $a$  por  $b$  e obter o resto  $r$ , como se ilustra na figura seguinte.



Isto dá origem ao seguinte *algoritmo de divisão Euclideana*: Dados dois números naturais  $a$  e  $b$ , com  $a > b$  e  $b \neq 0$ , existem números naturais  $q$  e  $r$ , “quociente” e “resto”, tais que:

$$a = qb + r \quad \text{onde} \quad 0 \leq r < b$$

A propriedade de divisão é visualmente óbvia, como se ilustra na figura acima, porque qualquer número natural  $a$  deve estar entre múltiplos sucessivos de  $b$  - na figura, entre  $qb$  e  $(q + 1)b$ . Em particular, a sua distância  $r$ , ao múltiplo menor,  $qb$ , e menor do que a distância  $b$  entre eles.

A vantagem do algoritmo de divisão euclideana, é que, em geral, é muito mais rápido do que a subtração repetida. Cada divisão de um número natural  $b$  por um número  $a < b$ , com  $k$  algarismos, “cancela” cerca de  $k$  algarismos em  $b$ , e conduz a um resto  $r$  com no máximo  $k$  algarismos. Portanto, o número de divisões é no máximo igual ao número total de dígitos dos números com que começámos. Resumindo

$$\text{MDC}(a, b) = \text{MDC}(b, r), \text{ onde } a = qb + r$$

Por exemplo

$$\text{MDC}(1345, 24) = \text{MDC}(24, 1) = 1$$

já que  $1345 = 24 \times 56 + 1$ . Em geral, podemos calcular  $M = \text{MDC}(a, b)$  através do código seguinte:

```
u := a; v := b;
while v > 0 do
  begin
    r := u mod v;
    u := v;
    v := r;
  end
M := u
```

---

# A Era dos Computadores Quânticos

Ariel Guerreiro

DFA/ Universidade do Porto

O computador quântico é um dispositivo que utiliza os fenómenos quânticos para armazenar e processar informação. Enquanto num computador clássico os registos de memória podem assumir apenas um de dois estados, num computador quântico cada registo está num estado aparentemente estranho que contém simultaneamente propriedades de ambos estados clássicos. Também a forma como a informação é processada num computador quântico é completamente diferente e exige um controlo muito fino da matéria e das interações que ocorrem entre os seus constituintes. Se é certo que as capacidades dos primeiros protótipos sejam ainda muito limitadas, espera-se que estas venham rapidamente a ultrapassar as dos computadores atuais, quer em velocidade quer por permitirem realizar tarefas até agora inacessíveis.

O estado de um computador quântico evolui de acordo com as leis da Mecânica Quântica, o que implica que qualquer registo (*bit*), que num computador clássico só pode estar, ou no estado 0, ou no estado 1, pode encontrar-se, num computador quântico, nestes dois estados ao mesmo tempo, de um modo semelhante ao proverbial eletrão da experiência das duas fendas, que passa por ambas. Mais precisamente, desde que a interação dos registos do computador (*qubits*) com o resto do mundo seja finamente controlada, os *qubits* podem encontrar-se em estados de sobreposição dos valores 0 e 1 tempo suficiente para realizar tarefas computacionais que são inacessíveis em tempo útil a computadores clássicos.

Em 1965, Gordon E. Moore profetizou que o custo de produção por transistor num circuito impresso cairia para metade a cada 18 meses. Esta afirmação é conhecida como a lei de Moore e constitui uma descrição não só da evolução do custo de produção, mas também do poder de cálculo dos computadores, que viria a verificar-se válida por mais de 50 anos. Porém, em 2014,

a IBM anunciou que esta lei estocástica deixará de ser válida brevemente e que a tecnologia baseada em microeletrônica havia entrado em estagnação, devido essencialmente ao aumento da frequência de operação dos microprocessadores e consequente incremento do consumo de energia e dissipação de calor para além dos limites físicos desta tecnologia. Assim, e para dar resposta ao aumento contínuo das necessidades de processamento de informação, os engenheiros e cientistas procuram atualmente desenvolver novas tecnologias, sendo que uma das mais promissoras é a computação quântica.

A computação quântica é já uma realidade pois diferentes empresas desenvolveram nos últimos anos protótipos de dispositivos que se baseiam em aplicações da mecânica quântica para realizar computação de forma mais eficiente. Entre estas destacam-se o sistema da empresa D-Wave, cujo funcionamento se baseia numa combinação de processos estatísticos e térmicos num sistema quântico complexo para efetuar cálculos numéricos, e que já vende a utilização deste recurso a outras empresas. Seguindo uma abordagem tecnológica distinta, empresas como a INTEL e a IBM, disponibilizam atualmente a utilização dos seus protótipos de computadores quânticos à comunidade científica. Por outro lado, a Google e a Microsoft lançaram também os seus próprios programas de desenvolvimento de computadores quânticos. Se o século XX foi o século da construção da teoria da mecânica quântica, o século XXI inicia-se com uma verdadeira corrida tecnológica no desenvolvimento de aplicações desta teoria. Obviamente, a teoria quântica é a descrição fundamental do comportamento da matéria e da energia e qualquer tecnologia pode ser explicada com recurso a esta teoria. No fundo, desde o átomo até à maçã que cai da árvore (e os físicos adoram utilizar maçãs para explicar o Universo), tudo pode ser descrito e compreendido de uma perspetiva quântica. Porém, o que verdadeiramente distingue as chamadas tecnologias quânticas é que o seu funcionamento apenas pode ser justificado pela teoria quântica.

Para perceber o que é um computador quântico e em que difere dos computadores atuais, é importante constatar que na sua essência um computador armazena e manipula informação codificada sob a forma de dados. Informação por sua vez não é mais que uma representação das propriedades de algo. Por exemplo, podemos falar da informação sobre o estado de maturação de uma maçã (e cá temos mais uma vez uma maçã no centro de uma explicação): uma maçã pode estar verde ou madura. A informação sobre o estado de maturação permite saber essa propriedade sem ter de a medir ou observar diretamente a maçã. Para inscrever essa informação num computador é necessário codificá-la sob a forma de um estado de memória da máquina. Num computador clássico, cada registo de memória designa-se por *bit* e pode tomar um de dois estados, que por tradição chamamos de "0" e "1". Este estado pode corresponder à orientação do momento magnético de um conjunto de átomos ou à carga elétrica acumulada num condensador, mas corresponde sempre ao estado físico de um componente da máquina. Nos computadores atuais cada registo de memória é composto por vários átomos à temperatura ambiente pelo que o seu comportamento físico é adequadamente descrito pelos modelos da física clássica.

Ocorre que, se em vez de um componente microscópico do computador, o registo de memória é algo como um único átomo, o seu comportamento tem de ser descrito pelas leis da mecânica quântica. Neste caso, o registo de memória não tem apenas dois estados "0" e "1" mas uma infinidade de estados que possuem propriedades híbridas entre os estados "0" e "1", graças a uma propriedade conhecida com sobreposição quântica. Um computador quântico baseia-se neste tipo de registos de memória governados pelas leis quânticas, os chamados *qubits*. Notar que os eletrões que percorrem os circuitos de um computador clássico são partículas com propriedades quânticas, e nesse aspeto em nada distintas das utilizadas nos computadores quânticos. Contudo, um impulso elétrico resulta do movimento de muitos eletrões, cada um interagindo de forma diferente com os restantes e com os átomos que vai encontrando no caminho, pelo que no final o seu estado quântico é parecido, mas não é igual. Essa variabilidade implica que o resultado não pode ser codificado no estado quântico dos eletrões, mas nas propriedades médias do seu conjunto, as quais são descritas pela teoria clássica. Num computador quântico, o controlo da evolução do estado quântico das várias partículas envolvidas é de tal forma cuidadoso que essa variabilidade é praticamente nula ou pelo menos bem conhecida, e é possível utilizar esses estados para codificar e processar informação.

Por se basear em registos de memória quânticos, um computador quântico tem necessariamente mecanismos de operação diferentes. Por exemplo, num computador clássico para operar um cálculo é necessário destruir a informação contida nos dados, aumentando a entropia do sistema e levando à produção de calor. Num computador quântico cada cálculo elementar corresponde a uma transformação quântica e reversível, pelo que o processo não gera calor. Por outro lado, as leis da mecânica quântica permitem efetuar operações e algoritmos sobre *qubits* que não são possíveis num computador clássico, assim e em princípio o poder de cálculo de um computador quântico é superior.

Note-se que num computador as operações correspondem a transformações físicas que relacionam o estado inicial com o estado final do registo de memória. Como num computador quântico os registos de memória podem assumir uma gama maior de estados do que num computador clássico, é fácil perceber que o tipo de operações permitido pelo primeiro tipo de computador é mais rico. Por outro lado, foi sugerido que a sobreposição quântica possa ser utilizada para implementar computação paralela, que permitiria em princípio codificar simultaneamente os dados correspondentes a diversos casos no mesmo registo de memória e ao efetuar sobre este as operações quânticas, processá-los de forma simultânea no mesmo circuito quântico. Infelizmente, existem ainda desafios práticos quanto à forma como os resultados obtidos via este paralelismo quântico podem ser medidos, e as vantagens desta abordagem não são ainda claras.

Porém, realizar um computador quântico não é fácil, e atualmente existem apenas uma mão cheia de protótipos capazes de realizar alguns tipos de operações ou cálculos sobre um pequeno número de *qubits*. De facto, controlar o estado quântico de um grande conjunto de *qubits* não é fácil. Primeiro é preciso arrefecer todo o sistema até temperaturas criogénicas pois, embora as

operações quânticas não gerem calor, basta a muitos sistemas físicos aquecerem acima de um grau Kelvin para que as suas propriedades quânticas se tornem muito difíceis de identificar e controlar. Depois é preciso preparar o sistema num estado quântico inicial que corresponda à codificação adequada da informação que se quer processar sob a forma de *qubits*, bem como atuar sob este de forma a despoletar as transformações físicas que produzam os cálculos desejados. E por fim, medir o estado final dos *qubits* de forma a extrair os resultados dos cálculos. Todos estes processos exigem um controlo físico muito sofisticado e que possui ainda grandes limitações.

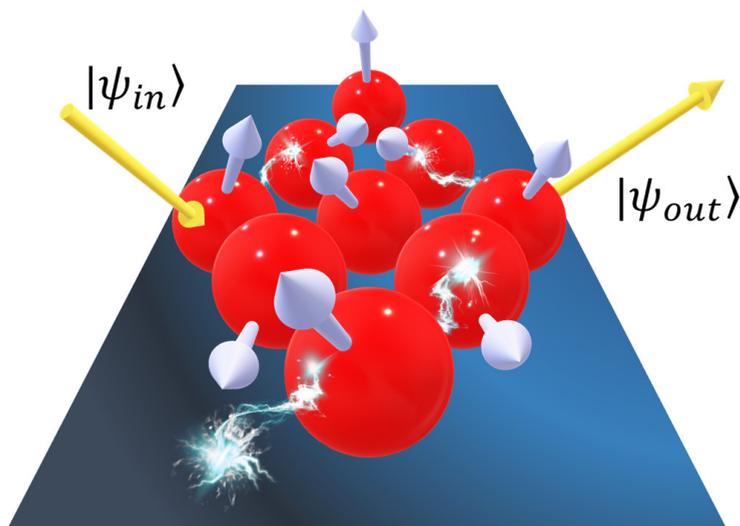


FIGURA 1. Um computador quântico é constituído por vários sistemas com propriedades marcadamente quânticas, como átomos, que ao interagirem entre si processam informação, convertendo um estado inicial,  $|\psi_{in}\rangle$  (constituído por vários *qubits*) num estado final  $|\psi_{out}\rangle$  (também ele constituído por vários *qubits*). Desenvolver um computador quântico exige um fino controlo do estado da matéria e da forma como os seus constituintes interagem entre si.

É muito provável que a transição entre a tecnologia de computadores atual e a computação quântica seja lenta e não passemos todos a ter um computador quântico de um dia para o outro. De facto, parece que a tecnologia quântica está a ter uma evolução que mimetiza a história do seu congénere clássico. Tal como o seu antepassado, os computadores quânticos ocupam hoje edifícios inteiros devido a todos os equipamentos necessários para que possam funcionar e a sua utilização está ainda limitada a cientistas e especialistas que pretendam explorar as suas capacidades. Porém, é de esperar que com o desenvolvimento desta tecnologia, o aumento do seu poder computacional e redução de tamanho, o computador quântico ganhe um papel cada vez mais importante na sociedade humana, permitindo processamento mais eficaz e rápido da informação, permitindo ao espírito e curiosidade humana espreitar onde antes não era possível.

---

# Dunas litorais

A. M. Galopim de Carvalho

Universidade de Lisboa

As edificações dunares não são exclusivas dos desertos de areia. Existem nas orlas litorais anamórficas, em qualquer latitude, sempre que a extensão do areal da praia, a seco, seja suficiente, e haja vento soprado do lado do mar.

Nas praias, os ventos dominantes, quando animados de energia suficiente, varrem-lhes as areias com as quais alimentam as acumulações dunares, fazendo-as progredir para o interior, invadindo as terras de cultivo, sendo conhecidas velocidades de progressão dunar na ordem dos 25 m/ano. Desde que a topografia o permita, as dunas assumem grandes extensões, no geral, paralelas à costa, constituindo cordões que, por vezes, se alargam alguns quilómetros para o interior, podendo atingir alturas na ordem da centena de metros, como é o caso da duna do Pilat (114 m), a sul de Arcachon, na costa das Landes (França), onde o complexo dunar litoral tem mais de 225 km de comprimento por 5 km de largura. Em Portugal, as dunas litorais, também conhecidas por medos ou medões, alongam-se, com interrupções, entre Espinho e Vila Nova de Milfontes, na costa ocidental, e na orla algarvia.

Nas dunas litorais trava-se um confronto constante entre a progressão da areia e a ocupação vegetal que se lhe opõe. Por falta de alimentação (na praia), ou quando a velocidade do vento abranda e, portanto, a sua capacidade de transporte diminui, a vegetação inicia a sua fixação e tende a alastrar, o que constitui um entrave à deflação (ação de varrimento pelo vento), incrementando-se a ocupação vegetal, até que a duna se fixa. Pelo contrário, nas áreas mais expostas às ações do vento e desde que haja areia disponível, a sua constante movimentação não permite a fixação das plantas e a duna cresce e progride. A duna litoral é, pois, uma entidade instável, onde as ações (do vento e da vegetação) se neutralizam, e que oscila em função das variações ocasionais, resultando numa fronteira natural entre a praia e o interior. O Homem pode intervir na deslocação desta fronteira, a seu favor, através de artifícios vários. Para além de fornecer madeira, sobretudo para a construção naval, o pinhal de Leiria (plantado muito antes do tempo do rei D. Dinis e destruído em 2017 por incendiários criminosos), conteve a progressão dunar para o interior.

Habitualmente, por desconhecimento ou por negligência, o homem intervém neste

equilíbrio, com consequências adversas para o ambiente natural, a médio ou a longo prazo, sempre lesivas dos seus interesses. A extração de areias nas praias ou nas dunas, a implantação de construções nestes edifícios móveis ou o trânsito de pessoas e viaturas são causas de situações indesejáveis, frequentemente noticiadas e documentadas por convincentes imagens televisivas.

As dunas litorais, uma vez que são alimentadas pelas areias das praias, têm, em princípio, composição muito semelhante à destas, apresentando, todavia, melhor calibragem. Por outro lado, a composição mineralógica evidencia seleção gravítica, pois, face ao soprar do vento, vão ficando para trás os grãos de areia das espécies mais densas, que permanecem na praia como concentrados residuais do tipo "placer". É o que acontece, nomeadamente na praia de São Torpes, a sul de Sines, localmente enriquecida em ilmenite e magnetite, dois minerais adjetivados de "pesados", provenientes da erosão de rochas ígneas básicas do maciço magmático de Sines (gabro, diorito e sienito), parcialmente exposto à erosão subaérea e à das vagas no litoral. Assim, a areia das dunas é essencialmente constituída pelos minerais ditos "leves" (maioritariamente quartzo e algum feldspato) a que se associa uma certa percentagem de bioclastos (grãos mais ou menos rolados de fragmentos de conchas) de natureza calcária. O transporte pelo vento, dito eólico (de Éolo, deus grego dos ventos), faz com que os grãos de quartzo da areia subtraídos à praia choquem entre si, despolindo a superfície.

Em dunas com 1 a 2 milhões de anos, estes bioclastos são total ou parcialmente dissolvidos por ação da água das chuvas (ricas em dióxido de carbono), que percorre o interior do corpo dunar, caracterizado por elevada porosidade. O carbonato de cálcio resultante dessa dissolução reprecipita depois, contribuindo, juntamente com outros fatores, para a cimentação dos grãos de areia. Formam-se, assim, **dunas consolidadas** ou **dunas fósseis**, em que os grãos se encontram colados uns aos outros através de uma película calcária que os envolve. Perto de Lisboa, em Oitavos, entre Cascais e o Guincho, encontra-se uma esplêndida duna consolidada, escavada do lado virado a leste, permitindo a observação de pormenor da estratificação entrecruzada, do carácter poroso e da deficiente consolidação desta rocha. Outras dunas consolidadas estão parcialmente conservadas na nossa costa, no Magoito e entre Sines e Porto Covo. A ilha do Pessegueiro é formada por dunas consolidadas, e o forte em ruínas, que lhe fica em frente, foi construído com blocos desta rocha.

A ilha de Porto Santo, na sua parte central, está coberta por uma formação arenosa transportada eolicamente para norte, a partir do areal da praia, a sul (FIGURA 1). Estes eoleanitos, assim se podem chamar, em virtude do agente que os transportou, são constituídos por areias calcárias essencialmente biogénicas, geradas numa plataforma carbonatada, que aí se desenvolveu no Miocénico, em condições de clima mais quente do que o atual. Móveis, na franja dunar da praia, a sul, estas areias estão mais ou menos consolidadas a norte da ilha, na região de Mornos e na Fonte da Areia. Aspetos semelhantes, mas em

menor escala, podem ser observados na ponta de S. Lourenço, na ilha da Madeira.

São muitos os exemplos de acumulações dunares no passado geológico, hoje transformadas em arenitos ou grés, mais ou menos coesos, no geral penetrados por um cimento argiloso ou calcário, com maior ou menor impregnação de óxido de ferro (vermelho) e, algumas vezes, silicioso. Abstração feita ao cimento, que é sempre posterior à acumulação eólica, as areias destas rochas mostram as mesmas características mineralógicas, texturais e estruturais das dunas recentes. Entre as muitas ocorrências destes arenitos, merecem destaque os *Navajo Sandstones* do Jurássico, no Utah, (EUA), parte dos *New Red Sandstones*, do Permo-Triásico (*Rotliegende* e *Buntsandstein*) da Europa e da América do Norte, os grés do Câmbrio inferior da Suécia e os arenitos da Formação Botucatu do Mesozoico do Paraná, Brasil.



FIGURA 1. Aspeto dos eolianitos de Porto Santo, num corte de cerca de 3 metros ao longo da estrada. (fonte: banco de imagens da Casa das Ciências)

A identificação de edifícios dunares, de tempos geológicos passados, baseia-se em aspetos bem definidos e relativamente fáceis de observar: estratificação entrecruzada, com múltiplas direções e inclinações (à volta de 30°), bem conhecidas nas dunas atuais, lâminas bem individualizadas, diâmetro médio dos grãos entre 0,1 e 1 mm, bom arredondamento, aspeto despolido (picotado) dos grãos de diâmetro superior a 0,5 mm e ausência de leitos de argila e de micas.

---

# Hereditariedade, Sexo & Género

## A invenção da sexualidade

Luís Calafate

Departamento de Biologia, Faculdade de Ciências da Universidade do Porto

A melhor forma de transmitir conhecimentos e de estimular o raciocínio nas pessoas é abordar uma questão genérica, mostrando-lhes porque é importante e continuará a sê-lo ao longo das suas vidas. Tomemos, por exemplo, o sexo nos seres humanos: por que não se limitam as pessoas a praticar a partenogénese, desenvolvendo embriões a partir de óvulos não fertilizados? Como evoluiu a sexualidade humana? Porque é que os seres humanos têm dois sexos? Porque é que as pessoas não são hermafroditas?

Infelizmente, a compreensão da sexualidade tem sido perturbada pelo excesso de politização que atualmente a envolve. Se, por um lado, uma teoria do género que ignore a biologia é inaceitável, por outro lado, é impossível concordar com um determinismo biológico que tudo justifique.

### **Multiplicação & Hereditariedade**

O significado da hereditariedade consiste em que, quando a multiplicação se verifica, o semelhante dá origem ao semelhante. Todavia, este processo não é perfeito e de tempos a tempos surgem variantes, conduzindo a diferenças na capacidade da descendência sobreviver e reproduzir-se.

Alguns peixes e anfíbios e muitas plantas têm até seis conjuntos de cromossomas, mas nós só temos dois. Todavia, conhecem-se exceções como é o caso, por exemplo, da modelo americana de 34 anos, Taylor Muhl, que tem dois sistemas de ADN, resultantes da fusão de dois zigotos o seu e o da sua irmã gémea. A manequim é uma quimera genética com dois grupos sanguíneos e dois sistemas imunitários. Em certo sentido, é mais do que uma pessoa.

A maioria dos cromossomas é constantemente misturada através da recombinação,

mas este processo não se aplica aos genes contidos no cromossoma Y e nas mitocôndrias. Os defeitos nos genes mitocondriais podem provocar doenças e os cientistas estudam o modo de os transplantar de óvulo para óvulo para impedir que estas perturbações sejam herdadas. Esta técnica é ainda um pouco controversa, porque qualquer criança assim gerada terá ADN de três progenitores. O ADN nuclear virá da mãe e do pai, mas o ADN mitocondrial será proveniente do dador do óvulo.

No mundo natural, tudo pode ser herdado, exceto a esterilidade. Todavia, a medicina permitiu a existência de algo que a natureza tornava impossível – a hereditariedade da infertilidade, pela técnica de Injeção Intracitosplamática de Espermatozoides (ICSI). Em mais de metade dos homens, que procuram tratamento para a infertilidade, o problema reside nos seus espermatozoides. Ou não os têm em número suficiente ou estes não conseguem nadar convenientemente. Com o tratamento ICSI os espermatozoides não têm de ser capazes de fertilizar um óvulo sozinhos. Se a infertilidade do homem for provocada por um cromossoma Y danificado, então a ICSI passará esse cromossoma Y a todos os filhos, transmitindo o problema à geração seguinte. Ao contrário, na natureza os espermatozoides fracos ou passivos ficam parados e só é recompensada a energia e a determinação.

### **Sexo, Reprodução & Desenvolvimento**

Nos seres humanos, o sexo genético é representado pelo par de cromossomas sexuais (XY no homem e XX na mulher) e a reprodução sexuada é a única maneira de terem bebés. No entanto, muitos seres vivos não têm sexo, ou têm-no numa geração e não noutras. Por exemplo, o sexo não faz parte dos rotíferos bdelóides. Nunca foi visto um macho de rotífero bdelóide. Todos os membros das quinhentas espécies destes rotíferos conhecidas são fêmeas.

Nas espécies com reprodução sexuada, a meiose e a recombinação fornecem a cada indivíduo um genótipo pessoal e esta variabilidade extra pode ser adaptativa (FIGURA 1). Na reprodução assexuada, as mutações são invariavelmente transmitidas à descendência, mesmo que sejam nocivas, provocando um efeito conhecido como a “roda dentada de Muller”, mecanismo pelo qual os genomas tendem a perder qualidade. Quando ocorre a divisão celular por meiose, os cromossomas emparelhados trocam fragmentos de ADN, tornando possível escapar à “roda dentada de Muller” – processo pelo qual as mutações prejudiciais se acumulariam em cada geração, causando a longo prazo, uma degeneração irreversível.

Hoje, com Matt Ridley, autor da obra *A Rainha de Copas*, publicada em 1993, sabemos que precisamos do sexo para estarmos um passo sempre à frente dos parasitas que andam sempre atrás de nós. Como na obra *Alice do Outro Lado do Espelho*, temos de continuar a correr para ficarmos no mesmo lugar. Um novo agente patogénico pode dizimar uma população suscetível como é o caso, por exemplo, da peste negra na Europa do século XIV que matou quase metade da população. Todas as criaturas da terra estão num torneio

de xadrez do tipo Rainha de Copas com os seus parasitas (ou hospedeiros), com os seus predadores (ou presas) e, até mesmo, com o (a) seu (sua) parceiro (a).

Durante o desenvolvimento embrionário, por volta das 4.<sup>a</sup>-6.<sup>a</sup> semanas de gestação o embrião humano é um “saco oco” coberto externamente pela ectoderme e internamente pela mesoderme, sendo a parede formada pela endoderme. Nessa altura, na linha média surge uma protusão da endoderme coberta pela mesoderme, que é o intestino primitivo, e de cada lado uma outra protrusão de endoderme coberta por mesoderme, que é a prega urogenital. A parte interna dessa prega constitui a gónada primitiva. Nos dois sexos o desenvolvimento da prega urogenital e a colonização da mesma pelas células germinativas ocorre por volta da sexta semana de gestação. Num processo temporalmente preciso, são expressos primeiro os genes que determinam a diferenciação da gónada primitiva como testículo e que, simultaneamente, inibem a expressão dos genes que induziriam a diferenciação da gónada primitiva como ovário. Se a expressão destes genes não tiver ocorrido, ocorre a expressão de outros genes que determinam a diferenciação da gónada primitiva como ovário e que, simultaneamente, inibem a diferenciação da gónada primitiva como testículo. Este padrão tem sido designado de “guerra dos sexos”. É de realçar que estes fenómenos são estritamente locais, ou seja, a expressão local nas células implicadas de genes sucessivos é que condiciona a diferenciação local da gónada primitiva como testículo ou ovário. Assim, pode haver perturbação em que ocorra a diferenciação da gónada primitiva como testículo num lado e ovário no outro, ou até diferenciação como testículo e ovário no mesmo lado – hermafroditismo ou doença ovotesticular.



FIGURA 1. Moluscos gastrópodes em cópula. Os caracóis são animais hermafroditas de aparelho reprodutor complexo no qual existe uma única gonada, ovotestículo, responsável pela produção de gametas masculinos e femininos. (fonte: banco de imagens da Casa das Ciências)

Durante as seis primeiras semanas de gestação, os embriões masculinos e os femininos desenvolvem-se de forma idêntica e continuariam a fazê-lo, produzindo bebês de sexo feminino, se o gene único do cromossoma Y não entrasse em ação. O cromossoma X extra da mulher não envia sinais suplementares, determinando assim que será mulher. Os seres humanos seriam todos do sexo feminino se não houvesse intervenção de um gene chamado SRY, localizado no braço curto do cromossoma Y. Se este gene não entrar em ação às sete semanas de gestação, ou se as instruções não forem seguidas, o embrião continuará a desenvolver-se por predefinição como organismo feminino. Nas palavras da escritora do século XX, Simone de Beauvoir, publicadas na obra *O Segundo Sexo*, "Nascemos mulheres, tornamo-nos em homens". Se o gene SRY de um embrião XY se mutar e não for funcional, ou no caso de outros problemas genéticos tornarem as células insensíveis às hormonas masculinas que o gene ordena às gónadas que produzam, esse embrião crescerá até ser uma rapariga (que, no entanto, será estéril). Em raras ocasiões, o gene SRY pode introduzir-se no cromossoma X através de um processo de translocação e, quando isso acontece, os indivíduos com cromossomas XX tornam-se homens. Por outro lado, as mulheres XY (aparentes homens de sexo invertido) têm todas um cromossoma Y, mas como o gene SRY não funcionou quando devia, os embriões desenvolveram-se como raparigas.

Durante a sétima semana de gestação, a proteína SRY ativa outros genes em vários cromossomas. Sob a influência destes genes ativados secundariamente, as gónadas unissexo do embrião começam a desenvolver-se em testículos que, pouco tempo depois, começam a produzir duas hormonas diferentes. A hormona antimulleriana ou AMH destrói o sistema de canais de Muller. A testosterona, outra hormona produzida pelos testículos embrionários, impede o outro sistema de tubos primitivo, os canais de Wolff, de serem destruídos como o são nas mulheres. À medida que o tempo passa, os canais de Muller desaparecem e os canais de Wolff começam a expandir-se para formar os componentes dos órgãos sexuais internos do homem – a glândula da próstata e as vesículas seminais e o *vas deferens* que as liga. Finalmente, alguma testosterona é convertida numa forma mais potente da hormona – chamada diidrotestosterona – e isto organiza o crescimento dos órgãos genitais externos. Pregas de tecido rodeiam a uretra e formam o pénis, enquanto ali perto outros tecidos incham e fundem-se para se transformarem no escroto, até ao qual os testículos acabam por descer.

Entre as 8.<sup>a</sup>-12.<sup>a</sup> semanas de gestação, no fim do período da organogénese, ocorre a diferenciação do sexo fenotípico ou anatómico, que tem como componentes principais as vias reprodutoras e os genitais externos. Após oito semanas, os recém-formados testículos começam a produzir hormonas masculinas e estes androgénios masculinizam o corpo. Os aglomerados de células que de outra maneira se tornariam no clitóris e nos lábios vaginais formam o pénis e o escroto e os órgãos genitais são

interligados por meio de ductos que, no sexo feminino, se atrofiam.

Nos embriões femininos, por volta da décima segunda semana de gestação, as gónadas unissexo começam a transformar-se em ovários. Os canais de Wolff, sem o apoio da testosterona, desaparecem e os canais de Muller, não suprimidos pela hormona AMH e estimulados pelo estrogénio, começam a formar os canais femininos. As partes da frente formam as trompas de Falópio enquanto as restantes se desenvolvem no útero e vagina. No exterior, os mesmos tecidos que no homem se desenvolvem no pénis formam o clitóris, enquanto os tecidos circundantes incham e se transformam nos grandes e pequenos lábios, em vez do escroto. Todas estas alterações anatómicas estão concretizadas por volta da vigésima semana de gravidez, quando o sexo fenotípico da criança é visível através de uma ecografia.

Só na altura da puberdade se vai verificar o desenvolvimento do sexo secundário, ou seja, as características sexuais secundárias. Nessa altura, no sexo masculino, na presença de elevadas concentrações de testosterona e da transformação desta em estradiol ou dehidrotestosterona, ocorrem as alterações próprias do sexo masculino. No sexo feminino, na ausência de testosterona e na presença de elevadas concentrações de estrogénios, surgem as alterações, em grande parte opostas.

### **Género: Identidade, Comportamento, Orientação & Cognição**

Nos seres humanos, o ADN de cada célula do corpo humano é codificado inalteravelmente como masculino ou feminino, desde o nascimento até à morte. Se, por um lado, devemos respeitar e dar proteção legal a cada pessoa que, por qualquer razão, procure mudar o seu corpo, mudar de sexo genético é cientificamente impossível.

No âmbito do sexo neuro-psíquico distinguem-se vários componentes, oscilando entre uma vertente biológica até uma vertente social. O sexo hipotálamo-hipofisário que se expressa no padrão de secreção tónica mantido das gonadotrofinas do sexo masculino ou no padrão de secreção fásica ou oscilante das gonadotrofinas no sexo feminino. O sexo cortical, em que no sexo masculino há um predomínio dos talentos lateralizados à direita e no sexo feminino um predomínio dos talentos lateralizados à esquerda, o que poderá ter uma base evolutiva antropológica. A identidade de género, que corresponde à forma como nos consideramos a nós próprios homens ou mulheres, mas que se estabelece muito precocemente até ao fim do 1º ano ou do 2º ano de vida e que habitualmente requer concordância com o sexo anatómico ou fenotípico, que reforça essa identificação. O papel de género, que diz respeito a um comportamento masculino ou um comportamento feminino e que se estabelece cedo, durante a infância. Por último, a orientação de género, que significa a atração pelo sexo oposto ou pelo mesmo sexo ou por ambos os sexos, e se estabelece após a puberdade.

### **Para uma compreensão da sexualidade humana**

Inicialmente os cromossomas X e Y eram um único cromossoma, mas a evolução retirou-lhes a capacidade de trocar genes entre si. Alguns genes seriam perigosos se herdados por mulheres, e vice-versa. Por exemplo, se o SRY se entrecruzasse com o cromossoma X transformaria mulheres em homens. Alguns genes no cromossoma X são também fundamentais para o desenvolvimento saudável de qualquer dos sexos. A recombinação teria privado alguns homens destas partes essenciais do genoma.

Do ponto de vista médico, a existência isolada do cromossoma Y pode ser perigosa. Não tendo um parceiro com quem que se recombinar, este cromossoma degenerou mais ou menos do modo previsto pela “roda dentada e Muller”. Nas palavras do geneticista britânico Bryan Sykes, autor do livro *A Maldição de Adão*, publicado em 2003, “O cromossoma humano Y está a desaparecer perante os nossos olhos, os homens estão em vias de extinção e, com eles, talvez também a Humanidade”. Eventualmente, a solução residirá na criação de um “cromossoma Adónis” artificial que transmitirá a masculinidade sem as fraquezas do cromossoma Y.

---

# Ensino experimental e problemas ambientais

Mário Oliveira, Olga Santos

ESECS/ Politécnico de Leiria

**O estudo de alguns dos principais problemas ambientais da atualidade, acompanhado de atividades práticas/experimentais em contextos diversos, realizadas com rigor de concepção e execução, pode traduzir-se, em benefícios ao nível da literacia científica, da compreensão dos processos subjacentes aos problemas em análise, bem como dos comportamentos a adotar, numa perspetiva de cidadania ambiental mais profícua.**

Problemas ambientais como deslizamentos de terrenos, erosão de solos, contaminação dos recursos hídricos, solos ou ar, marés negras, entre outros, tem-se agravado como consequência da atividade antrópica. Muitos destes fenómenos/processos são objeto de estudo no ensino formal, em abordagens essencialmente teóricas, subestimando-se o contributo de atividades práticas/experimentais complementares para o aumento da literacia científica dos alunos e melhoria da compreensão dos processos envolvidos nos respetivos fenómenos, suas causas e consequências. O trabalho experimental no ensino da ciência desde os primeiros anos de escolaridade, constitui um importante processo de desenvolvimento de competências de pensamento, comunicação oral e linguagem escrita, decorrentes da componente reflexiva que o acompanha.

A realização de atividades de índole prática, ao envolver diretamente as crianças assume extrema importância para o desenvolvimento do seu pensamento e competências.

A realização de trabalho prático/experimental no âmbito de projetos e atividades de edu-

cação ambiental, realizados dentro e/ou fora de portas, potenciará a compreensão dos processos/fenómenos a estudar, possibilitando, ainda, a reutilização de materiais do quotidiano (substituindo material de laboratório, mais escasso e caro), sem inviabilizar o rigor científico.

A educação ambiental dedicada ao litoral envolve anualmente milhares de participantes em atividades de campo, no âmbito das quais é possível constatar e registar a enorme quantidade e diversidade de plásticos existentes nas praias (FIGURA 1), cujo conhecimento e impactos ambientais normalmente se negligencia.



FIGURA 1. Diversidade de resíduos plásticos no litoral, numa área delimitada de 1 m<sup>2</sup>.

Também os plásticos à deriva no mar – e nos rios – constituem um problema ambiental gravíssimo, dada a sua perigosidade para os organismos. Conhecer e identificar os diferentes tipos de plásticos recolhidos numa saída de campo, bem como perceber o seu comportamento no meio hídrico, são objetivos que mais facilmente se podem alcançar recorrendo à realização de atividades experimentais. Reutilizando copos de iogurte em vidro, idênticos, em substituição de material laboratorial específico (copos de Becker, por exemplo) é possível avaliar o comportamento de distintos tipos de plásticos recolhidos quando mergulhados em água doce, salobra ou salgada, uma vez assegurado o controlo das variáveis envolvidas; permite, também, identificar diferentes tipos de plástico, observando o procedimento proposto na FIGURA 2, o qual potencia posteriormente a investigação sobre algumas das suas propriedades, utilizações e possibilidades de reutilização/valorização, com os benefícios ambientais, económicos e sociais daí resultantes.

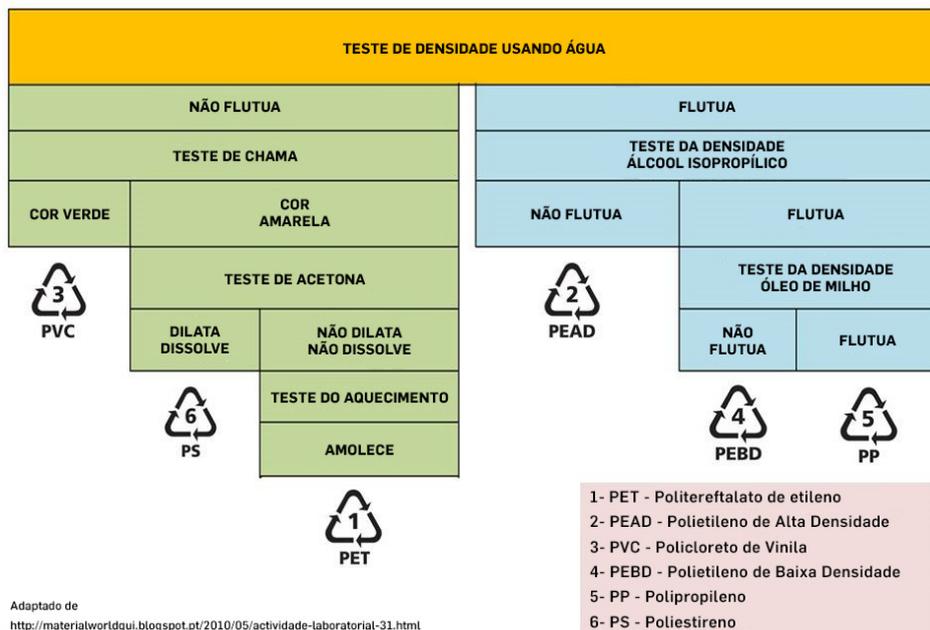


FIGURA 2. Forma expedita de classificar diferentes tipos de plástico.

A preparação de visita de estudo a uma ETAR, recorrendo a atividades experimentais sobre flutuação envolvendo líquidos, também permite perceber melhor e refletir sobre as consequências técnicas, ambientais e económicas da incorreta rejeição de óleos alimentares usados, por exemplo, potenciando a melhoria de comportamentos dos cidadãos em termos ambientais. O mesmo se aplica à compreensão do comportamento dos hidrocarbonetos em meio hídrico, resultantes de acidentes com petroleiros e/ou explorações petrolíferas.

A compreensão da influência da vegetação, declive, teor de humidade, entre outros fatores, na erosão e deslizamento de solos, pode ser promovida pela realização de atividades práticas/experimentais, com materiais do quotidiano. Importa, todavia, salientar que as atividades práticas/experimentais associadas a distintos contextos exigem rigoroso controlo das variáveis em presença, sob risco de se desvirtuar quer o processo em si mesmo, quer a correta compreensão dos processos e fenómenos em estudo.

Em suma, as problemáticas ambientais revelam um enorme potencial para desenvolvimento de atividades práticas/experimentais associadas a factos e materiais do quotidiano, e a educação em ciências pode assumir um papel de relevo, pelo seu valor formativo, para o desenvolvimento de cidadanias informadas e de sociedades mais sustentáveis, numa perspetiva de igualdade de oportunidades.

---

# À descoberta do ambiente natural

Andreia Figueiredo, Fernando Vaz Dias

BioISI/ Universidade de Lisboa

A aproximação ao ambiente natural que nos rodeia é essencial para uma sociedade sustentável e deve começar a ser promovida muito cedo. As orientações curriculares para a área do Estudo do Meio no 1º Ciclo do Ensino Básico (CEB) abordam a temática da descoberta do mundo natural. Esta temática deverá ser complementada pela inclusão de atividades e estratégias educativas que promovam a aproximação entre cientistas e alunos, numa prática interativa que contribua para o despertar da curiosidade e motivação de alunos e professores. A atividade “À descoberta do ambiente natural. Os seres vivos do ambiente próximo: observar, classificar, experimentar e usufruir do mundo vegetal” aqui proposta tem o intuito de promover o conhecimento e respeito pelas plantas como seres vivos, aproximando a ciência à sala de aula.

Os conteúdos programáticos da área disciplina de Estudo do Meio do 1º CEB incluem um bloco sobre a descoberta do ambiente natural, com um subtema consignado aos seres vivos do seu ambiente natural ou do ambiente próximo.

Explorar o ambiente natural que nos rodeia é uma experiência motivante e cativante especialmente para os alunos do 1ºciclo. É importante desenvolver estratégias educativas dinâmicas e interativas que incentivem a curiosidade. Cabe ao professor pensar e procurar diferentes recursos para tornar a aprendizagem dos novos conceitos eficiente e divertida.

## **As folhas são todas iguais?**

O primeiro passo da exploração do mundo vegetal deve centrar-se na observação. O mundo vegetal que rodeia a escola, por mais pequena que a área verde possa parecer, é certamente rico em formas e cores.

Esta atividade pode ter início com uma introdução teórica e explicativa sobre a morfologia e classificação das folhas, seguida da recolha de diferentes folhas (podendo sempre pedir a colaboração dos pais!). De volta à sala de aula, pedimos aos alunos para descrever a forma

das folhas, textura e cores, atentando às diferenças entre uma folha de oliveira, uma folha de carvalho ou uma de pinheiro. Os alunos podem desenhar a forma contornando a folha, ou até usar a mesma como uma espécie de carimbo. Depois de secas, as folhas podem ser usadas para colar em tiras de cartolina, que, depois de plastificadas, podem ser usadas como marcadores de livros. Por outro lado, os professores poderão utilizar este recurso para introduzir o conceito de catalogação de espécies - Herbário. Os alunos poderão colar numa cartolina os materiais vegetais de cada espécie, escrever o local de recolha, o nome da espécie, o nome do aluno que recolheu e descrever as suas principais características. Estes conceitos são transversais aos quatro anos do ensino básico, podendo ser explorados de forma mais fácil e superficial nos primeiros anos, criando bases para um maior detalhe no 4º ano.

### **Que parte da planta sou Eu?**

Durante o 1º CEB são introduzidos os conceitos de semente, flor e reprodução das plantas. As primeiras noções destes conceitos essenciais podem ser exploradas de uma forma simplificada e divertida logo no 1º ano. Da mesma forma que na atividade anterior, podemos explorar a diversidade natural começando pelos frutos, tais como pêssegos, maçãs, bananas, laranjas, etc... Os frutos apresentam uma variedade enorme de cores, formas, texturas e odores, permitindo uma experiência sensorial muito rica. Abrir os frutos e observar a forma como o fruto está estruturado, com caroço, sem caroço, a diferença de estrutura entre a maçã e a laranja, etc. Todas estas formas de observação e de experimentação não requerem equipamentos científicos especiais e permitem a proximidade das crianças aos "objetos" de estudo. Abrir o fruto, extrair a semente e dissecá-la mostrando o embrião é uma forma de aproveitar estes recursos para introduzir múltiplos conceitos! O estudo dos frutos pode culminar com a preparação de uma salada de fruta, e desta forma, usufruir também deste mundo vegetal!

### **Quantas cores têm uma folha?**

A percepção das plantas é muitas vezes limitado à noção de que são usadas para a alimentação, para fazer papel ou para a construção de móveis e casas. A utilização das plantas é muito mais vasta e vai desde a produção de medicamentos e perfumes, à extração de pigmentos para coloração e para vestuário.

Uma atividade de fácil implementação na sala de aula é a cromatografia de pigmentos fotossintéticos em papel. Trata-se do recurso mais utilizado no 2º ciclo, associado ao conceito de fotossíntese, no entanto a sua adaptação ao 1º CEB é válida e permite explorar conceitos de diversidade das plantas. Para esta atividade apenas é necessário papel de filtro, álcool e folhas! Em laboratório, esmagamos as folhas com um almofariz e um pilão (FIGURA 1), mas em contexto de sala de aula as folhas poderão ser esmagadas com a ajuda de um frasco de vidro e uma colher de pau. Seguidamente os pigmentos fotossintéticos são extraídos por

adição de álcool a 96% até obter uma pasta semilíquida, a qual é vertida para um copo de vidro, passando-a por papel de filtro. No filtrado é introduzido um papel de filtro e os alunos podem acompanhar a separação dos pigmentos (FIGURA 1). Através desta atividade o professor pode introduzir conceitos como a clorofila (pigmento que se separa mais devagar na cromatografia – lista verde escuro) e os carotenoides (pigmentos que migram mais depressa – diferente coloração). O professor poderá também explorar as diferenças entre os materiais vegetais (ex. folhas de diferentes espécies)!



FIGURA 1. Cromatografia em papel de pigmentos fotossintéticos.

### **As plantas transpiram?**

As plantas vasculares possuem tecidos especializados para condução de água (xilema) e seiva (floema). O xilema funciona como uma rede de canais que transportam água e sais minerais para todas as partes da planta. A condução de água através do xilema é gerada conjuntamente pela capilaridade e força de sucção gerada pela transpiração. Tradicionalmente uma das atividades para implementação no 1º CEB é a coloração das pétalas de flores brancas através da mistura de corante alimentar na água. A aquisição de flores brancas não é uma alternativa barata, mas podemos recorrer à couve pak shoi (facilmente encontrada em supermercados). O professor deverá escolher as folhas mais internas (brancas) para usar nesta experiência.

A utilidade destas atividades 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. Lançamos aqui o desafio: observar a natureza, explorar o que nos rodeia, respeitar a vida!

---

# Scratch uma ferramenta para o Ensino

Pedro N. M. L. Silva

Agrupamento de Escolas Dr. Manuel Gomes de Almeida, Espinho

O recurso a metodologias e estratégias de ensino diversificadas é uma imposição do contexto compósito da sala de aula atual, em termos de fatores sociais, nos seus interesses e objetivos. Esta “imposição” tem acrescentado valor e significado ao ato de ensinar com a necessidade de os docentes encontrarem ferramentas e recursos que suportem essas estratégias de ensino.

O *Scratch* é uma ferramenta informática gratuita, com tradução para a língua portuguesa, que permite a aplicação da metodologia de ensino orientada à resolução de problemas na perspetiva computacional. O olhar de quem analisa o problema, propõe uma solução, testa a sua viabilidade e a implementa, resolvendo o problema inicial, proporciona avaliação constante a quem aprende e a quem ensina, obriga à cooperação com os pares na troca de ideias e fornece motivação e satisfação de dever cumprido ao encontrar uma solução possível.

O *Scratch* é um projeto do *Lifelong Kindergarten Group do MIT Media Lab*, que desafia os seus utilizadores a usar o pensamento computacional - organizado, sistematizado - e a criatividade orientada à resolução de problemas nas mais diversas áreas de estudo e em todos os níveis de ensino. Os projetos podem incluir a apresentação de estórias com animação dos atores, o desenvolvimento de jogos interativos e outras abordagens com a partilha dos projetos com a comunidade em linha. Na página em linha do *Scratch* pode consultar tutoriais orientados que permitem tirar o máximo partido da ferramenta. A aprendizagem do *Scratch* é intuitiva permitindo que os alunos de níveis de escolaridade mais elementares possam usá-la num grau adequado ao seu nível de desenvolvimento. Sendo uma ferramenta de programação compu-

tacional visual, o desenvolvimento da programação faz-se por blocos de código associados às ações (guião) do “palco” e dos “atores” que constituem a interface mais ou menos interativa da solução do problema proposto no projeto. Os “atores” podem assumir um “traje” que lhe pode conferir uma apresentação diferente consoante o momento e o som que pode ser adicionado para enriquecer o contexto do momento no projeto.

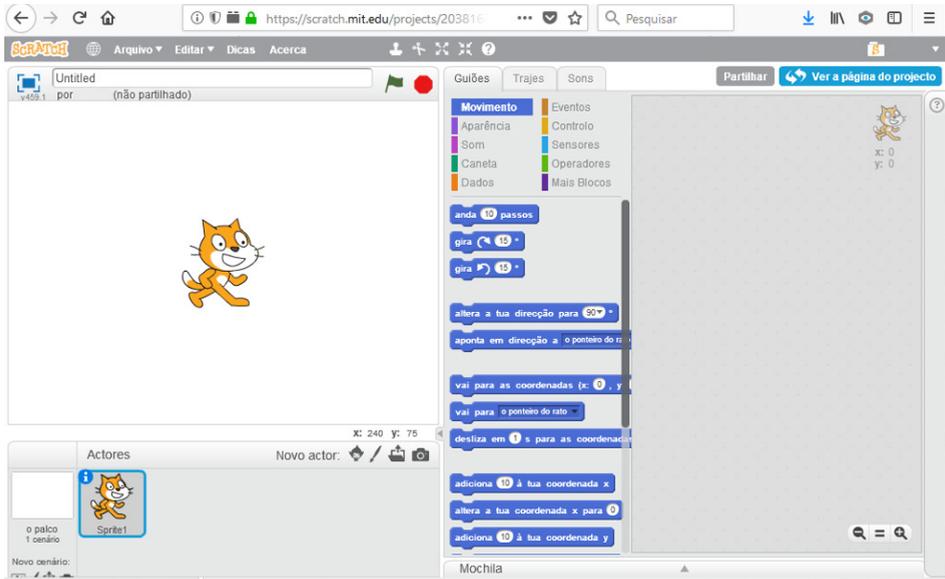


FIGURA 1. Imagem da interface em linha do Scratch.

A abordagem lúdica às temáticas de estudo proporciona uma perspetiva mais agradável, motivadora e envolvente do aluno na sua aprendizagem.

A Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP) é uma metodologia de ensino que pode fazer uso integral das potencialidades da ferramenta Scratch, na medida em que se baseia nas premissas do construtivismo:

- o conhecimento é construído individualmente e co-construído socialmente a partir de interações com o ambiente;
- o conhecimento não pode ser transmitido;
- existem múltiplas perspetivas relacionadas com cada fenómeno;
- significado e pensamento são distribuídos entre a cultura e a comunidade em que vivemos e as ferramentas que usamos; e
- o conhecimento é ancorado e indexado por contextos relevantes (HUNG *et al.*, 2008).

É uma metodologia utilizada amplamente, com estudos de aplicação em contexto educativo que se iniciam na McMaster University Faculty of Health Sciences, no Canadá, em meados dos anos sessenta do século passado e expandiu-se logo após por vários países, tais como a Holanda, Áustria, Israel e Estados Unidos da América, até ao momento presente onde é aplicada em todos os níveis de ensino. Entre outras características destacam-se a flexibilidade e adaptabilidade aos sujeitos (alunos) e ao contexto (nível de ensino e área do conhecimento). A ABP pode resumir-se em oito passos que garantem a aplicação das premissas do construtivismo e demonstram a potencialidade da ferramenta *Scratch*:

1. exposição do problema inicial com exploração e compreensão dos fatores e contexto do problema;
2. geração de ideias com o elencar possíveis soluções para o problema;
3. análise com a decomposição do problema em partes, identificar funções e estruturas das relações;
4. elaboração de questões de orientação da investigação do problema e definir concretamente o contexto da solução a desenvolver;
5. definir os objetivos da aprendizagem, ou seja, o que se espera aprender com os resultados do trabalho;
6. estudo individual e discussão em grupo com registo do processo e conclusões;
7. síntese e avaliação do trabalho e dos resultados obtidos;
8. apresentação com a partilha em grande grupo do trabalho desenvolvido com mostra da análise, processo e resultados.

A ABP baseia-se nos alunos pesquisarem situações-problema similares aquela que pretendem resolver. Para isso, a função de tutor e orientador do docente é essencial levando os alunos a analisar e refletir sobre informação relevante para a resolução do problema, viabilizando em tempo útil a aprendizagem num processo mais esclarecido e consistente. Um dos fatores mais importantes é a cooperação entre alunos que permite a troca de ideias e argumentos, a exploração de novas abordagens ao problema inicial, desenvolve a capacidade de ouvir e respeitar a opinião dos outros elementos do grupo.

A resolução de problemas e a ferramenta *Scratch* tem estado em evidência nos anos letivos mais recentes com a introdução da “Iniciação à Programação” no 1.º ciclo do Ensino Básico. Pese embora esta “iniciação” dos alunos na programação já pudesse acontecer por outras opções, esta acontecia mais tarde, por exemplo no 8.º ano de escolaridade do Ensino Básico, na disciplina de Tecnologias de Informação e Comunicação. Além de um início cada vez mais precoce no ensino da programação existem cada vez mais docentes, de áreas não relacionadas com a informática, que “descobrem” as potencialidades do *Scratch* como ferramenta de ensino e de aprendizagem.

Alguns exemplos de aplicação do *Scratch* como ferramenta para a construção de recursos educativos digitais:

- jogo construído por um(a) professor(a) com objetivo de treino da motricidade fina de um aluno com deficiência motora (<https://scratch.mit.edu/projects/168584997/>);
- jogo construído por um(a) professor(a) com objetivo de sistematização de conhecimentos dos alunos na área disciplinar de Matemática do 1.º ciclo do Ensino Básico (<https://scratch.mit.edu/projects/168227634/>).

Uma forma acessível de começar a usar o *Scratch* é utilizar os tutoriais disponíveis nas "Dicas" da página do projeto ou consultar o código dos projetos partilhados pelos utilizadores na Comunidade em linha.

# Beleza e Ciência

J. M. B. Lopes dos Santos

CFUP/ Universidade do Porto

Os físicos e matemáticos usam frequentemente conceitos estéticos para se referir às suas descobertas. Dirac, em particular, valorizava a beleza como critério de verdade:

43

*“It seems that if one is working from the point of view of getting beauty in one’s equations, and if one has really a sound insight, one is on a sure line of progress. If there is not complete agreement between the results of one’s work and experiment, one should not allow oneself to be too discouraged, because the discrepancy may well be due to minor features that are not properly taken into account and that will get cleared up with further development of the theory.”*

Eis a famosa equação de Dirac:

$$(i\hat{\phi} - m)\psi = 0$$

Podemos admirar a economia de símbolos, ou a beleza dos tipos usados, mas em que medida é bela esta equação? Como compará-la com o *Bal du Moulin de la Gallette* de Renoir, ou com o teto da Capela Sistina de Michelangelo?

Temos que reconhecer que a beleza a que se refere Dirac e tantos físicos e matemáticos é iniciática, reservada a bons conhecedores do significado e alcance das equações e teorias, e do contexto em que se inserem. Esta equação, para o seu descobridor, era o pináculo de uma imponente estrutura, que caracterizou de modo algo grandiloquente:

*“The underlying physical laws necessary for the mathematical theory of a large part of physics and the whole of chemistry are thus completely known.”*

Concorde-se ou não com esta caracterização, o certo é que quem explora a equação de Dirac não pode deixar de ficar impressionado com o poder da síntese que realiza entre a Relatividade e a Mecânica Quântica, que lhe assegura, realmente, um papel fulcral em quase toda a Física e toda a Química. Unificar uma gama tão vasta de fenómenos com uma

ideia que se expressa com tanta economia e simplicidade é o que os Físicos tomam como “belo”. Mas é precisamente por causa da especificidade deste conceito de “belo” que não esperamos ver filas de turistas horas à espera para contemplar a equação de Dirac, como fazem no museu do Vaticano ou na Galeria degli Uffizi em Florença.

Os valores estéticos, contudo, são património comum da humanidade e os cientistas deles partilham, embora a sua sensibilidade possa ser “colorida” pela sua vivência da ciência.

Uma das áreas mais ricas em imagens de apelo universal é a de mecânica de fluidos. A razão talvez tenha a ver com a inexistência de escalas intrínsecas de tempo e comprimento. É precisamente por essa razão que os fractais têm um apelo tão forte ao nosso sentido estético, ao permitirem estruturas delicadas, auto-semelhantes, geradora de surpresas inesgotáveis, à medida que a nossa atenção se prende em detalhes cada vez mais finos. No caso de fluidos, meios contínuos, as equações que descrevem o seu movimento não contêm parâmetros de comprimento intrínsecos, e são as dimensões dos obstáculos ou fronteiras sólidas que acabem por definir a escala das estruturas dos escoamentos.

Seja como for, a descoberta que a esteira do escoamento do ar à volta de uma bola de ténis, ou de uma asa de avião, apresenta semelhanças com a que ocorre num arquipélago como o das Canárias, numa escala de centenas de quilómetros, não pode deixar de nos surpreender e maravilhar.



FIGURA 1. Os ventos dominantes nas Canárias sopram de Nordeste e a presença das ilhas cria uma esteira na atmosfera, que fica visível porque afeta a reflexão da luz no mar. (fonte: NASA)

A imagem da capa foi obtida pelo MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) da NASA, um satélite que cobre toda a superfície da Terra em 1 a 2 dias em 36 bandas espectrais. Os ventos afetam as características da superfície do oceano, agitando ondas picadas em certos locais e alisando-a noutros. Isso origina diferenças no modo como a luz é refletida no oceano e torna visível a esteira do escoamento da atmosfera à volta das Ilhas Canárias. De acordo com a experiência dos mareantes, no sotavento cruzam-se frequentemente ventos com direção oposta aos ventos dominantes do barlavento (que sopram de nordeste) e a turbulência resultante é visível numa longa linha ondulada de nuvens, que se estende centenas de quilómetros a sul de Tenerife, a segunda ilha a contar da direita.

---

# Observatório Astronómico de Santana - Açores

Cláudio Gomes<sup>\*†</sup>, Pedro Garcia<sup>†</sup>

Sofia Janeiro<sup>†</sup>, Flávio Almeida<sup>†</sup>

Alexandra Melo<sup>†</sup>

\*CFP; Universidade do Porto

† Observatório Astronómico de Santana - Açores

**O Observatório Astronómico de Santana – Açores fica situado no Pico do Bode (Santana, Rabo de Peixe) no concelho da Ribeira Grande na ilha de São Miguel nos Açores. É um Centro de Ciência que tem como objetivo primeiro divulgar conhecimentos de Astronomia e do Espaço, fazendo parte de um conjunto mais alargado de Centros de Ciência dispersos em várias ilhas do arquipélago.**

Originalmente, pensado e utilizado para o desenvolvimento de astronomia amadora, após a dissolução do Núcleo de Astrónomos Amadores converteu-se em Centro de Ciência, sendo gerido pela Ponte Norte, Cooperativa de Ensino e Desenvolvimento da Ribeira Grande. Desde então procura difundir a ciência astronómica e do Espaço para todos, estando integrado na rede regional de Centros de Ciência, contando com o apoio do Governo Regional dos Açores.

O Observatório Astronómico de Santana – Açores (OASA) promove diversas atividades para escolas e público em geral das quais se destacam a montagem de um planetário móvel nas escolas onde a comunidade escolar pode aprender mais sobre o que é visível no céu noturno, as observações diurnas do Sol, ou as palestras de divulgação científica e formações. Embora dirigidas a um público geral, todas estas atividades lúdicas nunca perdem o rigor científico necessário. O Observatório pretende também criar uma forte ligação com os astrónomos amadores, assim como colaborar com outros Centros de Ciência e Instituições Científicas nacionais e internacionais.

Uma das atividades de visita obrigatória dentro do Observatório é a exposição permanente “Um ponto no espaço”. Podem ver-se os principais momentos e conceitos de Astronomia e da explora-

ção espacial retratados de forma divertida e com rigor científico, “desde as estrelas no céu, até ao nosso lugar no universo”, com uma forte componente visual e minimalista, sem descuidar a oferta de soluções interativas e multimédia. Temos encontro marcado com Newton e Einstein e os seus entendimentos da gravidade, acompanhamos os primeiros e tímidos passos do Homem viajando pelo sistema solar e mais além, e conseguimos escapar de um buraco negro.

Outra atividade fundamental é o “Bike a Planet”. Este é um jogo/módulo do tipo Exergame Educativo: o jogo requer atividade física que, por sua vez, promove a aprendizagem. Escolhe-se um planeta do nosso sistema solar e começa-se a pedalar numa bicicleta física. A distância que seria percorrida pela bicicleta corresponde a uma parte do movimento de translação do planeta escolhido. Assim é possível entender-se conceitos de movimentos planetários e das diferenças gravíticas nos planetas, e... ficar em forma! As diferentes acelerações gravíticas são sentidas através de diferenças nas mudanças (pesos) da bicicleta conforme a gravidade sentida no planeta escolhido. Esta atividade “Bike a Planet” é um projeto conjunto entre o OASA e a startup açoriana Cereal Games, que se dedica ao desenvolvimento de jogos, com particular foco e interesse na Investigação e Desenvolvimento de Serious Games.

Como esperado, existe um planetário móvel! Este é montado no OASA, ou então levado a várias escolas da ilha de São Miguel, e, por vezes, a outras ilhas do arquipélago de modo a proporcionar momentos lúdicos de aprendizagem aos alunos. Pode ainda ser visitado no OASA por qualquer pessoa, em especial durante dias de atividade específicos. Ao participar numa sessão de planetário, poderá ter a oportunidade única de fazer um roteiro do céu noturno ou uma apresentação sobre aquilo que se esconde na escuridão do céu, ou alternativamente, podem ser visualizados alguns filmes da mesma temática para diversas faixas etárias.

Num segundo edifício, anexo ao principal, podemos deliciar-nos com várias experiências de física e astronomia, em que jovens e menos jovens podem explorar o cientista que há em cada um de nós! Igualmente sediado neste local está um telescópio controlado por computador onde algumas atividades científicas são desenvolvidas em colaboração com o Instituto de Astrofísica e Ciências do Espaço, a título de exemplo.

Existem também sessões de observação noturna dos astros e diurna do Sol. O céu açoriano é um céu livre de muita poluição, contudo a luminosidade e as condições de nebulosidade são fatores negativos que por vezes dominam. Todavia, é possível observar-se a Lua e sua superfície com elevado detalhe, alguns planetas como Júpiter, Saturno, Marte, enxames globulares de estrelas, galáxias, entre outros, uma experiência a não perder! Nas primeiras sextas-feiras de cada mês é possível juntar-se à equipa do Observatório e ver alguns destes objetos noturnos! Também é possível, se o tempo o permitir, durante uma visita diurna ao local fazer o contacto com um telescópio Coronado, que através de um filtro específico, podemos ver o Sol, e com sorte alguma atividade solar como a ejeção de matéria coronal!

Adicionalmente, existem outras atividades proporcionadas por este Centro de Ciência, designadamente, palestras e cursos de formação dados por vários especialistas.

---

# Biblioteca Nacional de Singapura

*in imagem.casadasciencias.org*

Visitei a Biblioteca Nacional de Singapura com o Nuno em agosto de 2013. O edifício icónico de 16 andares, foi desenhado pelo arquiteto Malaio Ken Yeang com uma preocupação de sustentabilidade ambiental. Entrámos para uma enorme Plaza ao nível da rua, fugindo do calor húmido sufocante que envolve Singapura nas suas quatro estações: Verão, Verão, Verão e Verão. Enquanto eu gozava o alívio proporcionado pela frescura da Plaza, reparei no Nuno, numa posição estranha, torcido como uma hélice, a apontar a câmara para o topo do edifício. Ele vira o que eu não vi!

João Lopes dos Santos  
Universidade do Porto

De tons originais esverdeados, a fotografia a preto e branco realça aspetos como a reflexão da luz, o contraste entre o claro e o escuro, a textura entre a zona espedhada, completamente plana, e as paredes laterais com elementos mais ou menos salientes. As linhas perfeitas na zona espedhada guiam o olho para um infinito que realmente não existe. A este efeito acresce um sentido de horizontalidade da estrutura, quando, efetivamente, a fotografia foi obtida na vertical, de baixo para cima. Assim, o olhar foge para a parte mais longínqua da imagem, para algo que sugere uma janela quando, efetivamente, é uma abóboda enviaçadada de geometria plana. As aberturas laterais deixam entrar imagens adicionais, vistas em reflexão, de um exterior que se pode imaginar mas que é, ao mesmo tempo, misterioso e inatingível.

Nuno Peres  
Universidade do Minho



Casa das Ciências

Prémios



2018

---

A Casa das Ciências vai premiar os melhores recursos educativos e imagens submetidas ao portal durante o ano 2017.

Temos o prazer de o / a convidar a estar presente na sessão de entrega dos **Prémios Casa das Ciências 2018**, onde serão conhecidos os vencedores. A sessão decorrerá no dia 17 de dezembro às 14:00 horas, no CIIMAR/Terminal de Cruzeiros do Porto de Leixões.

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