

MARÇO 2021

# V9/01

REVISTA DE CIÊNCIA ELEMENTAR. CASA DAS CIÊNCIAS



# REVISTA DE CIÊNCIA ELEMENTAR



## FICHA TÉCNICA

*Rev. Ciência Elem.*, V9(01)

**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

Raul Seabra

IMPRESSÃO E ACABAMENTO

Uniarte Gráfica S.A.

TIRAGEM

2800 exemplares

IMAGEM NA CAPA

Ananás

Uhomate

© 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

Jorge Manuel Canhoto (UNIVERSIDADE DE COIMBRA)

### 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

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)



MARÇO 2021

# V9/01

## ÍNDICE

- |    |   |    |   |
|----|---|----|---|
| 02 | AGENDA  | 26 | Planária<br>Hugo Ferradeira de Faria  |
| 03 | NOTÍCIAS  | 30 | Coleções biológicas<br>Joaquim Santos <i>et al.</i>                                     |
|    | EDITORIAL   | 33 | Máximo divisor comum<br>João Nuno Tavares, Ângela Geraldo                               |
| 05 | Divagações de um biólogo<br>Jorge Manuel Canhoto                                | 36 | Fruto<br>Jorge Canhoto  |
|    | BIOGRAFIA   | 41 | Camarinhas na alimentação e<br>na saúde<br>Maria João Barroca, Aida Moreira<br>da Silva |
| 07 | Francis Crick<br>Raquel Gonçalves-Maia  |    | NOTÍCIAS EDUCATIVAS   |
|    | ARTIGOS   | 45 | Roteiro das Minas<br>Joana Rodrigues  |
| 10 | O Sistema Internacional de<br>Unidades (SI)<br>Clara Magalhães                  |    | IMAGEM EM DESTAQUE  |
| 14 | Solitões<br>Cláudio Gomes   | 48 | Vagueando pela Mata<br>Paulo Farinha Marques, José Pissarra                             |
| 18 | Lugares Geológicos da Nova<br>Escócia<br>Luís Vítor Duarte, Ricardo Louro Silva |    |   |
| 22 | As algas na alimentação<br>Leonel Pereira                                       |    |   |

**02/09**  
**e 03/09**<sup>(2021)</sup>

II Encontro Temático da Casa das Ciências  
Água, um tema transversal

Na sequência do sucesso do Encontro Temático realizado em Viana do Castelo em abril de 2019, vamos repetir o evento, agora em Estremoz, com um programa semelhante. Serão dois dias de trabalho seguidos de uma saída de campo (opcional) no sábado, 4 de setembro, acreditados com 15h e 6h, respetivamente. O tema permite tratar a água numa perspetiva multidisciplinar envolvendo a Física a Química, a Biologia e a Geologia. A saída de campo também focará estas diferentes visões, sendo sempre acompanhada.

Esteja atento à reabertura das inscrições.

CENTRO DE CIÊNCIA VIVA DE ESTREMOZ

[WWW.CASADASCIENCIAS.ORG/ESTREMOZ2020](http://WWW.CASADASCIENCIAS.ORG/ESTREMOZ2020)



**14/07**  
**a 16/07**<sup>(2021)</sup>

VII Encontro Internacional da Casa das Ciências  
Clima e Sustentabilidade

O Encontro Internacional da Casa das Ciências regressa ao Porto em 2021 num formato próximo do que já é bem característico da Casa das Ciências. À componente plenária, juntamos pelo menos 2/3 do tempo de formação em pequenos grupos de cerca de 20 pessoas para melhor contacto com os formadores.

Esteja atento à abertura das inscrições!

PORTO, ISEP-IPPORTO

[WWW.CASADASCIENCIAS.ORG/7ENCONTROINTERNACIONAL/](http://WWW.CASADASCIENCIAS.ORG/7ENCONTROINTERNACIONAL/)



Medidas COVID-19: A Casa das Ciências mantém os padrões de qualidade dos seus encontros, não dispensando oficinas presenciais. Mantemos o agendamento do VII Encontro Internacional e do II Encontro Temático, mas só abriremos as inscrições quando houver uma razoável segurança em relação à sua realização.

---

## O RNA extracelular

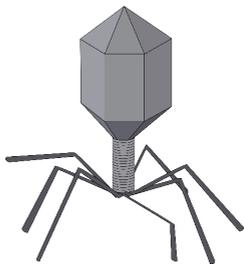


FIGURA 1. Bacteriófago.

O RNA desempenha funções extremamente importantes, quer do ponto de vista estrutural, fazendo parte dos ribossomas, quer no processo de síntese proteica, através de outros dois tipos de RNA: o RNA mensageiro e o RNA de transferência. Recentemente demonstrou-se que pequenas moléculas de RNA (microRNAs) estão envolvidas no controlo da expressão de genes que controlam mecanismos de desenvolvimento importantes. Todas estas funções decorrem no interior da célula, no citoplasma ou no núcleo. Torna-se assim ainda mais surpreendente o facto de vários autores terem demonstrado que existem moléculas de RNA fora das células (RNA extracelular, exRNA), protegidas por uma camada lipídica que no seu conjunto se designam por exossomas (*Scientific American*, Agosto 2020). A sua função é ainda, em grande parte, desconhecida, mas diferentes grupos de investigação tentam perceber o que leva as células a libertar os exossomas e qual o seu papel em mecanismos tão variados como a proliferação de células cancerígenas ou, no caso das plantas, o combate a fungos patogénicos e a compreensão dos mecanismos de enxertia. O seu estudo pode

também permitir desenvolver mecanismos mais eficazes de introdução de RNA ou DNA nas células com o objetivo de curar doenças genéticas (terapia génica).

---

## O viroma humano



FIGURA 1. Vírus.

Talvez um pouco fartos de más notícias sobre vírus esquecemos o seu papel positivo. Os humanos, à semelhança de outros organismos, bactérias incluídas, são suscetíveis a infeções por vírus, daí resultando uma valente gripe, ou algo mais sério, como uma infeção pelo vírus do Ébola. Os vírus podem existir nas células ou parasitar bactérias que cada um de nós possui, em número 10 vezes superior ao das células e que são, no seu conjunto, designadas por microbiota. Estes vírus constituem o nosso viroma. Neste contexto, a máxima de Ortega Y Gasset, segundo a qual “o homem é ele próprio e a sua circunstância”, talvez possa ser adaptada para “o homem é ele próprio e o seu viroma”. A descoberta (David Pride, Universidade da Califórnia, *Scientific American*, Dezembro 2020), de que pessoas que coabitam possuem no seu corpo cerca de 25% de vírus comuns mostra, não apenas que cada ser humano possui um viroma único, mas também que

esse viroma evolui com o tempo e com o modo de vida. Estas descobertas podem ser muito interessantes em análises forenses permitindo determinar se pessoas partilharam o mesmo espaço. Outro dado curioso é que a diversidade do viroma é menor em países ocidentais, como nos EUA ou países Europeus, do que noutros países, o que pode estar relacionado com a alimentação. O papel do viroma está longe de ser conhecido, mas muitos autores consideram que os vírus podem ser importantes no controlo de bactérias patogénicas.

---

## Células sintéticas



FIGURA 1. Mitose em células do ápice da raiz da cebola (fonte: banco de imagens Casa das Ciências).

Mas as que há não chegam? Esta pode ser a pergunta que nos vem à cabeça quando ouvimos falar de células sintéticas. Se a biodiversidade celular já é tão grande qual o interesse de termos células criadas em laboratório? E para que servem, afinal? As células eucariotas são entidades complexas, com um grande número de organitos, e onde inúmeras reações decorrem simultaneamente, o que torna difícil analisar mecanismos celulares e moleculares subjacentes a determinadas

funções celulares. Assim, o objetivo dos cientistas é criar sistemas mais simples, onde determinados mecanismos possam ser estudados isoladamente. Do ponto de vista evolutivo, estes sistemas simplificados podem também ajudar a compreender o aparecimento das células e muitas empresas biotecnológicas pensam na sua utilização industrial. Craig Venter, conhecido, entre outras coisas, pela sua participação na sequenciação do genoma humano, foi um pioneiro na criação de células sintéticas, remontando os primeiros trabalhos a 2008, através da manipulação de bactérias do género *Mycoplasma* e que levaram, em 2016, à obtenção da primeira “célula mínima”, designada JCVI-syn3.0, com apenas 473 genes. É discutível que este tipo de entidade possa ser considerado uma célula sintética, mas desde estes trabalhos pioneiros, numerosos grupos de investigação têm tentado obter verdadeiras células sintéticas. A receita parece simples: vesículas lipídicas (lipossomas), material genético no interior e uma maquinaria celular capaz de assegurar a replicação do DNA e a sua distribuição por duas “células” filhas. Trabalhos recentes (Universidade de Delft, Holanda) mostraram que um genoma artificial contendo 4 genes do fago  $\Phi 29$  é capaz de se replicar em vesículas fosfolipídicas. O futuro é capaz de não estar assim tão longe (<https://doi.org/10.1038/s41467-018-03926-1>).

---

# Divagações de um biólogo

No dia em que escrevo este editorial (5 de fevereiro) espreito o computador e vejo, no *Our World in Data* (<https://ourworldindata.org>), que Israel já vacinou mais de 60% das pessoas. Para um país com uma população semelhante à portuguesa, não é coisa pouca. Também os EUA e o Reino Unido vacinam a bom ritmo.

Se nos lembrarmos que esta pandemia surgiu há pouco mais de um ano, e que daí para cá foi possível obter uma vacina e começar a utilizá-la, não podemos deixar de nos espantar com o génio humano. Como diria o velho W. Churchill, *never was so much owed by so many to so few*.

A vacina da Pfizer/BioNTech, baseada na introdução de RNAm em células humanas, faz de nós organismos geneticamente modificados (OGMs). Ainda há bem pouco tempo ouvir falar-se de OGMs era algo que deixava os governos europeus à beira de um ataque de pânico. Nada como a dura realidade para nos trazer de volta à racionalidade. Esperemos que não seja necessária uma catástrofe na produção de alimentos para que, também nas plantas, os OGMs possam ser aceites na Europa.

A pandemia mostrou a importância da ciência e da medicina. Onde estão os defensores do movimento anti-vacina? É possível curar a Covid com duas infusões, ventosas e reflexologia? Há filas de ambulâncias nas clínicas de medicina alternativa? Tudo indica que não. Se provas fossem necessárias de que a população confia na ciência bastaria atentarmos em mais um milagre, também ele português: o da adesão à vacinação. A necessidade aguça o engenho e todos os argumentos são válidos para dar uma pica no marido, pasteleiro, autarca ou transeunte que vagueie perto de um lar.

Indiferente ao confinamento, a ciência avança. E a RCE também. Este é o 29º número de um projeto que caminha para o 8º ano. No seu objetivo de divulgar a ciência, nele podemos encontrar temas como uma biografia de F. Crick, os solitões, as novas definições do SI e, para os mais esquecidos, o velho “máximo divisor comum”. Visitas à Nova Escócia ou por minas do nosso país estão incluídas, com bilhete grátis.

A importância da planária como um sistema modelo para o estudo da regeneração, a relevância das coleções biológicas, bem como o uso das algas na alimentação são

outros temas abordados. No Ano Internacional dos Frutos e Legumes (<http://www.fao.org/webcast/home/en/item/5444/icode/>) vem a propósito um artigo sobre as camarinhas, pérolas à beira-mar, e outro sobre... os frutos. Embora sem frutificar, a árvore que vagueia pela mata (do Bussaco), observada na perspectiva de um arquiteto paisagista e de um biólogo, impressiona pela sua forma e estoicismo.

No fim, o princípio. A capa. Criada pela empresa americana Uhomate, é um ananás havaiano, à luz das cores de Van Gogh. Arte, ciência e comida, uma combinação perfeita para um ano que se deseja de regresso ao passado.

Leiam. Como se diz por aí, ler é o melhor remédio.

Jorge Manuel Canhoto

Editor Convidado

---

# Francis Crick

Raquel Gonçalves-Maia

DQB/ Universidade de Lisboa

**Francis Harry Compton Crick (1916–2004) foi físico, químico, bioquímico e neurobiólogo britânico. A história da ciência reconhece-o como um dos grandes decifreadores da estrutura do DNA, o ácido desoxirribonucleico, a molécula que contém as instruções genéticas. Em 1962 recebeu o Prémio Nobel da Fisiologia ou Medicina “pelas suas descobertas sobre a estrutura molecular dos ácidos nucleicos e o seu significado para a transferência de informação na matéria viva”, em partilha com James Watson (n. 1928) e Maurice Wilkins (1916-2004). Crick estudou o código genético, a relação do DNA e do RNA, entre si e com as proteínas. Dedicou-se ainda ao estudo da organização das células do sistema nervoso que processam a informação e medeiam o comportamento.**

Os pais de Francis Crick foram Harry Crick e Annie Elizabeth Wilkins. Teve um irmão, Anthony (Tony) Crick, dois anos mais novo. A família residia em Weston Favell, no condado de Northampton, Reino Unido. Desde cedo que Francis aprendeu a fazer explodir garrafas com misturas de substâncias químicas armadilhadas com circuitos elétricos que manipulava à distância. Ciência não fazia parte das conversas familiares, nem se conhecia ascendente que se tivesse dedicado a tema científico. Francis, porém, veio a descobrir que o seu avô paterno, Walter Drawbridge Crick fora naturalista amador. Correspondera-se com Charles Darwin e duas espécies de fósseis gastrópodes ostentam o seu nome – *Mathilda Cricki* e *Trochus Cricki*.

Francis frequentou a *Northampton Grammar School* e, mais tarde, como aluno interno, a *Mill Hill School*, onde ganhou a alcunha de “*Crackers*” – o “fogueto explosivo e ruidoso”. De raciocínio muito rápido, detestava repetições e só estudava matérias que gostava. Falhou a entrada nas Universidade de Oxford e de Cambridge e ingressou no *University College London* (UCL). Aí terminou o curso de física (e matemática, como segunda disciplina) em 1937; em seguida, enveredou pela pós-graduação com vista à obtenção do Ph.D., tendo por orientador Edward Neville da Costa Andrade (1887-1971).

O avanço da Segunda Guerra Mundial fecha as portas dos laboratórios da UCL e uma das bombas lançadas sobre Londres destrói o dispositivo experimental de Crick. No “esforço de guerra”, Francis Crick veio a integrar o poderoso grupo *Mine Design* liderado por (Sir)

Harrie Massey (1908-1983), e depois por (Sir) Edward Collingwood (1900-1970). Em pouco tempo, o grupo cria minas magnéticas e óticas; Crick concebeu mais de 100 diferentes circuitos de ativação.

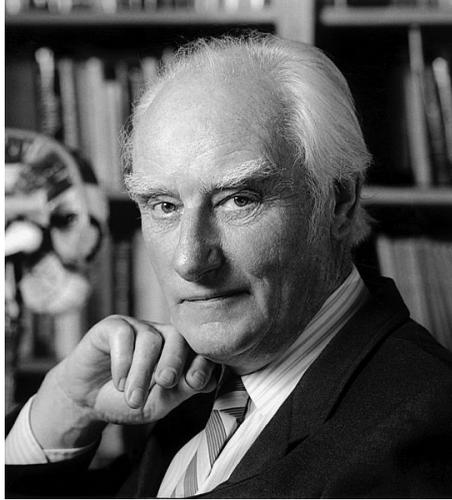


FIGURA 1. Francis Harry Compton Crick (≈1960).

Após terminar a guerra, o Almirantado contrata Francis Crick. Crick, porém, deseja investigação fundamental, em química e biologia moleculares. Ingressa no laboratório biomédico *The Strangeways Research Laboratory*, em Cambridge, e depois no *Medical Research Council Unit for Molecular Biology* do Laboratório Cavendish, liderado por (Sir) Lawrence Bragg (1890-1971).

O programa de investigação de Francis Crick, sob a supervisão de Max Perutz (1914-2002), envolvia o estudo da estrutura de proteínas por análise de raios X. Apresentou a tese à Universidade de Cambridge em 1953.

Entretanto, em 1951, o grupo de Max Perutz recebeu o jovem norte-americano James Watson em pós-doutoramento. Watson trouxe para Cambridge a hipótese da molécula de DNA ser portadora da informação genética. Crick encorajou a ideia, mas deduziu que era necessário desvendar a estrutura 3D para confirmar o papel do DNA na hereditariedade.

Ao tempo, dois grupos de investigação, um no Reino Unido e outro nos EUA, estudavam a estrutura do DNA. Em Londres, no *King's College*, Rosalind Franklin (1920-1958) e Maurice Wilkins do grupo de (Sir) John Randall (1905-1984); e, em Pasadena, o grupo de Linus Pauling (1901-1994). Uma forte polémica envolve a transmissão de resultados de investigação de Londres para Cambridge, no que respeita à interpretação de diagramas de difração de raios X do DNA obtidos por Franklin.

Modelos estruturais do DNA foram construídos por Crick e Watson com placas de metal

e arame. Em 7 de março de 1953, um modelo helicoidal encaixou na perfeição as bases adenina – A , citosina – C , guanina – G e timina – T (e sua paridade A-T e C-G), o açúcar de-oxirribose e os grupos fosfato. O primeiro grande segredo da vida fora revelado. Em 1962, o Prémio Nobel da Fisiologia ou Medicina foi outorgado a Francis Crick, James Watson e Maurice Wilkins “pelas suas descobertas sobre a estrutura molecular dos ácidos nucleicos e o seu significado para a transferência de informação na matéria viva”.

Nas décadas seguintes, Francis Crick, em colaboração com Sydney Brenner (1917-2019), propôs uma sistematização do processo de “tradução” do DNA em proteínas, a codificação dos seus aminoácidos – uma referência na história da biologia molecular.

Em 1977, Francis Crick rumou ao *Salk Institute for Biological Studies* na Califórnia. A *black box* que é o cérebro e os mecanismos da consciência retiveram a sua atenção. Veio a falecer em julho de 2004 de cancro do cólon.

Em 1959, Crick foi eleito *Fellow* da *Royal Society of London*. Recusou honras e graus honoríficos, incluindo o título de *Sir*; mas aceitou a *Order of Merit*, em 1991. Foi atribuído o seu nome ao instituto de investigação nascido em 2016 – *The Francis Crick Institute*, dedicado à compreensão da biologia fundamental subjacente à saúde e à doença.

Francis Crick casou em 1936 com Ruth Doreen Dodd. Tiveram um filho, Michael Francis Compton, em 1940. Em 1946 o casamento acabou em divórcio. Crick casa de novo, em 1949, com Odile Speed. Duas filhas nasceram deste segundo casamento: Gabrielle Anne (n. 1951) e Jacqueline Marie-Therese (1954-2011).

Francis Crick “foi uma inspiração e uma pedra-de-toque para aqueles que se apaixonaram por descobrir as respostas às questões mais fundamentais sobre a base biológica da vida e do pensamento” – palavras de Kindra Crick, bióloga molecular e escultora, neta de Francis Crick.

---

# O Sistema Internacional de Unidades (SI)

Clara Magalhães

UNSW Sydney/ IUPAC/ CICECO/ Universidade de Aveiro

As definições das unidades do Sistema Internacional de Unidades (SI) assentam em sete unidades de base para as quais há novas definições para a unidade de base da massa, o quilograma, e a unidade de base da quantidade de matéria, a mole, que passaram a vigorar internacionalmente a partir de 20 de maio de 2019. A tradução portuguesa oficial foi fixada pelo Decreto-Lei nº 76/2020 de 25 de setembro.



As novas definições das unidades de base (unidades fundamentais), pretendem criar um sistema coerente que assenta nos valores exatos de sete constantes universais que são, por definição, invariáveis e imutáveis. Os valores exatos das constantes universais fixados em acordo com os valores, anteriormente, determinados experimentalmente em diversos laboratórios internacionais de metrologia através das melhores técnicas disponíveis, foram definidos pelo Comité de Dados para a Ciência e Tecnologia (CODATA) e adotados pela 26ª reunião da Conferência Geral de Pesos e Medidas (CGPM), que se reuniu em Versailles de 13 a 16 de novembro de 2018.

Na TABELA 1 apresentam-se as sete constantes universais, os respetivos símbolos, os valores fixados como exatos, pelo que não têm qualquer incerteza associada, e a respetiva unidade.

TABELA 1. Constantes universais, respetivos símbolos, valores numéricos exatos e unidades.

Constante Universal	Símbolo	Valor numérico	Unidade
Frequência da transição hiperfina do estado fundamental do átomo de $^{133}\text{Cs}$ não perturbado	$\Delta\nu_{\text{Cs}}$	9 192 631 770	Hz
Velocidade da luz no vazio	$c$	299 792 458	$\text{m s}^{-1}$
Constante de Planck	$h$	$6,626\ 070\ 15 \times 10^{-34}$	J s
Carga elementar	$e$	$1,602\ 176\ 634 \times 10^{-19}$	C
Constante de Boltzmann	$k$	$1,380\ 649 \times 10^{-23}$	$\text{J K}^{-1}$
Constante de Avogadro	$N_{\text{A}}$	$6,022\ 140\ 76 \times 10^{23}$	$\text{mol}^{-1}$
Eficácia luminosa	$K_{\text{cd}}$	683	$\text{lm W}^{-1}$

Estas constantes universais foram escolhidas de modo a que cada unidade de base possa ser definida a partir destas constantes ou a partir de produtos ou quocientes dessas constantes. Entre as unidades hertz (Hz), joule (J), coulomb(C), lúmen (lm) e watt (W) e as unidades segundo (s), metro (m), quilograma (kg), ampere (A), kelvin (K), mole (mol) e candela (cd) existem as relações seguintes:

$$\begin{aligned} \text{Hz} &= \text{s}^{-1} & \text{J} &= \text{kg m}^2 \text{s}^{-2} & \text{C} &= \text{A s} \\ \text{lm} &= \text{cd m}^2 \text{m}^{-2} = \text{cd sr} & (\text{sr} &= \text{m}^2 \text{m}^{-2} \text{ é o esterradiano}) & \text{W} &= \text{kg m}^2 \text{s}^{-3} \end{aligned}$$

Na TABELA 2 apresentam-se as sete grandezas fundamentais, respetivas unidades de base, símbolos das unidades e as constantes universais a partir das quais se define diretamente a respetiva unidade de base.

TABELA 2. Grandezas fundamentais (símbolos das grandezas), suas unidades de base, símbolos das unidades e constantes universais com que se definem as unidades de base.

Grandeza (símbolo)	Unidade	Símbolo	Constante universal
Tempo ( $t$ )	segundo	s	frequência da transição hiperfina do átomo de $^{133}\text{Cs}$
Comprimento ( $L, r, \dots$ )	metro	m	velocidade da luz no vazio
Massa ( $m$ )	quilograma	kg	constante de Planck
Corrente elétrica ( $I, i$ )	ampere	A	carga elementar
Temperatura termodinâmica ( $T$ )	kelvin	K	constante de Boltzmann
Quantidade de matéria ( $n$ )	mole	mol	constante de Avogadro
Intensidade luminosa ( $I_v$ )	candela	cd	eficácia luminosa

## Definições das unidades de base

Todas as definições estão redigidas com um formato semelhante – primeiro indica-se para cada grandeza física qual a unidade de base e respetivo símbolo. Numa outra frase define-se a relação entre a unidade de base e a constante universal com a qual se relaciona e como se relaciona. Como se pode ver pelo texto há uma certa ordenação na definição das unidades das várias grandezas, uma vez que algumas delas necessitam de mais do que uma constante universal para a sua definição.

### Unidade de tempo

O segundo, símbolo s, é a unidade de tempo do SI. Define-se tomando o valor numérico fixado da frequência do céσιο,  $\Delta\nu_{Cs}$ , a frequência da transição hiperfina do estado fundamental do átomo de céσιο-133 não perturbado, igual a 9 192 631 770, quando expressa na unidade hertz, que é igual a  $s^{-1}$ .

Esta definição implica a relação exata:  $\Delta\nu_{Cs} = 9\,192\,631\,770\text{ Hz}$  ou  $\Delta\nu_{Cs} = 9\,192\,631\,770\text{ s}^{-1}$ .

Um segundo é o tempo que demoram 9 192 631 770 períodos da radiação resultante da transição entre dois níveis hiperfinos do estado fundamental do átomo  $^{133}\text{Cs}$  não perturbado.

### Unidade de comprimento

O metro, símbolo m, é a unidade de comprimento do SI. Define-se tomando o valor numérico fixado da velocidade da luz no vázuo,  $c$ , igual a 299 792 458, quando expressa na unidade  $\text{m s}^{-1}$ , sendo o segundo definido em função de  $\Delta\nu_{Cs}$ .

Esta definição implica a relação exata:  $c = 299\,792\,458\text{ m s}^{-1}$ .

Um metro é o comprimento percorrido pela luz no vázuo no intervalo de tempo de  $1 / 299\,792\,458$  do segundo.

### Unidade de massa

O quilograma, símbolo kg, é a unidade de massa do SI. Define-se tomando o valor numérico fixado da constante de Planck,  $h$ , igual a  $6,626\,070\,15 \times 10^{-34}$ , quando expressa na unidade J s, que é igual a  $\text{kg m}^2 \text{s}^{-1}$ , sendo o metro e o segundo definidos, respetivamente, em função de  $c$  e  $\Delta\nu_{Cs}$ .

Esta definição implica a relação exata:  $h = 6,626\,070\,15 \times 10^{-34}\text{ kg m}^2 \text{s}^{-1}$ .

A definição de quilograma só é possível em função da constante de Planck.

### Unidade de corrente elétrica

O ampere, símbolo A, é a unidade de corrente elétrica do SI. Define-se tomando o valor numérico fixado da carga elementar,  $e$ , igual a  $1,602\,176\,634 \times 10^{-19}$ , quando expressa na unidade C, que é igual a A s, sendo o segundo definido em função de  $\Delta\nu_{Cs}$ .

Esta definição implica a relação exata:  $e = 1,602\,176\,634 \times 10^{-19}\text{ A s}$ .

Um ampere é a corrente elétrica correspondente ao fluxo de  $1 / (1,602\ 176\ 634 \times 10^{-19})$  cargas elementares por segundo.

### Unidade de temperatura termodinâmica

O kelvin, símbolo K, é a unidade de temperatura termodinâmica do SI. Define-se tomando o valor numérico fixado da constante de Boltzmann,  $k$ , igual a  $1,380\ 649 \times 10^{-23}$ , quando expressa na unidade  $\text{J K}^{-1}$ , que é igual a  $\text{kg m}^2 \text{s}^{-2} \text{K}^{-1}$ , sendo o quilograma, o metro e o segundo definidos, respetivamente, em função de  $h$ ,  $c$  e  $\Delta\nu_{\text{Cs}}$ .

Esta definição implica a relação exata:  $k = 1,380\ 649 \times 10^{-23} \text{ kg m}^2 \text{ s}^{-2} \text{ K}^{-1}$ .

Um kelvin é igual à variação da temperatura termodinâmica que resulta da variação de  $1,380\ 649 \times 10^{-23} \text{ J}$  na energia térmica  $kT$ .

### Unidade de intensidade luminosa

A candela, símbolo cd, é a unidade de intensidade luminosa do SI numa dada direção. Define-se tomando o valor numérico fixado da eficácia luminosa de uma radiação monocromática de frequência  $540 \times 10^{12} \text{ Hz}$ ,  $K_{\text{cd}}$ , igual a 683, quando expressa na unidade  $\text{lm W}^{-1}$ , que é igual a  $\text{cd sr W}^{-1}$  ou  $\text{cd sr kg}^{-1} \text{ m}^{-2} \text{ s}^3$ , sendo o quilograma, o metro e o segundo definidos, respetivamente, em função de  $h$ ,  $c$  e  $\Delta\nu_{\text{Cs}}$ .

Esta definição implica a relação exata:  $K_{\text{cd}} = 683 \text{ cd sr kg}^{-1} \text{ m}^{-2} \text{ s}^3$ .

Uma candela é a intensidade luminosa, numa dada direção, de uma fonte que emite uma radiação monocromática de frequência  $540 \times 10^{12} \text{ Hz}$  e cuja intensidade energética nessa direção é  $1/683 \text{ W/sr}$ .

### Unidade de quantidade de matéria

A mole, símbolo mol, é a unidade de quantidade de matéria do SI. Uma mole contém exatamente  $6,022\ 140\ 76 \times 10^{23}$  entidades elementares. Este número é o valor numérico fixado da constante de Avogadro,  $N_{\text{A}}$ , quando expressa em  $\text{mol}^{-1}$  e é designado por "número de Avogadro".

A quantidade de matéria, símbolo  $n$ , de um sistema é uma representação do número de entidades elementares especificadas. Uma entidade elementar pode ser um átomo, uma molécula, um ião, um eletrão, ou qualquer outra partícula ou agrupamento especificado de partículas.

Esta definição implica a relação exata:  $N_{\text{A}} = 6,022\ 140\ 76 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ .

Uma mole é a quantidade de matéria de um sistema que contém  $6,022\ 140\ 76 \times 10^{23}$  das entidades elementares especificadas.

# Solitões

Cláudio Gomes

CFP/ Universidade dos Açores

Um solitão é um tipo de onda que resulta de um equilíbrio entre o efeito de não linearidade e o de dispersão/difração, sendo que mantém a sua forma e velocidade ao longo da trajetória, e preserva as suas características após colisão com outro solitão, a menos de uma mudança de fase.

Em agosto de 1834, o engenheiro escocês John Scott Russell observava uma embarcação em movimento no estreito Canal da União, perto de Edimburgo na Escócia. Ao longo dessa trajetória, formou-se uma ligeira elevação de água na frente da proa. E quando esta pequena embarcação parou, Russell verificou que essa onda na proa se propagava sempre em frente mantendo a sua forma e velocidade sem aparente atenuação. Esta situação contrastava com a experiência de senso comum de quando se atira uma pedra num lago, por exemplo, na qual a onda formada vai perdendo amplitude ao longo do seu percurso. A este tipo de onda designou “onda de translação”. Bastante intrigado com esse fenómeno, procurou sistematizar a informação num artigo dez anos mais tarde à primeira observação, tendo concluído quatro importantes características:

1. São ondas que apresentam a forma de uma secante hiperbólica (FIGURA 1) (notemos que  $\operatorname{sech}(x) = \frac{2}{e^x + e^{-x}}$ );

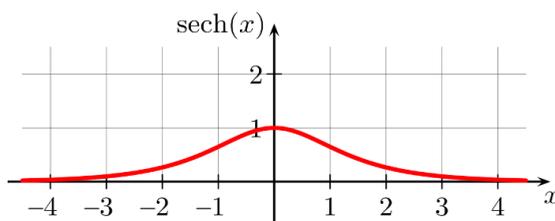


FIGURA 1. Representação gráfica de uma função secante hiperbólica.

2. Uma quantidade considerável de água inicial pode produzir duas ou mais “ondas de translação” próximas e independentes ao longo do tempo;
3. Após colisões, preservam as suas características iniciais;

4. Num canal superficial de altura  $h$  em relação ao fundo, uma "onda de translação" de altura  $A$  percorre a sua trajetória com velocidade igual a  $\sqrt{g(A+h)}$ , em que  $g$  é a aceleração gravitacional. Devido à não linearidade da onda, essa fórmula mostra que ondas de maior amplitude apresentam maior velocidade.

Passaram-se anos, após esta observação, até que houvesse interesse da comunidade científica neste fenómeno. Assim, em 1871, Boussineq e, em 1876, Rayleigh produziram trabalhos que mostraram que a forma permanente da onda se devia a uma compensação entre o efeito do aumento da velocidade local da onda em função da altura desta e o efeito da diminuição da amplitude associada à dispersão.

Todavia, somente em 1895, os neerlandeses Diederick Korteweg e Gustav de Vries derivaram uma equação diferencial não linear às derivadas parciais, conhecida como Korteweg-de Vries (KdV), cuja solução é um solitão, e que pode descrever o fenómeno observado por Russell:

$$\frac{d\phi}{dt} + \frac{d^3\phi}{dx^3} + 6\phi\frac{d\phi}{dx} = 0,$$

onde o primeiro termo representa a variação temporal da onda que é dada pelo equilíbrio entre a dispersão patente na aceleração da variação espacial do segundo termo e a não linearidade expressa no terceiro termo. Esta equação tem como solução uma onda cnoidal (FIGURA 2) com a seguinte forma:  $\phi(x, t) = \frac{\nu}{2} \operatorname{sech}^2\left(\frac{\sqrt{\nu}}{2}(x - x_0 - \nu t)\right)$ , onde  $\nu$  é a velocidade de propagação da onda.



FIGURA 2. Representação gráfica de diferentes ondas a propagar-se segundo um dado eixo/direção: A) Onda Linear. B) Onda Cnoidal. C) Onda Solitária.

De facto, a não linearidade é responsável por pontos diferentes da onda propagarem-se com velocidade diferente dependente da sua altura, ao passo que a dispersão é responsável pelo espreamento da onda, e por diferentes comprimentos de onda viajarem a velocidades diferentes (FIGURA 3).

Posteriormente, em 1965 surgem soluções numéricas de solitões por Norman Zabusky e Martin Kruskal e é nesta altura que o termo solitão é inventado. Segundo estes, um solitão é um pulso coerente de larga amplitude ou uma onda solitária muito estável, sendo a solução de uma equação de onda, e cuja forma e velocidade não são alteradas pela coli-

são com outras ondas solitárias. Notemos, contudo, que após a colisão entre dois solitões, pode haver uma mudança na fase na função de onda.

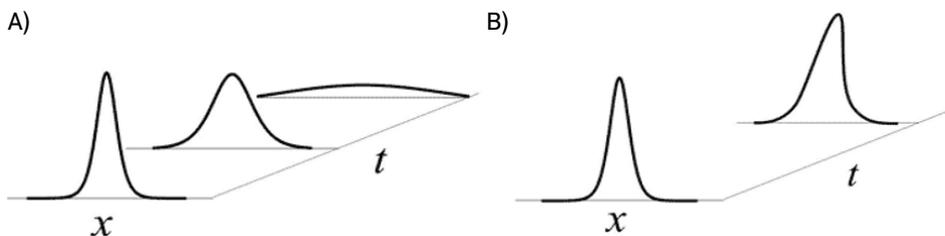


FIGURA 3. A) Diminuição da amplitude de uma onda fruto da dispersão ao longo do tempo. B) Evolução temporal de uma onda não-linear, em que pontos diferentes da onda têm velocidades diferentes.

De facto, esta equação diferencial não só descreve as ondas observadas por Russell, como também pode ser aplicada a inúmeros outros problemas, como a modelação da pressão sanguínea, ou da Grande Mancha de Júpiter ou até da matéria escura nas galáxias e enxames de galáxias, para citar alguns.

Mas o seu ramo de aplicações não termina aqui. Existem outras equações cujas soluções podem ser ondas solitárias, como é o caso da equação de Burgers utilizada em contextos de mecânica de fluidos, acústica não linear ou fluxo de trânsito, e que a uma dimensão espacial é escrita como:

$$\frac{\partial \psi}{\partial t} + \psi \frac{\partial \psi}{\partial x} = \sigma \frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2},$$

em que  $\sigma$  é o coeficiente de difusão (ou viscosidade cinemática como no artigo original).

Outro exemplo de uma equação cuja solução resulta na descrição de um solitão é o da equação de Schrödinger com um termo potencial quadrático, a denominada equação de Schrödinger não linear, que, após uma redefinição de variáveis, pode apresentar-se na seguinte forma:

$$i \frac{\partial q}{\partial \zeta} \pm \frac{1}{2} \frac{\partial^2 q}{\partial \lambda^2} + |q|^2 q = 0$$

em que os sinais + e – correspondem às dispersões anómala e normal, respetivamente. Daqui podem surgir solitões óticos claros e escuros, como apresentados na FIGURA 4. Em particular, este tipo de solitões ocorrem em condensados de Bose-Einstein em que a maioria dos átomos ao arrefecer apresentam uma sobreposição dos seus comprimentos de onda individuais e comportam-se identicamente.

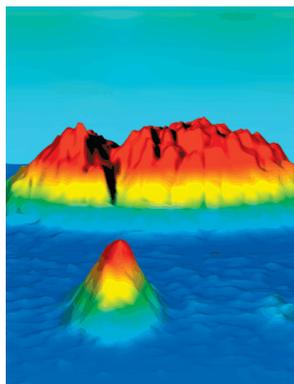


FIGURA 4. Representação gráfica de solitões claro ("ilha que se propaga") e escuro ("depressão/ausência de luz no continente") em condensados de Bose-Einstein.

Na realidade, em Ótica Não Linear existem muitos exemplos de ondas solitárias, desde ondas envelope dispersivas de campos elétricos em fibras óticas, a pulsos óticos em *arrays* e cristais fotorrefrativos. Em particular, quando o efeito da não linearidade é compensado pela difração diz-se que temos ondas solitárias espaciais, ao passo que quando a não linearidade é balanceada pela dispersão diz-se que as ondas solitárias são temporais. Existe, todavia, um terceiro caso: as ondas solitárias espaço-temporais em materiais não lineares de segunda ordem, em que simultaneamente existe um fenômeno de difração pela modulação de auto-foco e um de dispersão por modulação em fase.

Também existem solitões topológicos em modelos de teoria de cordas quânticas e de supergravidade, como em D-branas e NS-branas, ou em defeitos em paredes de domínio e cordas cósmicas.

É também muito relevante referir-se que as ondas solitárias, e os solitões, são ubíquos na Natureza e nas nossas vivências comuns. Por exemplo, podemos produzir ondas solitárias nos canais de lava-pés ao lado de piscinas, ou podemos encontrar outros exemplos nos *tsunamis* e nos furacões. As galáxias espirais são um exemplo de ondas solitárias em vértice, isto é, podemos imaginar um cone, em que o disco galáctico assenta na base, e o movimento de rotação da galáxia preserva as características da mesma. Na biologia, por exemplo, os golfinhos produzem anéis de ar debaixo de água que se propagam mantendo as suas características iniciais. Uma aplicação humana antiga são os anéis de fumo produzidos por tribos de índios como forma de comunicação a longa distância.

Assim, apesar de serem soluções especiais, as ondas solitárias e os solitões são fenômenos muito comuns na Natureza.

---

# Lugares Geológicos da Nova Escócia

Luís Vítor Duarte\*, Ricardo Louro Silva †

\* Universidade de Coimbra/ MARE/ DCT-FCT

† Trinity College Dublin/ DG/ ECN/ ICRAIG

A pesca do bacalhau aproximou os portugueses do segundo maior país do mundo, em termos de território, o Canadá. Concretamente, da sua porção mais nordestina: a Terra Nova, banhada pela corrente fria de Labrador. Mas as relações entre os dois territórios, hoje delimitados pelo Oceano Atlântico, remontam há mais de 200 milhões de anos, quando ambos faziam parte da mega Pangeia, no tempo em que a costa leste americana colava com a correspondente do lado oeste europeu. Quando os dinossauros, acabados de aparecer - fazendo confiança nos seus primeiros fósseis, no Triásico -, circulavam livremente por aquilo que são hoje dois continentes perfeitamente individualizados. Mais tarde, durante o Jurássico, quando ainda colada aos terrenos canadianos, a Península Ibérica - em alguns instantes geológicos mais quentes -, se tornou mesmo na *Jangada de Pedra de Saramago*. Remontam a esse tempo os registos fossilíferos (amonites e belemnites), de origem marinha, que abundam pela zona costeira e, em grande parte, no centro-oeste de Portugal. Rochas sedimentares que a lógica da tectónica de placas - mais tarde responsável pela génese do Atlântico, e pelos efeitos da tectónica regional -, não deixou que grande parte dos terrenos jurássicos, então formados, sejam agora observados do outro lado do oceano. Desta vez, a nossa visita geológica situa-se um pouco mais a sul da Terra Nova, na contígua, mas igualmente pouco habitada, Nova Escócia (FIGURA 1).

Pelas razões (geológicas) acima apontadas, grande parte dos terrenos meso-cenozoicos, distintamente bem registados e aflorantes na África e Europa Ocidental, estão soterrados no *offshore* da costa leste do Canadá - na chamada *Scotian Basin* - e, por isso escondidos, pelo que os motivos a partilhar nesta crónica serão outros. Foram selecionados três locais, dois deles envolventes da Baía de Fundy, que corresponde a uma das regiões do mundo onde se observam as maiores amplitudes de maré.



FIGURA 1. Localização dos pontos propostos de observação geológica na Nova Escócia (Canadá).

Algo que, por si só, merece tempo disponível para monitorizar as suas consequências sobre a zona costeira. Sempre por ordem estratigráfica, do mais antigo para o mais recente, e não pela ordem geográfica, passamos por Peggy's Cove, Joggins e *Five Islands Provincial Park* (FIGURA 1). Sítios que representam, de modo exemplar, outros tantos intervalos da história da Terra. E que, como veremos, ostentam um elevado valor geoturístico.

Peggy's Cove, situado a cerca de meia centena de quilómetros de Halifax, capital da província, é um lugar que suscitou tanta curiosidade como ansiedade, logo na primeira vez em que nos apercebemos da existência deste local, em viagem pelo canal televisivo *Travel*. Estamos na zona costeira atlântica, que mostra uma linha de costa intensamente recortada, fruto da invasão marinha que sucedeu à última fase glacial - ocorrida há cerca de 16 mil anos -, e que inundou antigos canais fluviais. Em termos puramente cartográficos, são várias as semelhanças com as rias galegas, que desenham a costa do outro lado do Atlântico, quase à mesma latitude. Mas, aparentemente, não é a geologia o principal ponto de atração de Peggy's Cove, mas sim, o seu farol, cuja imagem extravasa fronteiras, assim como toda a ambiência rústica e agreste do lugar, associada integralmente ao mar e ao mundo das pescas (FIGURA 2).

É tido como um dos faróis mais fotografados do Canadá, já que o seu porte estético lhe confere uma imagem de elegância e encanto intemporal. Mas, sejamos francos, a beleza do local é também marcada pela massa rochosa ígnea, plutónica, que sustenta o farol. Trata-se de uma das muitas espécies de granito, que o diagrama de Streckeisen diferencia como monzonítico.



FIGURA 2. O principal retrato de Peggy's Cove: o farol, imagem de marca do local, que se sobrepõe a corpo granítico de idade devónica.

Uma atribuição que resulta de uma simples contabilização modal ao microscópio dos seus componentes mineralógicos principais: quartzo, feldspato alcalino e plagioclase. Este tipo de granito, conhecido na região como monzogranito de Peggy's Cove, mostra uma cor relativamente escura, devido à presença apreciável de um mineral dito secundário, a biotite, um filossilicato, também designado de mica preta. Nesta rocha definem-se ainda alguns corpos estranhos - encraves -, provenientes da rocha encaixante que o magma, anteriormente à sua solidificação, absorveu, mas cuja temperatura não conseguiu fundir (FIGURA 3).

Este granito, inserido num corpo muito mais vasto – no batólito de *South Mountain* –, está datado de cerca de 380 a 370 milhões de anos, o que o encaixa no Período Devónico, em pleno Paleozoico. Estamos a 44° de latitude norte. Não tanto acima do posicionamento mais setentrional de Portugal e das rias galegas, já referenciadas. Mas, na Nova Escócia, os efeitos do frio são especialmente visíveis e sentidos, devido à influência da corrente gélida de Labrador, já que a corrente do Golfo, que irá aquecer o noroeste da Europa ocidental, circula muito para oriente. E são, precisamente, os efeitos do gelo no granito de Peggy's Cove, processos que têm sido dominantes nesta porção do globo na história quaternária, mais recente da Terra, que moldaram a rocha de tal maneira, como uma espécie de lixa ou rebarbadora, que conferem a beleza final ao farol tão carismático.

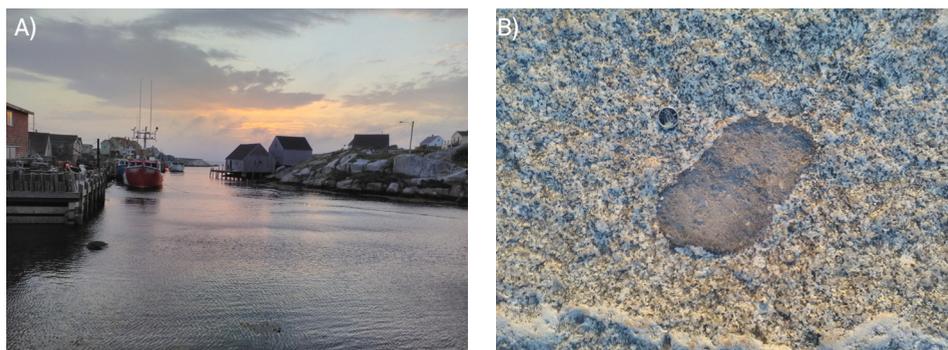


FIGURA 3. A) O pequeno porto existente no local, ladeado pela mesma rocha granítica. B) Detalhe do granito monzônico, biotítico e granatífero de Peggy's Cove, exibindo encaixe microgranular máfico.

Evidências adicionais da ação recente do gelo nas rochas são encontradas também através dos múltiplos exemplos de blocos erráticos, que se observam na paisagem (FIGURA 4). Parece estar encontrado um dos segredos do fascínio por Peggy's Cove. Que começa, desde logo, no próprio nome. Combinações mais que perfeitas.



FIGURA 4. Ação do gelo sobre o granito de Peggy's Cove, notando-se o efeito de abrasão e a ocorrência de bloco errático no centro da imagem (zona costeira de Peggy's Cove).

Atravessamos uma parte significativa da Nova Escócia para examinarmos um sítio geológico declarado como Património Mundial da UNESCO e localizado na Bacia de Cumberland: as arribas de Joggins, localizadas nas margens da Baía de Chignecto, um pequeno braço da grande Baía de Fundy (FIGURA 1). Um local que regista um dos exemplos mais espetaculares, à escala mundial, do Carbónico superior.

---

# As algas na alimentação

Leonel Pereira

Universidade de Coimbra/ MARE/ DCV

De entre as espécies da rica flora algológica da costa portuguesa, algumas podem ser utilizadas para consumo direto na alimentação humana, embora nenhuma seja atualmente colhida em larga escala e/ou comercializada para esse fim. A tradição europeia no que se refere a esse costume é praticamente nula e a expressão dos hábitos alimentares atuais pouco difere dos passados. Na Europa, só em períodos de fome (por exemplo, durante as Grandes Guerras) é que as algas foram consumidas por populações habitantes de locais mais próximo da costa. Para além das múltiplas aplicações, já abordadas e que se expandiram enormemente nos últimos 50 anos, tendo como base os ficolóides (agar, carragenanas e alginatos) - utilizados como espessantes na indústria alimentar, em sopas, conservas de carne, produtos lácteos e pasteleria - observa-se uma tendência para o aumento do consumo quer na América do Norte, quer também na Europa, particularmente em França.

Os critérios para a seleção das espécies comestíveis com valor comercial assentam, num primeiro plano, na textura e sabor de cada alga (mais do que no valor nutritivo) e, num segundo plano, na criação de novos hábitos alimentares, isto é, no valor calórico ou benéfico para a saúde. Em Portugal não existe legislação que regule este ramo alimentar uma vez que a pressão do mercado sobre estes produtos é ainda frágil, embora a procura de produtos dietéticos e macrobióticos e a diversificação dos hábitos alimentares esteja em franco crescimento.

Nesse contexto é importante dar a conhecer com mais detalhe as algas que potencialmente são comestíveis e presentes na flora portuguesa e, desta forma, alertar para um tipo de investimento sustentável, capaz de acompanhar as necessidades e as tendências do mercado.

## **Algas da flora portuguesa passíveis de integrarem a dieta humana**

As sociedades ocidentais vivem mergulhadas numa ilusória abundância e diversidade alimentar. Somos impedidos para o consumo sem regras ou cuidados alimentares e para a comida rápida, rica em calorias e gorduras insaturadas. As consequências de uma alimentação deste tipo (an-

tagónica à tradicional *slow food*, ou comida caseira e regional) onde a carência de nutrientes essenciais é evidente, traduzem-se em doenças relacionadas com a obesidade, e diabetes.

A questão que se coloca, chegados a este ponto de consciência, é simples — que aporte ou benefícios poderão trazer as algas marinhas à dieta humana, em termos de alimentação, gastronómicos ou dietéticos?

A resposta parece simples face ao conhecimento atual — representam exatamente o oposto ao conceito de *fast food*: um alimento natural, por enquanto silvestre e abundante, capaz de fornecer um elevado valor nutritivo, mas reduzido valor calórico. Pobres em gorduras, as algas marinhas possuem polissacarídeos que se comportam, na sua grande maioria, como fibras sem valor calórico. São pois um garante de sobrevivência, a que o ser humano, mais tarde ou mais cedo, irá recorrer, agora mais por capricho e curiosidade e mais tarde, por evidente necessidade. De facto, as algas representam um tesouro alimentar de elevado potencial. Da sua composição analítica destaca-se:

- Presença de minerais (oligoelementos) com valores cerca de dez vezes superiores aos encontrados nos vegetais terrestres, como no caso do ferro na *Himanthalia elongata* (Esparguete-do-mar) (FIGURA 1A)), ou, no caso do cálcio presente na *Undaria pinnatifida* (*Wakame*) (FIGURA 1B)) e no *Chondrus crispus* (“musgo irlandês”) (FIGURA 1G));
- Presença de proteínas que contêm todos os aminoácidos essenciais, constituindo um modelo de proteína de alto valor biológico;
- Presença de vitaminas em quantidades significativas, como a B<sub>12</sub>, ausente nos vegetais superiores;
- Presença de fibras em quantidades superiores ao encontrado na alface e semelhante à da couve;
- O seu baixo conteúdo em gorduras e valor calórico transforma-as em alimentos adequados para regimes de emagrecimento.

### Alguns exemplos de algas comestíveis comercializadas em Portugal

*Wakame* (*Undaria pinnatifida*) (FIGURA 1B)) - é uma alga castanha (Ochrophyta, Phaeophyceae), originária do Pacífico, que vive em águas profundas (até 25 m) e pode atingir 1,5 m de comprimento. Procedente, quase na totalidade, dos mares do Japão, Coreia e China (aquacultura, ou mais especificamente ficocultura), atinge um volume de produção anual de 500 mt (peso fresco).

Dulse (*Palmaria palmata*) (FIGURA 1C)) - é uma alga vermelha (Rhodophyta), tipicamente atlântica, de pequeno porte (até 50 cm), que vive em águas relativamente profundas, frias e agitadas. Esta é uma das mais belas algas vermelhas da nossa costa e foi a primeira espécie a ser referenciada historicamente como alimento humano. Atualmente usa-se fresca, no norte da Europa, como substituto de vegetais e seca como aperitivo e condimento.

Esparguete-do-Mar (*Himanthalia elongata*) (FIGURA 1A)) - é uma alga castanha, de cor

amarelo-oliváceo, constituída por uma pequena estrutura basal perene, em forma de taça, com 2 a 3 cm. Na primavera desenvolvem-se a partir dela umas cintas estreitas e compridas, que dão o nome comercial a esta alga (*esparguete-do-mar*), chegando a medir até 3 m de comprimento. Desconhecida comercialmente nos países asiáticos, é cada vez mais valorizada na Europa. É, de entre as espécies atlânticas, uma das algas com maior sucesso e aceitação, e, ao mesmo tempo, uma das mais baratas.

*Kombu* (*Laminaria ochroleuca* e *Saccharina latissima*) - o *Kombu japonês*, ou seja, o *Kombu* original, é constituído apenas pela *Saccharina japonica*, alga nativa dos mares do Japão. *Saccharina latissima* (FIGURA 1E)), apesar de ser uma alga de profundidade e com preferência por zonas com águas tranquilas, está presente no Atlântico Norte, desde a Noruega até ao Norte de Portugal. Comercialmente esta alga tem o nome *Kombu real*, sendo a sua composição muito semelhante à da *Laminaria ochroleuca* (FIGURA 1D)), denominada comercialmente por *Kombu atlântico*.

*Nori* (*Neopyropia*, *Pyropia* e *Porphyra*) – O *Nori* original é feito a partir das algas vermelhas (Rhodophyta) *Neopyropia yezoensis* e *N. tenera*, cultivadas no Japão desde o século XV. *Nori*, quer dizer alga. Com o passar do tempo, esta palavra passou a designar o produto elaborado com as lâminas de algas do género *Porphyra*. O *Nori* consiste em lâminas delgadas fabricados a partir de alga triturada, que servem de invólucro dos conhecidos *sushi* japoneses. O *Nori atlântico*, feito a partir de algas selvagens dos géneros *Porphyra* (*P. umbilicalis* (FIGURA 1F)) e *P. linearis*) e *Neopyropia* (*N. leucosticta*), era consumido tradicionalmente nos países celtas e também nos Açores.

Musgo da Irlanda (*Chondrus crispus*) (FIGURA 1G)) – esta alga vermelha de pequeno porte, com um talo em forma de leque, dividido dicotomicamente, cresce sobre as rochas do patamar médio-litoral. É uma espécie com distribuição no Atlântico oriental: nas costas da Grã-Bretanha, Irlanda, Islândia e entre a Noruega e o sul de Espanha. As populações mais luxuriantes estendem-se pelas costas da Nova Escócia, pela ilha do Príncipe Eduardo, pelo Maine e Massachusetts, no que respeita ao Atlântico oeste; ao longo das costas francesas, da Espanha (costas da Galiza) e de Portugal, para o Atlântico Este.

*Fucus* ou Bodelha (*Fucus vesiculosus* (FIGURA 1H)) e *F. spiralis*) são algas castanhas e caracterizam-se pela presença de um talo dividido dicotomicamente, podendo atingir os 60 cm de comprimento e possuir lâminas com 1 a 2 cm de largura. As lâminas possuem uma nervura mediana proeminente, podendo apresentar vesículas aeríferas ou aerocistos (presentes no *F. vesiculosus*), que possibilitam a flutuação dos talos.

Agarófitas (*Gelidium corneum*, *Pterocladia capillacea* e *Gracilaria gracilis*) - são várias as algas produtoras de agar. *Gelidium corneum* (FIGURA 1I)) é uma alga vermelha, com um talo cartilaginoso, com dimensões até 35 cm e de consistência rígida. Forma densas populações no patamar infra-litoral da zona centro da costa portuguesa e no horizonte inferior do patamar médio-litoral da zona costeira entre Lisboa e o Algarve, e em ilhas açorianas, jun-

tamente com uma outra agarófita de uso industrial, a *Pterocliadiella capillacea* (FIGURA 1J)).



FIGURA 1. Algas marinhas edíveis: A) *Himanthalia elongata*. B) *Undaria pinnatifida*. C) *Palmaria palmata*. D) *Laminaria ochroleuca*. E) *Saccharina latissima*. F) *Porphyra umbilicalis*. G) *Chondrus crispus*. H) *Fucus vesiculosus*. I) *Gelidium corneum*. J) *Pterocliadiella capillacea*. K) *Gracilaria gracilis*.

Trata-se de uma espécie perene, tal como *Gelidium corneum*, abundante na parte inferior do patamar médio-litoral e no patamar infra-litoral. *Gracilaria gracilis* (FIGURA 1K)) é uma agarófita, de cor púrpura e com tonalidades esverdeadas, de consistência cartilaginosa e com um tamanho que pode atingir 50 a 60 cm de comprimento. Apresenta talos fixados ao substrato mediante um pequeno disco basal, cilíndricos e com cistocarpos proeminentes à superfície. Encontra-se em zonas protegidas e semi-expostas no patamar médio-litoral e infra-litoral. Muito embora esta alga não seja colhida para fins industriais em Portugal, é extensivamente cultivada para extração de agar na Namíbia e na África do Sul.

---

# Planária

Hugo Ferradeira de Faria

CIIMAR/ Escola Secundária Augusto Gomes

ARTIGO

26

As planárias de água doce são pequenos animais invertebrados com extraordinárias capacidades regenerativas, de manutenção fácil e a baixo custo, constituindo excelentes modelos para análise dos mecanismos de regeneração. Este, é um processo biológico de elevado interesse, pois permite substituir estruturas danificadas ou perdidas em indivíduos adultos. Na planária a regeneração depende da atividade de células estaminais (neoblastos) que se encontram distribuídas por todo o seu corpo. Este trabalho descreve a biologia, os procedimentos básicos para a manutenção de culturas e os métodos que permitem observar a regeneração das planárias na sala de aula.

As planárias são pequenos animais invertebrados de vida livre, pertencentes ao filo dos Platyelminthes (Classe Turbellaria, Ordem Tricladida), que há mais de 100 anos fascinam cientistas e não cientistas devido à sua grande capacidade regenerativa. Estão descritas alguns milhares de espécies que podem ser aquáticas (de água doce e de água salgada) ou terrestres. Apresentam simetria bilateral, com uma única abertura ligada à faringe, um tubo muscular extensível para o exterior do animal, usado na ingestão do alimento e na defecação (FIGURA 1).

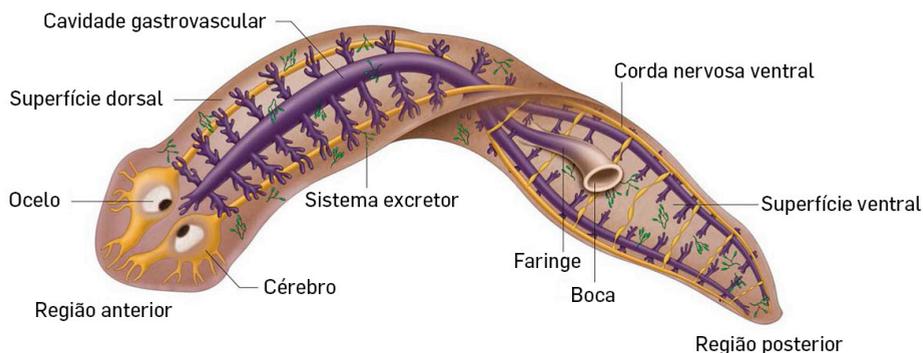


FIGURA 1. Anatomia externa e interna da planária.

Apresentam tecidos complexos e órgãos como dois ocelos, um cérebro bilobado, duas cordas nervosas ventrais e uma cavidade gastrovascular ramificada. Deslocam-se rapidamente devido ao movimento coordenado de cílios localizados na sua epiderme ventral e apresentam o corpo coberto por muco. As planárias são animais hermafroditas que se podem reproduzir sexuadamente, com fecundação interna, ou assexuadamente.

As planárias são excelentes modelos biológicos, para a compreensão de processos biológicos comuns ao funcionamento de outras espécies, são fáceis de manter em laboratório, a baixo custo e com pouca necessidade de espaço, e fáceis de manipular.

### **Cultura e manutenção laboratorial de planárias**

As planárias de água doce pertencem a cerca de 1300 espécies que podem ser encontradas em ribeiros e lagos não poluídos, geralmente associadas à zona inferior de uma rocha ou de um tronco. Podem ser facilmente recolhidas para um balde através da aplicação de um leve jato de água na rocha e recolha para um recipiente com a ajuda de uma pipeta de plástico, de modo a não produzir lesões nos animais. Após a colheita, devem ser transportadas em recipientes cheios de água, isto é, sem ar, e, durante o transporte, as temperaturas devem estar entre 1 e 25°C. No laboratório, pelo menos metade da água deve ser substituída por água sem cloro e, no dia seguinte, toda a água deve ser renovada.

As culturas de planárias podem ser mantidas em recipientes adequados para a alimentação, por exemplo garrações de água cortados, contendo água da torneira sem cloro com pH entre 6,8 e 7,8, sujeitas a um fotoperíodo de 12 a 16 horas e a uma temperatura entre os 10 e os 20°C. Temperaturas superiores, até 25°C, são aceitáveis, mas o crescimento bacteriano e os riscos de infeção são superiores. Podem ser mantidas 200 a 300 planárias por cada litro de água e os recipientes devem ter uma cobertura, que permita uma boa circulação do ar. O fecho do recipiente levará à morte das planárias, uma vez que são seres aeróbios.

No laboratório, podem ser alimentadas com fígado de boi triturado. Após a eliminação de gordura e dos vasos sanguíneos, o fígado, tem de ser cortado em fragmentos (1 cm) e triturado, até formar uma massa homogénea, colocado num saco plástico, e imediatamente congelado (-20°C).

Uma vez por semana, descongelar um pequeno fragmento de fígado e adicionar à cultura, devendo-se assegurar que o fígado chega ao fundo do recipiente. Ao fim de 2 horas, todo o fígado que não foi consumido tem de ser retirado da cultura e, em seguida, toda a água tem de ser substituída. Os recipientes têm de ser mantidos sem algas e sem bactérias e as culturas não podem ter cheiro. Na manutenção de culturas a longo prazo, as planárias devem ser alimentadas 2 vezes por semana, seguidas de renovação completa da água.

## Regeneração

A regeneração é um processo fascinante que substitui estruturas danificadas ou perdidas em indivíduos adultos. A estrela-do-mar consegue regenerar um ou mais braços, os caranguejos regeneram patas, os peixes regeneram barbatanas e as salamandras conseguem regenerar um membro. Em casos extremos, como na hidra, no pólipode coral e na planária, um fragmento de tecido regenera um indivíduo completo.

Apesar de todos os organismos pluricelulares dependerem das células estaminais para a sua sobrevivência e perpetuação, as planárias foram adotadas para o estudo da regeneração e da biologia das células estaminais porque, conseguem regenerar um indivíduo completo de, praticamente, qualquer fragmento do seu corpo, num tempo relativamente curto. A extraordinária plasticidade tecidual das planárias contrasta com a incapacidade regenerativa de *Caenorhabditis elegans* (nemátode) e de *Drosophila melanogaster* (mosca-da-fruta), dois modelos biológicos usados em laboratórios de todo o mundo. Esta plasticidade resulta da abundância de células estaminais, os neoblastos, que se encontram dispersos por todo o corpo da planária adulta, exceto na faringe e na região anterior aos ocelos. Os neoblastos constituem 20 a 25% do número total de células de uma planária, são as únicas células com capacidade de divisão e podem originar qualquer tipo de células do animal.

Outra característica interessante das planárias é a sua capacidade de sobrevivência sem alimentação durante vários meses, diminuindo o seu tamanho. Por exemplo, a espécie *Schmidtea mediterranea* pode ter uma variação de tamanho de 40 vezes passando de 20 mm para 0,5 mm (FIGURA 2). Ainda mais curioso é o processo ser reversível, assim que o alimento volta a estar disponível o animal volta a aumentar de tamanho.



FIGURA 2. Variação do tamanho da planária em função da disponibilidade de alimento. O quadrado representa 1 mm<sup>2</sup>.

A planária pode ser cortada em fragmentos que regeneram um indivíduo completo de menores dimensões. Durante o processo de regeneração, a forma do corpo e as suas proporções são mantidas. Cada fragmento regenera de um modo preciso as partes em falta, em coordenação com o resto do corpo em remodelação, preservando a orientação do seu

eixo corporal, originando um animal com as proporções adequadas.

Para a realização das experiências de regeneração, as planárias não devem ser alimentadas durante 48 horas. A diminuição de temperatura diminui a velocidade de deslocação do animal facilitando o corte, que deve ser executado com o auxílio de um bisturi desinfetado ou de uma lamela.

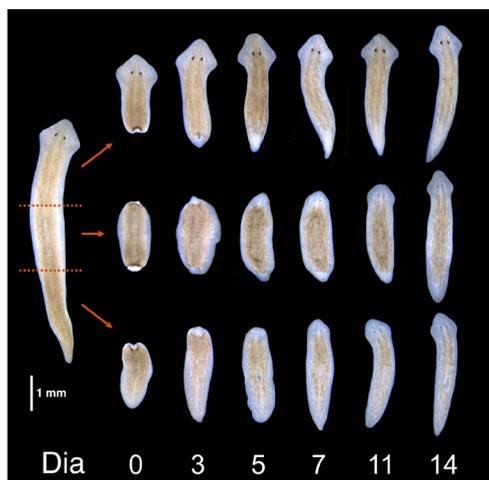


FIGURA 3. Regeneração da planária (*Dugesia japonica*).

Após a amputação ocorre uma forte contração dos músculos que fecham o corte, minimizando a exposição dos tecidos internos e a área da ferida. Um fragmento da região anterior continuará em movimento, um mecanismo que permitiria à planária fugir de um predador. Passados cerca de 30 minutos, uma fina camada de células é transferida para a zona de corte. Em seguida, os neoblastos aumentam a sua taxa de proliferação e, no local de corte originam um novo tecido sem pigmentação, o blastema, onde ocorre a diferenciação, de modo a substituir as partes perdidas (FIGURA 3). A regeneração está completa quando o animal tem as proporções adequadas e a pigmentação é homogênea. Ao fim de cerca de 15 dias a um mês, dependendo da espécie utilizada, as planárias começam a alimentar-se. Poder-se-á monitorizar a evolução da regeneração com o auxílio de uma lupa estereoscópica, bem como o registo fotográfico para posterior análise de imagem.

---

# Coleções biológicas

## O caso do Herbário da Universidade de Coimbra

Joaquim Santos, Filipe Covelo, Cidália Fidalgo, Fátima Sales

Universidade de Coimbra/ CEF/ DCV

As coleções biológicas alojam organismos vivos ou preservados cujo objetivo é o estudo da biodiversidade. As coleções de material preservado, nas quais se incluem os herbários, disponibilizam exemplares colhidos ao longo de décadas e mesmo séculos para investigação que atualmente utiliza as mais modernas metodologias. O grande número de organismos, a sua grande variabilidade e distribuição generalizada no planeta tornam o seu estudo logisticamente impossível, a menos que se disponha de coleções, cuidadas, catalogadas e de fácil acesso.

A vasta coleção mundial de exemplares mantidos em herbários globais resulta de colheitas que se iniciaram no séc. XVI com Luca Ghini, Andrea Cesalpino e Ulisse Aldrovandi. Estes exemplares documentam a diversidade das plantas e constituem a base do conhecimento sobre elas. Apenas com grande quantidade de material é possível fazer comparações e delinear conclusões científicas.

Existem cerca de 3.500 herbários no mundo que alojam cerca de 400.000.000 exemplares. Até 2013 foram utilizados cerca de 4.800.000 exemplares de herbário em artigos científicos, num total de 733 herbários. Esta investigação só é possível com a gestão, conservação, ampliação e disponibilização das coleções por técnicos especializados.

Estas coleções estão, primariamente, na base da investigação em taxonomia, ou seja, na identificação e descrição de espécies e estabelecimento de classificações. Mas desempenham também um papel muito importante em conservação, biogeografia, genética e evolução, em estudos de polinização, em bioeconomia (agricultura, indústria farmacêutica e alimentar, cosmética, fitopatologia, etnobotânica), até alterações climáticas (fenologia, fixação de elementos químicos, etc.) saúde e segurança interna (prevenção e investigação de terrorismo biológico), saúde pública (rastreamento da história de doenças infecciosas e identificação das suas fontes e reservatórios), educação, e outros (FIGURA 1A)). Os herbários (i) alojam material de referência o que implica a preservação cuidada dos exemplares, (ii) constituem uma ferramenta para identificação de material vegetal, algas fungos e líquenes.

nes, o que implica uma organização interna atualizada, (iii) estabelecem a base para a aplicação dos nomes científicos, o que implica materiais corretamente identificados, (iv) constituem uma base de dados da diversidade vegetal e, para tal, tem representada a variabilidade interespecífica e distribuição geográfica.

O Herbário da Universidade de Coimbra (COI, acrónimo internacional) possui cerca de 800.000 exemplares, constitui o maior herbário português e é um dos cinco maiores na região mediterrânica. Fundado por Júlio Henriques em 1880, tem desenvolvido ininterruptamente uma atividade reconhecida internacionalmente. É o único herbário internacional global nacional. Estes herbários globais são coleções (i) com representação da maioria dos *taxa* existentes, de todos os continentes e da maioria dos países, (ii) têm grandes dimensões, (iii) são antigos e incluem exemplares de datas muito variadas, (iv) são ricos em exemplares tipo 1 e outros exemplares históricos, (v) são importantes para os investigadores tendo muitas solicitações para investigação. O Catálogo *online* do Herbário de Coimbra (FIGURA 1B)) recebe cerca de 200 utilizadores por mês totalizando uma média de 2.800 visualizações mensais. Em 2019, foram emprestados a outras entidades cerca de 600 exemplares para estudo ou exposições. O Herbário inclui maioritariamente angiospérmicas, mas contém também algas, fungos, líquenes, fetos e gimnospérmicas. O material é prensado e seco (FIGURA 1C)), montado em cartolina, identificado, etiquetado e disposto ordenadamente segundo classificações internacionalmente reconhecidas. Fornece materiais e informação para a elaboração de (i) Floras que descrevem detalhadamente todas as plantas de uma área, como a *Flora Iberica* da qual é colaborador oficial; (ii) Monografias que descrevem detalhadamente um grupo taxonómico em toda a sua área de distribuição, como do género *Aframomum* com a qual colaborou; (iii) listas especializadas, como a *Lista Vermelha da Flora Vasculare de Portugal Continental* da qual é colaborador oficial. A lentidão inerente ao estudo da diversidade vegetal resultante do vasto número de organismos e de exemplares existentes nas numerosas coleções dispersas pelo mundo, contrasta com os problemas que o planeta enfrenta e que crescem exponencialmente. A troca de informação rápida é fundamental para imprimir a aceleração necessária na investigação da biodiversidade. O atual acesso aberto às coleções através de catálogos digitais na *Internet* representa um enorme esforço global dos herbários e permite acelerar extraordinariamente a investigação. O Herbário da Universidade de Coimbra contribui ativamente para este esforço geral (FIGURA 1D)). Desde 2002 que informatiza os seus materiais e os disponibiliza no seu Catálogo *online*.

A informatização é um processo que consiste em criar um registo para cada exemplar numa base de dados e transcrever os dados relevantes do exemplar para campos específicos. Um identificador único é atribuído a cada exemplar na base de dados e o mesmo é colocado no exemplar sob a forma de código de barras. Pode obter-se também uma imagem do exemplar que fica associada ao registo.

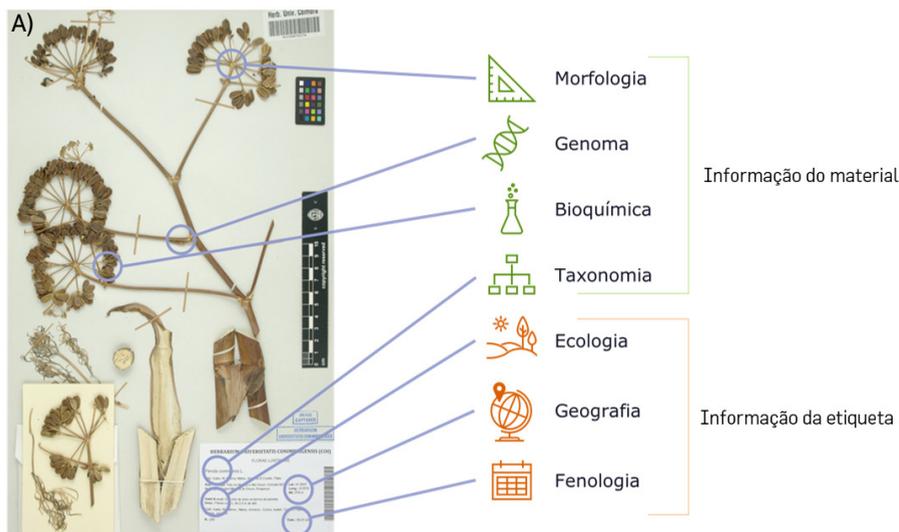


FIGURA 1. Herbário da Universidade de Coimbra. A) Valor científico das coleções de herbário. B) Catálogo *online*. C) Preparação de material fresco para prensagem e secagem. D) Um dia de trabalho no Herbário.

A informatização é uma tarefa exigente que requer recursos humanos e tempo. À semelhança de instituições em outros países, o Herbário está a recorrer à contribuição dos cidadãos para esta tarefa. A Ciência Cidadã constitui uma estratégia moderna que promove a participação do público em atividades de investigação e contribui para democratizar a ciência, aproximar a academia e a sociedade, promover a literacia científica, a participação ativa do público em decisões e a inovação. O Herbário da Universidade de Coimbra desenvolveu uma plataforma colaborativa, o *EXPLORATOR*, cujo objetivo é a informatização das suas coleções.

O Herbário constitui uma coleção biológica com potencial para continuar a sua missão de apoio à investigação da diversidade vegetal num tempo em que os desafios à vida no planeta requerem decisões efetivas, inclusivas e justas.

# Máximo divisor comum

João Nuno Tavares, Ângela Geraldo

CMUP/ Universidade do Porto

O máximo divisor comum entre dois ou mais números inteiros (um deles necessariamente diferente de zero) é o maior número inteiro positivo que é divisor (divisão com resto zero) desses números. Por exemplo, o maior divisor que é comum a 9 e a 6 é 3, portanto, o máximo divisor comum entre 9 e 6 é o número inteiro 3.

Formalmente, o inteiro positivo  $d$  é o máximo divisor comum dos inteiros  $a$  e  $b$ , não simultaneamente nulos, se as condições seguintes forem satisfeitas:

1.  $d|a$  e  $d|b$ ;
2.  $\forall x \in \mathbb{Z}, x|a$  e  $x|b$  então  $x|d$

Se  $\text{mdc}(a, b) = 1$ , ou seja, os números inteiros  $a$  e  $b$  não têm nenhum outro divisor comum para além de 1, dizemos que  $a$  e  $b$  são primos entre si;

## Notação

Utilizamos a notação  $\text{mdc}(a, b)$  ou simplesmente  $(a, b)$  para designar o máximo divisor comum entre os números inteiros  $a$  e  $b$ . Retomando o exemplo anterior, escreveríamos que  $\text{mdc}(9, 6) = 3$ .

## Algumas propriedades

- Se  $d$  é um número inteiro tal que  $d \neq 0$ , temos que  $\text{mdc}(da, db) = d \times \text{mdc}(a, b)$ ;
- Se  $d \in \mathbb{Z} \setminus \{0\}$ , temos que  $\left(\frac{a}{d}, \frac{b}{d}\right) = \frac{\text{mdc}(a, b)}{d}$ ;
- Comutatividade:  $\text{mdc}(a, b) = \text{mdc}(b, a)$ ;
- Associatividade:  $\text{mdc}(\text{mdc}(a, b), c) = \text{mdc}(a, \text{mdc}(b, c))$ ;
- O produto do máximo divisor comum de  $a$  e  $b$  pelo mínimo múltiplo co-

num desses mesmos números, é igual ao produto entre  $a$  e  $b$ , ou seja,  
 $mdc(a, b) \times mmc(a, b) = ab$ .

### Cálculo do máximo divisor comum

Em seguida mostraremos três processos que nos permitem determinar o  $mdc$  de dois ou mais números inteiros. A diferença entre os três algoritmos reside essencialmente na morosidade de cada um deles consoante os números em causa.

#### Lista dos divisores

Neste processo o que se pretende, inicialmente, é que se escreva a lista ordenada dos divisores de cada um dos números. Em seguida, encontra-se o maior número que aparece em todas as listas ordenadas ou seja, o maior divisor comum a todos os números considerados.

#### Exemplo

Como determinar o  $mdc(32, 24)$ ?

Começemos por criar as listas ordenadas dos divisores de cada um dos números:

$$D_{32} = \{1, 2, 4, 8, 16\}$$

$$D_{24} = \{1, 2, 3, 4, 6, 8, 12\}$$

Pretendemos encontrar o maior elemento do conjunto  $D_{32} \cap D_{24}$ .

Portanto, o  $mdc(32, 24) = 8$ .

#### Fatorização em números primos

Podemos igualmente utilizar a fatorização em números primos de cada um dos números para determinar o  $mdc$ . Para isso, basta escrevermos cada um dos números em questão como produto de números primos. O máximo divisor comum desses números é igual ao produto dos fatores primos comuns, cada um elevado ao menor dos expoentes. Vejamos o seguinte exemplo.

#### Exemplo

Como calcular o  $mdc(52, 20, 64)$  através da fatorização em números primos?

$$52 = 2 \times 2 \times 13 = 2^2 \times 13.$$

$$20 = 2 \times 2 \times 5 = 2^2 \times 5.$$

$$64 = 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 = 2^6.$$

Logo, o  $mdc(52, 20, 64) = 2 \times 2 = 4$ .

### Algoritmo de Euclides

O Algoritmo de Euclides permite determinar o  $mdc(a, b)$ , com  $a$  e  $b$  dois inteiros positivos, realizando sucessivas divisões de forma a encontrar uma sequência estritamente decrescente de inteiros não negativos (restos das divisões). Encontrada a sequência, o  $mdc(a, b)$  é igual ao resto que antecede o resto nulo, ou seja, ao número da sequência que antecede o zero. Vejamos a aplicação deste algoritmo num exemplo concreto.

### Exemplo

Como determinar o  $mdc(3125, 495)$ ?

$$\frac{3125}{495} = 6 \text{ com resto } r_1 = 180;$$

$$\frac{495}{180} = 2 \text{ com resto } r_2 = 135;$$

$$\frac{180}{135} = 1 \text{ com resto } r_3 = 45;$$

$$\frac{135}{45} = 3 \text{ com resto } r_4 = 0;$$

Concluimos então que o  $mdc(3125, 495)$  é igual ao  $r_3$  (3º resto) pois  $r_4 = 0$ , ou seja,  $mdc(3125, 495) = 45$ .

# Fruto

Jorge Canhoto

Universidade de Coimbra/ CFE/ DCV

Uma visita a um mercado ou a um supermercado dá-nos uma ideia da enorme diversidade de frutos que existem. Com a atual facilidade de transporte, podemos observar não apenas os frutos comuns da nossa área geográfica, mas também frutos que há poucos anos nem sequer conhecíamos, designados por frutos exóticos. Tendo a nossa alimentação uma forte componente cultural, associamos os frutos, por norma, a algo que comemos no final de uma refeição. No entanto, muitos frutos são utilizados como legumes, como acontece com o feijão-verde ou o tomate. Também é comum chamarmos frutos a coisas que não são frutos. Por exemplo, as amêndoas e os pinhões são sementes, mas é vulgar designá-los por frutos secos. Neste artigo pretende-se clarificar o que é um fruto e quais os diferentes tipos.

O fruto surgiu tarde durante a evolução das plantas. Trata-se de uma estrutura que apareceu com as angiospérmicas, as últimas plantas a surgirem durante o processo evolutivo. Outras plantas, como as briófitas, pteridófitas e gimnospérmicas não formam frutos. Aquilo a que chamamos fruto resulta do ovário, um órgão da flor (FIGURA 1A) e B)) que, em consequência da fecundação, sofre uma série de modificações estruturais dando origem ao fruto. Este, envolve a semente ou as sementes que resultam dos óvulos (FIGURA 1C)).

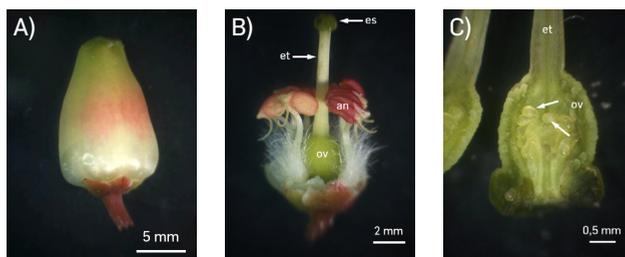


FIGURA 1. Flor de medronheiro. A) Flor fechada. B) Flor à qual foram removidas as pétalas para mostrar os diferentes órgãos. an – antera, es – estigma, et – estilete, ov – ovário. C) Secção longitudinal do gineceu. et – estilete, ov – ovário. As setas indicam os óvulos.

Essas modificações implicam aumento de tamanho, mudança de cor, alterações na textura e, em muitos casos, a emissão de compostos voláteis. Assim como a função do sol não

é fazer crescer as couves, como referiu Flaubert, também a função dos frutos não é serem usados na nossa alimentação, embora na realidade isso aconteça. Os frutos desempenham essencialmente duas funções: proteger as sementes e/ou ajudar à sua dispersão.

No que diz respeito à dispersão das sementes, ela pode ocorrer de várias maneiras, quer seja através de mecanismos que permitem projetar as sementes, quer seja pela existência de estruturas que permitem a ligação ao pelo dos animais, ou pela atração de animais. As cores e os aromas produzidos durante os últimos estádios de maturação atraem estes agentes dispersores que, ingerindo os frutos, libertam as sementes nas fezes. A matéria orgânica associada às sementes facilita o desenvolvimento das jovens plantas provenientes da germinação.

Estima-se que existam entre 250.000 a 300.000 espécies de angiospérmicas. Produzindo cada uma destas espécies um fruto, fácil é imaginar a grande diversidade de frutos que existe. Acresce a isto o facto de, nas espécies que são utilizadas na alimentação, o melhoramento genético ter produzido novos tipos de frutos. É o caso, por exemplo, das bananas comerciais, que não possuem sementes. Estes frutos, que também podem surgir espontaneamente na natureza, como acontece com as laranjas da Baía ("laranjas com umbigo"), resultam de programas de melhoramento que visam eliminar a produção de sementes.

É impossível compreender a morfologia e estrutura de um fruto sem nos focarmos na parte feminina da flor (gineceu), que possui três partes distintas: o estigma, o estilete e o ovário (FIGURA 2A)). O estigma é a parte onde os grãos de pólen são depositados (polinização) e germinam (FIGURA 1B)), ou seja, emitem um tubo polínico que transporta os dois gâmetas masculinos até ao saco embrionário situado no interior dos óvulos e que possui o gâmeto feminino (oosfera). O tubo polínico cresce ao longo do estilete (FIGURA 1B) e C)), até ao óvulo (FIGURA 1C)) onde descarrega os gâmetas masculinos. A fecundação desencadeia modificações nos óvulos as quais, por sua vez, provocam alterações profundas na parede do ovário, que inicia o seu desenvolvimento num fruto. A unidade básica do gineceu é o carpelo. Se o gineceu possui apenas uma folha carpelar, diz-se unicarpelar; se possui mais do que uma é chamado pluricarpelar (FIGURA 2A)). Se existe mais do que um carpelo, eles podem estar fundidos ou não. Se houver apenas um único carpelo, como já vimos, o gineceu também é designado como simples. A FIGURA 2A) mostra uma secção transversal de um ovário pertencente a um gineceu pluricarpelar sincárpico, neste caso com três carpelos (tricarpetelar). Algumas particularidades da flor podem indicar qual o número de carpelos, como por exemplo o número de estigmas. No hibisco (*Hibiscus rosa-sinensis* L.) o carpelo termina em 5 estigmas bem nítidos (FIGURA 2B)). Uma observação do fruto em estados precoces de desenvolvimento mostra também os 5 carpelos fundidos (FIGURA 2C)), o mesmo se verificando quando se analisa uma secção transversal do ovário ou do fruto (FIGURA 2D)).

Alguns autores utilizam o termo pistilo como sinónimo de carpelo ou mesmo de gineceu.



FIGURA 2. Ovários e flores. A) Corte anatómico de um ovário tricarpelar podendo observar-se três lóculos e os óvulos. ep – epiderme, lo – lóculo, ov – óvulos, pl – placenta, po – parede do ovário. B) Flor de hibisco com 5 estigmas (es). C) Fruto imaturo de hibisco. D) Secção transversal de um fruto imaturo de hibisco onde se podem observar os 5 lóculos (ovário pentalocular) com os óvulos no interior.

No entanto, os termos não são sinónimos, pois o pistilo corresponde ao conjunto do ovário, estilete e estigma de um só carpelo ou resultante da fusão de dois ou mais. Assim, os termos apenas são sinónimos quando se trata de uma flor unicarpelar. A fusão dos carpelos também implica a existência de espaços (lóculos) no interior do ovário. Se existe apenas um espaço, os ovários são uniloculares; se há mais do que um são designados em função do número de lóculos: biloculares (dois), triloculares (três), pluriloculares (vários). Em regra, o número de lóculos corresponde ao número de folhas carpelares que constituem um ovário.

Um fruto verdadeiro é aquele que resulta exclusivamente da parede do ovário. Como exemplo podemos referir o damasqueiro, fruto da espécie *Prunus armeniaca* L.. Numa secção transversal de um fruto deste tipo (FIGURA 3A)), podemos observar, três camadas: 1) o epicarpo, que vulgarmente designamos por casca, 2) o mesocarpo, correspondente à parte comestível e 3) o endocarpo, uma parte rígida no interior do qual se localizam as sementes. Estas zonas formam o pericarpo, que em muitos tipos de frutos não apresenta uma organização tão nítida. No entanto, existem frutos, em que o fruto verdadeiro se encontra associado a outras peças florais que também proliferaram e que assim contribuem para a estrutura final. É o caso, por exemplo, da pêra (fruto da espécie *Pyrus communis* L.), maçã (fruto da espécie *Malus domestica* Borkh.) e marmelo (fruto da espécie *Cydonia oblonga* Mill.), em que a parte comestível é a proliferação do tubo floral chamado hipântio (FIGURA 3B)).

Uma maneira de agrupar os frutos baseia-se na estrutura do epicarpo, que se pode apresentar hidratado ou com um teor em água reduzido. Os primeiros dizem-se carnudos e, os segundo, secos (FIGURA 3C)). Dois grandes subtipos de frutos carnudos são as drupas e as bagas. As drupas são típicas do género *Prunus*, de tal modo que às árvores fruteiras como pessegueiros, ameixeiras ou as cerejeiras se atribui a designação de prunóideas. Estes frutos caracterizam-se por um mesocarpo carnudo e um endocarpo rígido. Também os citrinos são uma boga, mas aos quais se atribui um subtipo particular – hespéridio (FIGURA 3D)). O epicarpo coriáceo, um mesocarpo branco e um endocarpo dividido em gomos onde se acumula um líquido rico em ácido cítrico e ácido ascórbico (vitamina C).

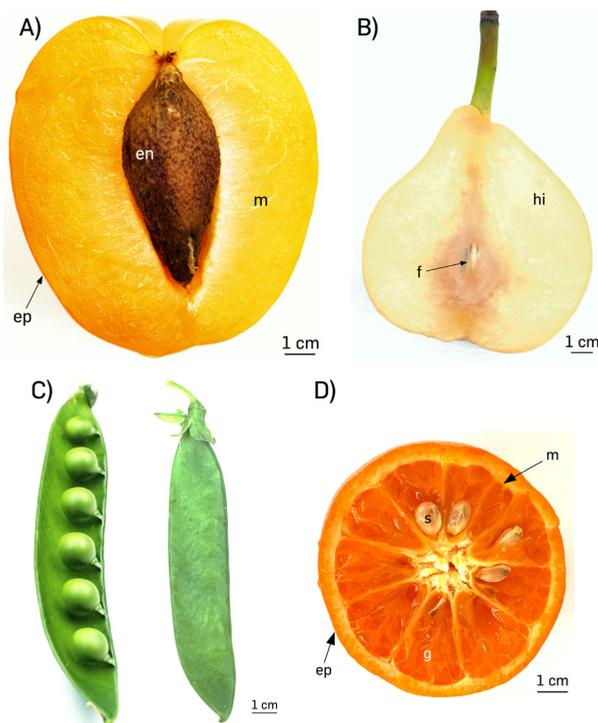


FIGURA 3. Estrutura e morfologia de diferentes frutos. A) Secção transversal de um damasco (drupa). en – endocarpo, ep – epicarpo, m – mesocarpo (caroço). B) Secção longitudinal de uma pêra (pomo). A zona central cartilaginosa corresponde ao fruto (f) verdadeiro. O hipântio (hi) é a parte comestível resultante do tubo floral. C) Dois aspectos do fruto da ervilheira (*Pisum sativum*), uma vagem. Do lado esquerdo o fruto inteiro, do lado direito o fruto aberto com as sementes (ervilhas). Na parte superior das figuras observam-se os restos das peças florais. D) Secção transversal de uma tangerina (*Citrus reticulata*), um tipo de fruto chamado hesperídio. ep – epicarpo, g – gomo, m – mesocarpo, s – sementes.

As nozes (FIGURA 4A) que usamos na nossa alimentação não são mais que o endocarpo dos frutos da noqueira (*Juglans regia* L.). O mesmo acontece com os cocos (FIGURA 4B)), o endocarpo dos frutos do coqueiro (*Cocos nucifera* L.). Por sua vez, as bagas, apresentam uma grande diversidade, com um pericarpo hidratado, mas não existe um endocarpo ósseo protetor das sementes. A goiaba, o kiwi ou a banana são exemplos de bagas.

Os frutos secos podem dividir-se em deiscentes ou indeiscentes, consoante apresentam ou não um mecanismo de abertura para a libertação das sementes. Como exemplo dos primeiros temos as vagens das leguminosas (FIGURA 3C)), que quando maduras libertam as sementes através de duas linhas de deiscência que se localizam em lados opostos. Como exemplos dos segundos temos as nozes, não aquelas que antes foram referidas, mas um tipo de fruto típico das fagáceas, como os carvalhos e o castanheiro. Uma bolota (FIGURA 4C) ou uma castanha (FIGURA 4D)) são dois tipos de frutos que se caracterizam por possuírem uma única semente (monospérmicos) rodeada por um pericarpo rígido sem qualquer mecanismo de abertura. Também os frutos das gramíneas (Poaceae), como o trigo, o arroz ou o milho são frutos secos indeiscentes (FIGURA 4E)). Caracterizam-se por serem monospérmicos, com

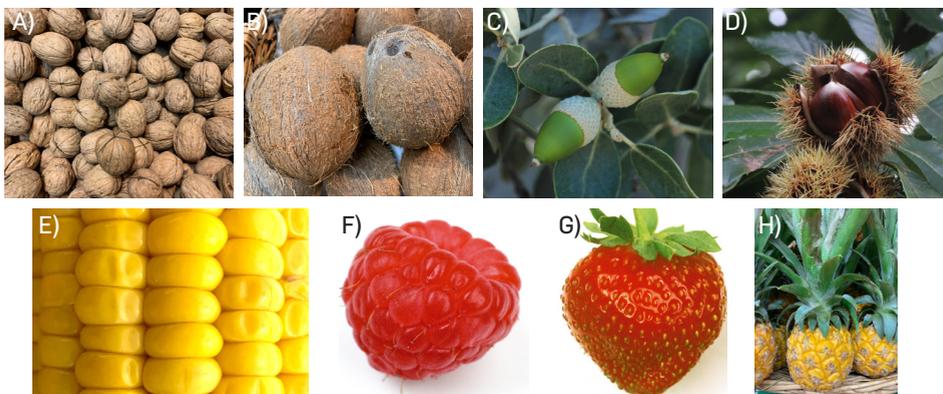


FIGURA 4. Diferentes tipos de frutos. A) Nozes, correspondentes ao endocarpo dos frutos da noqueira. B) Cocos, correspondentes ao endocarpo dos frutos do coqueiro. C) Bolotas, frutos secos indeiscentes, também chamados glandes. D) Ouriço aberto com castanhas. E) Parte de uma espiga de milho com várias cariopses imaturas. F) Framboesa, um fruto agregado de pequenas drupas. G) Morango, fruto agregado de aquênios. H) Ananases (infrutescências).

Os frutos também se podem agrupar, quanto à sua origem, em frutos simples, agregados ou múltiplos (infrutescências). Os simples resultam da proliferação do ovário de uma única flor. Um kiwi, uma azeitona ou uma bolota são frutos simples. Os frutos agregados (múltiplos) são aqueles que resultam da associação de vários frutos, cada um deles resultante de cada um dos carpelos individuais de uma única flor. É o caso das framboesas (FIGURA 4F); *Rubus idaeus* L.). Na verdade, cada um destes frutos, é formado por um conjunto de pequenas drupas individuais. Um morango (FIGURA 4G)) também é um fruto agregado, mas neste caso um fruto agregado de aquênios (cada uma das estruturas elipsóides que existem à superfície), um tipo de fruto seco indeiscente. A parte carnuda resulta da proliferação do receptáculo floral. Assim, um morango também pode ser considerado um pseudofruto, pois que resulta da proliferação de outros tecidos que não o ovário. No que diz respeito aos frutos múltiplos ou infrutescências eles distinguem-se dos frutos agregados por resultarem de inflorescências (conjuntos de flores) em que, para além dos ovários, outras partes da flor contribuem para a estrutura final. Um bom exemplo é o ananás (FIGURA 4H)) artisticamente representado na capa deste número. Cada escudo da infrutescência (FIGURA 4H)) resulta de uma flor inserida num eixo caulinar carnudo, sendo o fruto o resultado do desenvolvimento sincronizado do ovário e de outras peças florais que se fundem durante este processo. A parte central do fruto, mais fibrosa, é o eixo da inflorescência/ infrutescência e corresponde ao espaço central das secções de ananás em conserva.

Para uma análise mais detalhada dos diferentes tipos de frutos recomenda-se esta página web: <https://www2.palomar.edu/users/warmstrong/fruitid1.htm>.

---

# Camarinhas na alimentação e na saúde

Maria João Barroca, Aida Moreira da Silva

Universidade de Coimbra/ Unidade de I&D Química-Física Molecular/ DQ

Escola Superior Agrária/ IPC

As alterações globais estão a causar problemas e enormes desafios, relacionados com a alimentação, a saúde, as mudanças climáticas, a energia, entre outras áreas. Além disso, o aumento da população mundial, em simultâneo com a escassez de água potável e de terra cultivável, fazem com que a humanidade possa enfrentar uma enorme crise alimentar. A gestão dos recursos naturais disponíveis, e o desenvolvimento de tecnologias para melhorar a produtividade agrícola, requerem a contribuição de uma série de áreas do conhecimento, para garantir o acesso a alimentos, de uma forma sustentável, a todos os habitantes do planeta. O outro grande desafio é melhorar as condições que proporcionam bons padrões de saúde, acessível a todos, num mundo em crescente mudança. Consequentemente, o setor da saúde beneficiará com o desenvolvimento de novas tecnologias e de novos produtos. Nesse contexto, as plantas possuem uma longa história, e um importante papel não apenas como fonte alimentar, mas também em aplicações medicinais populares. Como exemplo, a *Corema album* (L.) D. Don (Ericaceae), vulgarmente conhecida como camarinha, é uma planta que desempenhou um papel importante na cultura ibérica popular das gerações anteriores. As características da espécie documentada em recursos históricos escritos, e nos vestígios arqueobotânicos da camarinha (pequena baga da planta), encontrados em diferentes registos arqueológicos, revelam que os pequenos frutos brancos da planta *C. album* têm vindo a ser explorados, pelo menos, desde o período Neolítico Inferior.

Na primeira metade do século XX, *C. album* era o arbusto mais visível nas dunas do Atlântico ibérico, apresentando uma folhagem perene verde escura (FIGURA 1). As descobertas

arqueológicas na atual área de distribuição natural sugerem que, no passado, a área de distribuição era muito maior, tendo diminuído significativamente nas últimas décadas, sobretudo em áreas da costa ocidental da Península Ibérica. O declínio desta espécie deveu-se aos impactos das mudanças climáticas, à crescente pressão de distúrbios de origem antropogénica, relacionada com a presença humana, o impacto do turismo e o desenvolvimento urbano nas áreas costeiras.



FIGURA 1. *Corema album* numa duna da região centro de Portugal. (Créditos: Aida Moreira da Silva).

Além disso, os ecossistemas de dunas de areia têm sido afetados pelo aparecimento de plantas invasoras nitrófilas e pela diminuição da fauna especializada para a dispersão das sementes de *C. album*. A perda contínua de *habitat* e a competição de espécies invasoras, têm comprometido a regeneração e sobrevivência de várias populações de *C. album*, com a consequente diminuição da produção e respetiva comercialização dos pequenos frutos, nos mercados tradicionais.

*C. album* é um arbusto endémico da costa atlântica do sul da Europa, mas, devido à redução drástica do número de exemplares, foi classificado como uma espécie vulnerável e descrito na lista vermelha regional de plantas vasculares ameaçadas na Andaluzia e na Galiza, em Espanha.

No passado, as bagas - camarinhas (em português) ou camariñas (em espanhol) - eram consumidas em fresco, em compotas ou licores, utilizadas na preparação de aperitivos e usadas na medicina popular como antipirético, antiescurbuto e vermífida.

O comércio tradicional de bagas de camarinha era feito principalmente por populações costeiras com baixos recursos económicos, que colhiam as bagas manualmente e as vendiam na rua ou em mercados públicos de zonas costeiras de Portugal, da Galiza e da An-

daluzia, entre outros alimentos ou recursos medicinais, tais como o tremoço, o amendoim, as azeitonas e as ervas aromáticas. No entanto, a melhoria do nível económico das populações, com a consequente alteração de hábitos e atividades, levaram a uma diminuição desta prática, embora a população local, que conhece este fruto silvestre, ainda faça a colheita nas dunas e nas falésias (FIGURA 2).



FIGURA 2. *Corema album* numa falésia da Costa Vicentina. (Créditos: Aida Moreira da Silva).

A consciencialização de que uma dieta baseada em alimentos vegetais tem benefícios para a saúde tem originado um crescente interesse dos investigadores sobre o conhecimento da composição química e dos mecanismos pelos quais os compostos bioativos das plantas/frutas promovem a saúde humana. Além disso, a relação observada entre a dieta e a saúde aumentou o interesse dos consumidores por dietas ricas em nutracêuticos. Assim, o estudo de pequenos frutos (bagas) tem-se concentrado na caracterização dos compostos bioativos e nos seus efeitos benéficos para a saúde, com vista à utilização em alimentos funcionais. As pequenas bagas são consideradas potenciais fontes de uma grande variedade de compostos fenólicos como ácidos fenólicos, estilbenos, flavonóides e taninos, que possuem atividade antioxidante sendo, também, responsáveis pela cor e sabor muito característico. De modo geral, a cor de pequenos frutos é muito diversa podendo exibir tons que variam desde o vermelho ao roxo, preto, rosa ou amarelo. No entanto, as bagas de camarinha têm uma cor branca, devido à presença de dois ácidos triterpénicos (ácidos ursólico e oleanólico), mas podem tornar-se translúcidas e desenvolver uma tonalidade rosada, em que as sementes podem ficar visíveis, num estado avançado de maturação (FIGURA 3).



FIGURA 3. Bagas de *Corema album* nos diversos estados de maturação e visualização das sementes nos estádios avançados da maturação. (Créditos: Aida Moreira da Silva).

As bagas de *C. album*, com diâmetro compreendido entre 5 e 10 mm e 0,31 a 0,66 g de peso, possuem, em regra, três sementes e um endocarpo espesso. Em geral, os pequenos frutos maduros têm um sabor fresco distinto, levemente ácido e açucarado e são ricos em água, fibra bruta e minerais.

Os principais compostos fenólicos presentes nas bagas de camarinha incluem ácidos fenólicos como o ácido benzóico, vanílico, cafeico e ferúlico, flavonoides incluindo a quercetina e rutina e as antocianinas. Ao contrário da generalidade dos pequenos frutos, as bagas brancas de camarinha têm um menor teor de antocianinas do que as bagas pretas ou vermelhas. No entanto, contêm um maior teor de ácido cafeico e derivados de miricetina que contribuem para o sabor ácido, a capacidade antioxidante e o efeito quimioprotetor da baga. De facto, a atividade antioxidante dos compostos bioativos presentes em bagas, ajudam a equilibrar a produção de radicais livres e a proteger o organismo do stress oxidativo, e, por conseguinte, promovem efeitos benéficos na saúde humana e ajudam a prevenir doenças crónicas degenerativas como o cancro, diabetes, inflamação, entre outras. As bagas de camarinha, revelaram, inclusivamente, um efeito promissor na redução da incidência de distúrbio neurodegenerativo de Parkinson.

Estas evidências sustentam o uso tradicional de *C. album* como um pequeno fruto com efeitos benéficos na saúde humana e sugerem que a incorporação das bagas na dieta contribui para a proteção contra doenças induzidas pelo stress oxidativo.

Apesar da perda de ecossistemas naturais e das mudanças socioeconómicas das populações costeiras, as bagas de *C. album* são uma fonte potencial de ingredientes alimentares e nutracêuticos. Para além disso, são um interessante nicho comercial de bagas para o mercado mundial, devido à sua novidade, à peculiar cor branca e aos compostos nutritivos e bioativos. As bagas brancas comestíveis são raras no mundo, apresentando um grande potencial sob o ponto de vista gastronómico, devido à busca da novidade por *chefs* e pelos consumidores.

Fora do âmbito científico, o conhecimento de *Corema album* contribui, ainda, para a preservação do património social e emocional que é particularmente marcante nas comunidades costeiras ibéricas.

---

# Roteiro das Minas

## e Pontos de Interesse Mineiro e Geológico de Portugal

Joana Rodrigues

Geopark Naturtejo Mundial da UNESCO

O “Roteiro das Minas e Pontos de Interesse Mineiro e Geológico de Portugal” é uma plataforma de divulgação e promoção do património mineiro e geológico de Portugal para além de uma ferramenta educativa nessas áreas do conhecimento ([www.roteirodeminas.pt](http://www.roteirodeminas.pt)). Reúne diversos parceiros de Norte a Sul do país, entre os quais museus, centros de interpretação, centros de ciência, geoparques, minas e locais de interesse geológico.

O “Roteiro das Minas e Pontos de Interesse Mineiro e Geológico de Portugal”, desenvolvido pela DGEG (Direção Geral de Energia e Geologia), pela EDM, SA (Empresa de Desenvolvimento Mineiro, SA) e por trinta e oito entidades, acabou de comemorar os seus dez anos de “visibilidade pública”. Pretende, entre outros objetivos, contribuir para o desenvolvimento local através de iniciativas de salvaguarda e rentabilização do património geológico e mineiro e a promoção do conhecimento científico nas áreas em que essas entidades intervêm.

O Roteiro integra um vasto leque de entidades com territórios, recursos, abordagens e enquadramento institucional diversificados, estando envolvidas autarquias, associações, universidades, institutos politécnicos, fundações, institutos públicos e empresas públicas e privadas, o que sem dúvida enriquece a oferta e a torna mais interessante. As suas atividades refletem naturalmente essa diversidade, o que proporciona experiências sempre diferentes e únicas aos que nelas participam.

Os parceiros que o integram têm a gestão direta sobre 41 Locais e mais de 130 Pontos com relevância mineira ou geológica; assegurando as condições de elegibilidade onde se destacam a sua competência científica (interna ou protocolada) e a capacidade de apoiar a visitação e a interpretação desses pontos pelos públicos-alvo definidos, onde os estudantes, professores e outros agentes educativos têm especial relevância, mas que incluem também os especialistas e as famílias. Os Locais representados no Roteiro são de carácter lúdico, cultural, pedagógico e científico e apresentam algum tipo de estrutura de apoio à visita.

### Património Geológico e Geomineiro de Portugal: Plataforma online

Portugal tem uma história geológica rica, cujo testemunho inclui evidências da deriva continental e formação de montanhas, bem como da evolução da vida, entre muitos outros episódios de carácter geológico, preservados em inúmeros pontos de interesse espalhados pelo país. Também a história da exploração dos recursos geológicos é longa, com vestígios mineiros que remontam desde a Idade do Ferro ao período romano, existindo explorações ativas nos dias de hoje. A Geodiversidade de Portugal reflete-se também numa grande variedade de águas subterrâneas, com inúmeras águas minero-medicinais e termais já reconhecidas pelo naturalista Plínio, o Velho, na sua obra "História Natural" (Livro 2 Cap. 103; 77-79 d.C.).

Garantir a salvaguarda, rentabilização e manutenção deste património, bem como a segurança dos locais, é um dos objetivos do Roteiro das Minas e Pontos de Interesse Mineiro e Geológico de Portugal, assim como contribuir para um desenvolvimento local sustentável, a partir de um conjunto de iniciativas inovadoras e diferenciadoras dos territórios, assentes no património geológico e mineiro.

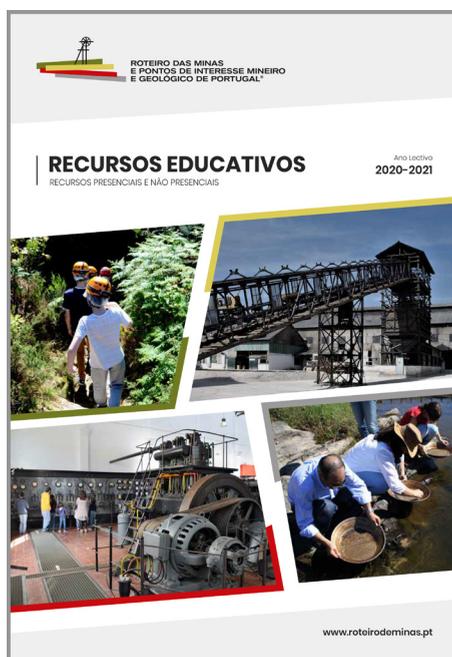


FIGURA 1. Capa do Guia "Recursos Educativos 2020/2021.

Do ponto de vista ambiental e social, pretende-se também promover a vivência dos espaços pelas populações residentes, nomeadamente dos que foram alvo de intervenção da EDM. Por outro lado, torna-se imperativo consciencializar para a exploração sustentável dos recursos geológicos e melhorar a imagem sobre a atividade mineira, prejudicada por maus exemplos de gestão ambiental.

## Oferta Educativa

Sendo um dos objetivos do Roteiro das Minas e Pontos de Interesse Mineiro e Geológico de Portugal a promoção do conhecimento e da literacia científica, com especial incidência na população escolar, a plataforma apresenta um botão de “Serviço Educativo” com a descrição das atividades disponíveis em cada Local, assim como aspetos logísticos para a organização das visitas, relativos à duração, os custos e contactos.

Desde 2015, a oferta educativa dos parceiros tem sido compilada no guia “Serviços educativos e visitas escolares” (FIGURA 1), uma ferramenta atualizada e editada anualmente no início de cada ano letivo. O guia reúne centenas de iniciativas, por todo o país, incluindo visitas a museus e centros de interpretação, geossítios, grutas, minas, pedreiras, exposições interativas, realização de ateliês e percursos pedestres, visionamento de documentários, entre muitas outras atividades. Estão também disponíveis informações sobre os níveis de ensino a que se destinam as atividades, as disciplinas em que enquadram, os principais temas a abordar, e os objetivos que se pretendem atingir, auxiliando os professores na articulação dos conteúdos. Existem atividades desde o Pré-escolar até ao Ensino Superior, passando pelo Ensino Profissional e por atividades para alunos com Necessidade Educativas Especiais, com conteúdos e estratégias adaptadas.

## Conclusão

O Roteiro das Minas e Pontos de Interesse Geológico e Mineiro de Portugal inclui uma grande variedade de instituições por todo o país que se dedicam à proteção, valorização e divulgação do Património Geológico e Mineiro de Portugal. Além do relevante trabalho feito por cada um dos Parceiros, ao longo dos últimos 10 anos têm vindo a ser desenvolvidas estratégias que têm permitido aproximar o público desta temática, e desse modo, contribuir para o desenvolvimento local, sobretudo em territórios de baixa densidade populacional, onde os desafios presentes se colocam com grande acuidade.

Do ponto de vista educativo, o Roteiro constitui uma poderosa ferramenta ao dispor de professores e alunos, não só para a realização de visitas e atividades práticas, mas também para a exploração dos mais diversos temas relacionados com a Geologia, Geodiversidade e a Exploração Mineira em Portugal.

As restrições impostas pela atual situação de pandemia de COVID-19 têm obrigado o Roteiro e os Parceiros a procurar novas soluções e formas de ultrapassar os grandes constrangimentos que se colocam. Tentando dar resposta às necessidades das comunidades educativas, está a ser feita uma maior aposta no contexto digital, na disponibilização de conteúdos e recursos que possam, por um lado, apoiar o ensino à distância, e por outro, colmatar a falta de visitas e aulas de campo.

# Vagueando pela Mata

*in casadasciencias.org/banco-imagens*

Nodoso, vive quase nu, desramado pela idade que o vento avança.

Aqui cresceu, na tapada e no jardim, atravessando o céu, em terras de monges antigos que já lá não estão.

Inclina-se estranho, no socalco de cantaria, como já não coubesse nele ou espreitasse a sua origem, nas encostas do Pacífico onde o orvalho também rega sequoias.

Chamam-lhe “cedro” como a outros de folha parecida que não o são, provavelmente em honra dos verdadeiros que inspiraram bíblias e outros testamentos.

É o cedro-do-incenso, que aromatiza o ar pelo aperto das suas folhas, exalando um cheiro quase sagrado. Belo, já se vestiu de ramos até ao chão, e ereto, sempre verde, formou uma copa colunar densa com um pingo de amarelo.

Invulgar, especial e exótico, resiste ao seco e renasce do lume, como a azinheira, o sobreiro, o aderno e a Fénix.

Dramático, mas não patético, ainda exhibe no seu palco os velhos ramos que restam, como se de um teatro clássico se tratasse.

Fustigada por tempestades que lhe deceparam parte da copa, esta árvore de *Calocedrus decurrens* na Mata do Bussaco, continua a sobreviver, não obstante parecer querer fugir do local onde a plantaram!

*Calocedrus decurrens* é uma espécie originária da costa Oeste da América-do-Norte, com árvores perenifólias hermafroditas que podem atingir 60 m de altura. Foram introduzidas na Europa como ornamentais. São resinosas, formam madeira macia e as folhas escamiformes que revestem os raminhos são aromáticas quando esmagadas. Estas árvores desenvolvem normalmente copa cónica ou quase cilíndrica.

As plantas como organismos fixos ao solo apresentam uma grande plasticidade fenotípica que lhes permite suportar alterações morfológicas ou alterar a sua fisiologia de acordo com as condições ambientais. Na Mata do Bussaco a única árvore de *Calocedrus decurrens* encontra-se próximo do Palace Hotel, a extensa desramação provocada por várias tempestades induziu um ajustamento morfológico que lhe possibilita continuar a viver.

Paulo Farinha Marques

Ciências/Universidade do Porto

José Pissarra

Ciências/Universidade do Porto





**CASA DAS CIÊNCIAS**  
EDULOG · FUNDAÇÃO BELMIRO DE AZEVEDO