

Taxonomia  
Rubim Almeida

Geopark Naturtejo  
Fique a conhecer o parque

À conversa com...  
O geólogo Paulo Fonseca

REVISTA DE  
**CIÊNCIA ELEMENTAR**

Volume 3 | Ano 2015

Número 3 | Julho a Setembro



## Correio e Agenda

Envie-nos as suas sugestões e conheça as nossas..... 3

## Notícias

Esteja a par das últimas novidades da Ciência..... 4

## Editorial

*Procurando uma solução sustentável para a Casa*..... 5

## Opinião

*Taxonomia*, de Rubim Almeida..... 6

## Divulgação

Venha conhecer o Geopark Naturtejo..... 8

## Entrevista do trimestre

À conversa com o geólogo Paulo Fonseca..... 16

## Descobrir Ciência

Intermediários reativos: carbaniões..... 24

## História da Ciência

Charles Coulomb..... 32

Edwin Hubble..... 33

Henry Cavendish..... 33

## Ciência Elementar

### Física

Albedo terrestre..... 36

Grandezas e unidades radiométricas..... 36

## Recursos educativos

Conheça os mais recentes RED na Casa das Ciências..... 39

## Fotos nas apresentações

Sugestões de imagens para usar nas suas apresentações..... 43

# Revista de Ciência Elementar

ISSN 2183-1270

## Corpo editorial

**Editor-chefe** José Alberto Nunes Ferreira Gomes (Dep. Química e Bioquímica - FCUP) **Coordenação Editorial** Maria João Ribeiro Nunes Ramos (Dep. Química e Bioquímica - FCUP) • Pedro Manuel A. Alexandrino Fernandes (Dep. Química e Bioquímica - FCUP) • Alexandre Lopes de Magalhães (Dep. Química e Bioquímica - FCUP) **Comissão Editorial** José Francisco da Silva Costa Rodrigues (Dep. Matemática - FCUL) • João Manuel Borregana Lopes dos Santos (Dep. Física e Astronomia - FCUP) • Jorge Manuel Pataca Leal Canhoto (Dep. Ciências da Vida - FCTUC) • Luís Vitor da Fonseca Pinto Duarte (Dep. Ciências da Terra - FCTUC) • Paulo Emanuel Talhadas Ferreira da Fonseca (Dep. Geologia - FCUL) • Paulo Jorge Almeida Ribeiro-Claro (Dep. Química - UA)

## Produção

**Diretor de Produção** Manuel Luis da Silva Pinto **Conceção e Design** Nuno Miguel da Silva Moura Machado **Suporte Informático** Guilherme de Pinho N. Rietsch Monteiro **Secretariado** Alexandra Maria Silvestre Coelho **Apoio Técnico** Diana Raquel de Carvalho e Barbosa

## Contributos para os artigos de *História da Ciência e Ciência Elementar*

**Como autor(a)** Daniel Ribeiro (Mestrado em Ensino de Física e Química - FCUP) • Manuel António Salgueiro da Silva (Departamento de Física e Astronomia - FCUP)

**Como editor(a)** Eduardo Lage (Departamento de Física e Astronomia - FCUP) • Teresa Monteiro Seixas (Departamento de Física e Astronomia - FCUP)

**Imagem de capa** Inflorescência de Língua-de-ovelha de Rubim Silva



casadasciencias.org



## Correio do leitor

Esta revista surgiu a pensar em si e é para nós muito importante conhecer a sua opinião. Envie-nos os seus comentários e sugestões para o endereço [rce@casadasciencias.org](mailto:rce@casadasciencias.org).

*Descobri a Revista de Ciência Elementar mais ou menos por acaso quando navegava num blog de educação, e fiquei muito surpreendido com a qualidade da revista e dos seus conteúdos, pois sou professor de CFQ e procuro estar atualizado didática e cientificamente, procurando frequentemente informação sobre novas práticas letivas e avanços científicos.*

*Fiquei também muito surpreendido ao abrir o site da revista e descobrir que a mesma já é publicada desde 2013. Considero que deveria ter maior divulgação junto da comunidade, em especial junto dos professores, que aqui poderão encontrar uma excelente fonte de informação para atualizarem os seus conhecimentos.*

**Marco L.**

Olá Marco. Lamentamos de facto que só recentemente tenha descoberto a Revista de Ciência Elementar, mas ainda assim ficamos contentes por saber que se tornou leitor da nossa revista. Nesta revista procuramos sempre oferecer conteúdos variados que vão de encontro aos interesses da generalidade dos professores em Ciência e queremos que a comunidade educativa veja a revista como uma excelente fonte de informação. Pedimos por isso aos nossos leitores que divulguem a revista junto de todos os potenciais interessados.

**A equipa de produção**

*(...) Encontrei na Revista de Ciência Elementar e na Casa das Ciências um excelente suporte na preparação das minhas aulas. A enorme quantidade de recursos disponíveis na Casa das Ciências permite-me encontrar sempre várias formas de abordar os temas em sala de aula. (...) Também os textos de opinião e os artigos de História da Ciência são sempre interessantes e muito bem escritos.*

**Joana Costa**

Olá Joana. Gostamos muito de saber que encontra utilidade nos recursos digitais depositados na Casa das Ciências. De facto, esforçamo-nos por apresentar aos professores os melhores recursos educativos para que estes possam preparar convenientemente as suas aulas. Aproveitamos por isso para apelar a todos os professores para que submetam os seus recursos (apresentações, simulações, vídeos, imagens, textos,...) e dessa forma os disponibilizem à restante comunidade educativa.

**A equipa de produção**

## Agenda

### Exposição: Evolução da cartografia geológica

Museu de Geologia Fernando Real (UTAD)

até 31 de outubro

Exposição que pretende dar a conhecer o objeto da cartografia geológica e algumas das suas metodologias mais usadas, realçar o papel do geólogo como cartógrafo, mostrar o conjunto de conhecimentos necessários para a feitura de uma carta geológica e demonstrar o interesse e importância da cartografia para políticos e utilizadores em geral, como instrumentos técnico-científicos fundamentais.

### Segredos da luz e da matéria

Museu da Ciência, Univ. de Coimbra

Exposição permanente

A exposição explora o tema da luz e da matéria, a partir dos objetos e instrumentos científicos das coleções da Universidade de Coimbra. Possui um conjunto de experiências e módulos interativos que possibilitam a observação de fenómenos tais como a decomposição da luz de Newton.

### Cientistas no parque

Fundação de Serralves, Porto

de 2.ª a 6.ª, das 10h às 12h e das 14h às 16h

O programa da atividade aborda os temas da Biodiversidade, da Gestão de Recursos e da Monitorização Ambiental, em articulação com os conteúdos programáticos das disciplinas de Estudo do Meio, Ciência da Natureza e Ciências Naturais.



## Nova espécie de dinossauro identificada no Alasca

A nova espécie, denominada *Ugrunaaluk kuukpikensis*, viveu há 69 milhões de anos na região do Alasca e foi descoberta através do estudo e comparação de vários ossos encontrados na região. Esta espécie habitava em florestas polares, e estima-se que um adulto atingisse os 9 metros de comprimento.

## Descoberto mecanismo que ativa células adiposas

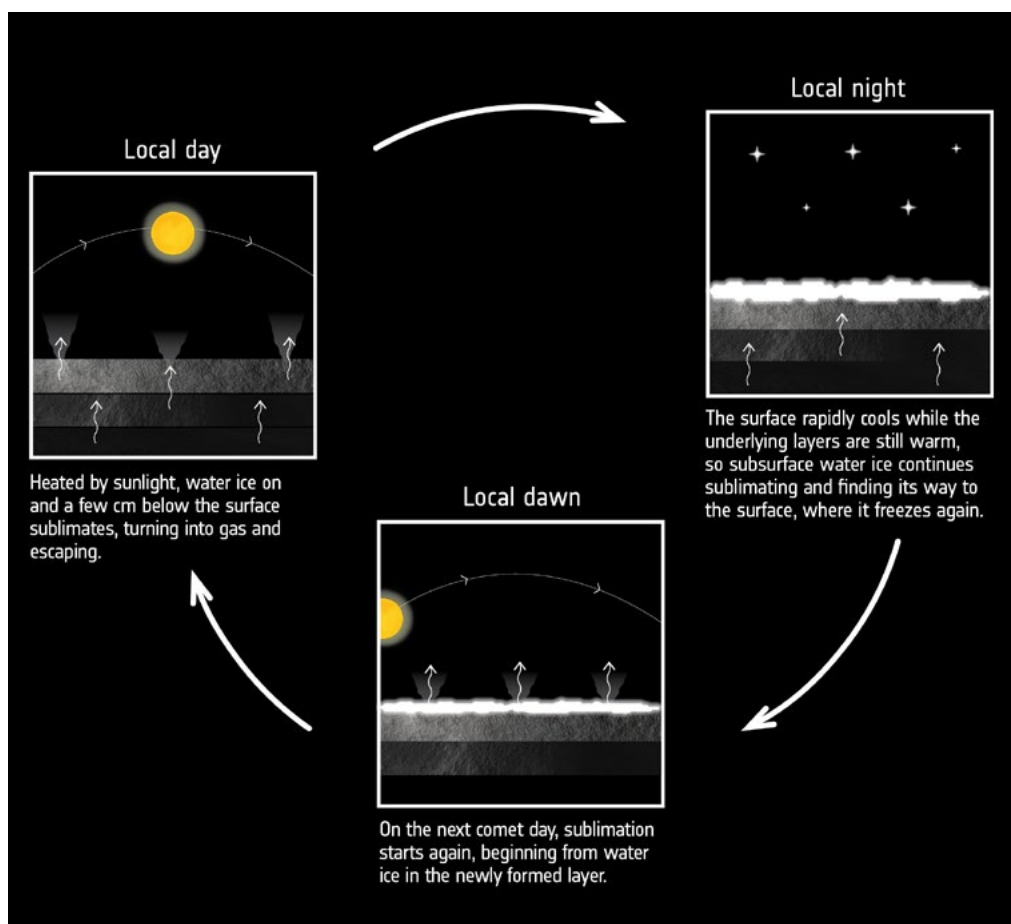
Uma equipa do Instituto Gulbenkian de Ciência, em colaboração com a Universidade Rockefeller (EUA), descobriu o mecanismo a partir do qual o cérebro ativa as células adiposas, no sentido de destruir a gordura nelas contida com vista à produção de energia. Esta descoberta poderá permitir o desenvolvimento de novos tratamentos contra a obesidade.

## Arriba com 250 milhões de anos em perigo

Uma intervenção, em Vila do Bispo, Sagres, destruiu parte de uma arriba fóssil com 250 milhões de anos. Desde que foi noticiada a intervenção, muitas foram as vozes que se levantaram em defesa do geomonumento da Praia do Telheiro, de grande importância no estudo da deriva continental e da tectónica de placas. A intervenção, que visava a melhoria de condições no acesso à praia, foi entretanto suspensa.

# A transformação de gelo em vapor de água no cometa 67P/Churyumov-Gerasimenko

Os dados enviados pela sonda *Rosetta*, a orbitar o cometa 67P/Churyumov-Gerasimenko desde agosto de 2014, permitiram compreender as transformações que ocorrem no cometa, nomeadamente como ocorre a formação de vapor de água a partir do gelo.



Formação de vapor de água a partir do gelo no cometa 67P/Churyumov-Gerasimenko. (Imagem da ESA - clique na imagem para consultar a imagem original.)

O estudo que permitiu concluir sobre as transformações de gelo em vapor de água ocorreu com base em dados recolhidos em setembro de 2014 e incidiu sobre 1 km<sup>2</sup> de superfície. O processo de transformação de gelo em vapor de água que ocorre no cometa 67P/Churyumov-Gerasimenko, demonstrado na imagem acima, ocorre da seguinte forma: na região exposta à luz solar, o gelo à superfície e abaixo desta sublima e escapa. Quando

a região não recebe luz, a superfície rapidamente arrefece, mas as camadas abaixo desta continuam quentes, provocando a sublimação do gelo aí existente. Este, em contacto com a superfície fria arrefece novamente e regressa ao estado sólido. Quando a região recebe novamente luz, recomeça o processo de sublimação do gelo, sendo o gelo recém formado à superfície o primeiro a sublimar.



# Prémio Casa das Ciências

Pedro Alexandrino Fernandes



Caros leitores,

no dia 30 de Setembro teve lugar a cerimónia de entrega do prémio “Casa das Ciências”. Trata-se de uma ocasião onde a Casa das Ciências manifesta o seu agradecimento a todos aqueles que, voluntariamente, contribuíram para a sua edificação, partilhando o seu esforço, trabalho e sabedoria sobre a forma de materiais pedagógicos, imagens e ilustrações científicas, e com isso contribuindo para a melhoria da qualidade da educação e formação no nosso país. Em anos anteriores a cerimónia foi realizada na Fundação Calouste Gulbenkian, que foi a instituição que promoveu e financiou este projeto desde a sua fundação até julho de 2015.

Este ano a cerimónia teve lugar, pela primeira vez, na Faculdade de Ciências do Porto, no Departamento de Química e Bioquímica, que desde a criação deste projeto, sempre acolheu gratuitamente a equipa da Casa das Ciências nas suas instalações, fornecendo-lhes espaços e equipamentos para que possam realizar o seu trabalho. Foram entregues prémios em três categorias: prémio “Casa das Ciências”, que homenageia materiais pedagógicos digitais de excepcional qualidade, prémio “Ilustração Científica”, que homenageia ilustrações científicas de

*Este ano a cerimónia teve lugar, pela primeira vez, na Faculdade de Ciências do Porto, no Departamento de Química e Bioquímica, que desde a criação deste projeto, sempre acolheu gratuitamente a equipa da Casa das Ciências nas suas instalações (...)*

grande mérito estético, pedagógico e científico, e prémio “Fotografia”, que homenageia fotografias depositadas na base de dados da Casa das Ciências e que, à imagem da ilustração científica, se revista de grande mérito no âmbito dos objectivos deste projeto.

*É nossa esperança e objetivo manter este projeto em movimento, e concretizar muitas mais edições deste prémio, com um apoio reforçado dos nossos leitores, contribuidores e utilizadores.*

Esta edição da cerimónia da entrega do prémio “Casa das Ciências” revestiu-se de especial significado, por ser porventura a última. Como é sabido dos nossos leitores regulares, a Fundação Calouste Gulbenkian já não financia a Casa das Ciências. A equipa da Casa continua a encetar esforços constantes para encontrar financiadores para o projeto, mas com grande dificuldade, uma vez que a comunidade-alvo (os docentes do ensino básico e secundário) não constituem uma camada desfavorecida da população, sendo quase impossível focar o financiamento fundacional no projeto, uma vez que esse tipo de financiamento se dedica quase exclusivamente a camadas da população com graves carências básicas. Foi lançada recentemente uma iniciativa de *crowdfunding* mas a verba recolhida (€3 873) fica muito aquém das necessidades para a manutenção da Casa das Ciências em funcionamento. É nossa esperança e objetivo manter este projeto em movimento, e concretizar muitas mais edições deste prémio, com um apoio reforçado dos nossos leitores, contribuidores e utilizadores.

*Pedro Alexandrino Fernandes*  
Coordenador do projeto  
Casa das Ciências

# Taxonomia: será que ainda é necessária?

Rubim Almeida



Sempre que alguém menciona a palavra “taxonomia” metade do mundo imagina imediatamente alguém já com uma propecta idade num gabinete mantido na penumbra, a cheirar a naftalina, e rodeado de pilhas de plantas secas ou animais empalhados. A outra metade, automaticamente, pensará em animais “empalhados” (taxidermia), ou “isso já não se usa” e ainda haverá aqueles (geralmente alunos) que pensarão “QUE MEDO!!!!!”.



Figura 1 Austin Hobart Clark (1880-1954), no seu gabinete, rodeado pela sua paixão.

Mas afinal o que é isto da Taxonomia? Bem ... tudo depende de quem fala: para um zoólogo a taxonomia é parte de uma área mais lata, a Sistemática, cujo principal objectivo de estudo é a diversidade biológica e as suas origens e que se foca em compreender as relações evolutivas entre organismos. Neste contexto a taxonomia é a área do conhecimento que lida com os princípios da nomenclatura (com as regras para aplicar nomes) e com a classificação. No entanto para um botânico, Taxonomia e Sistemática são, em geral, sinónimos e incluem tudo o que acima foi referido. Como corolário poderíamos dizer que a taxonomia nos conta como as plantas e os animais estão a mudar e como esse facto provoca alterações no planeta.

São conhecidas cerca de 1,5 milhões de espécies animais e cerca de 400 000 espécies de plantas. No entanto, estima-se que existam mais de 5 milhões de espécies animais e 100 000 espécies de plantas, por descobrir. Por outro lado, cerca de 22% das espécies totais de plantas enfrentam o

perigo de extinção (cerca de 100 000, tantas quantas as que desconhecemos) e nos animais o panorama pode ser bem pior quando olhamos para grupos como, por exemplo, o dos anfíbios.



Figura 2 *Asphodelus bento-rainhae*, uma das espécies endémicas portuguesas, ameaçada

Os trabalhos realizados indicam que actualmente é o impacto da actividade humana a maior causa de ameaça à diversidade. Uma análise do risco de extinção das plantas a nível mundial, realizada pelo Royal Botanical Gardens of Kew (UK), aponta que as plantas se encontram tão ameaçadas como os mamíferos, com 1 em cada 5 espécies vegetais ameaçadas de extinção, valor que é bastante maior para certos grupos de plantas. Em certas partes do globo e para determinados conjuntos da flora, esses valores são ainda mais “assustadores”. Por exemplo, metade das 188 espécies de palmeiras de Madagáscar só foram descobertas há 20 anos e 90% encontram-se ameaçadas de extinção.

A taxa global de extinção de espécies pode ser 1000 a 10000 vezes superior ao que seria de esperar (calcula-se que anteriormente ao aparecimento do homem, menos de 1 em cada 1 000 000 de espécies, se extinguiria em cada ano). Enfrentamos aquela que pode ser a 6ª grande extinção em massa e pior do que foi a dos dinossauros.

Criamos esta “extinção” e falta-nos o saber para entender o que estamos a perder tão rapidamente. A taxonomia é a chave para compreender como salvar o que ainda é possível e para fazer planos para o futuro. Se se pretende corrigir

esta crise, que é também taxonómica, será necessário reconhecer o trabalho dos taxonomistas (incluindo naturalistas) e o papel e valor das colecções museológicas. Para isso são necessários recursos e formar pessoas já que a taxonomia é uma área do conhecimento que desde a década de 60 do século passado, quase se extinguiu também (nos países periféricos como nosso, as pessoas a trabalhar na área, contam-se pelos dedos das mãos).

A taxonomia é demasiado importante. É necessário compreender a biodiversidade e o seu papel no fornecimento de serviços de ecossistemas, tais como a polinização, de que dependemos. Um dos desafios que actualmente se coloca aos taxonomistas é mudar a forma como são vistos pela academia e pela sociedade em geral: praticantes de uma ciência antiga e sem desafios intelectuais que pura e simplesmente apenas descreve espécies. E este ponto de vista piora ainda quando se sugere que os trabalhos podem ser realizados à custa de estudos moleculares, comparando o DNA das espécies.

A taxonomia não é levada a sério. Para se fazerem estudos de DNA e moleculares, por forma a criar bases de dados adequadas a futuras identificações, é necessário que previamente haja quem identifique as plantas a integrar esse estudo. Mas mesmo assim os estudos moleculares, como o DNA Barcoding, tão na “moda”, ainda que possam vir a facilitar as identificações, nunca levarão ao desaparecimento da taxonomia e dos taxonomistas. Os taxonomistas fazem muito mais do que comparar DNA. São os conservadores

do conhecimento sobre as plantas (e/ou animais), sobre a sua identidade, das suas formas de vida, do tipo de habitats que ocupam, da forma como interagem com outros seres vivos e com o ambiente, facilitando o entendimento do papel funcional da biodiversidade que permite coisas tão diferentes como a luta contra organismos infestantes ou até o combate a pestes e doenças, mesmo as humanas.

A taxonomia passou do tempo das grandes explorações e descobertas, das grandes colecções alimentadas pelos Darwin deste mundo, para um tempo no séc. XX em que passou a ser “démodée” e considerada como ultrapassada, situação que se mantém. Actualmente faltam taxonomistas (no último estudo realizado no Reino Unido, considerou-se ser necessário formar 500 taxonomistas de modo a poder responder aos problemas actuais mais prementes e gerir as colecções existentes), a informação existente é inadequada e faltam estruturas a somar ao declínio de especialistas.

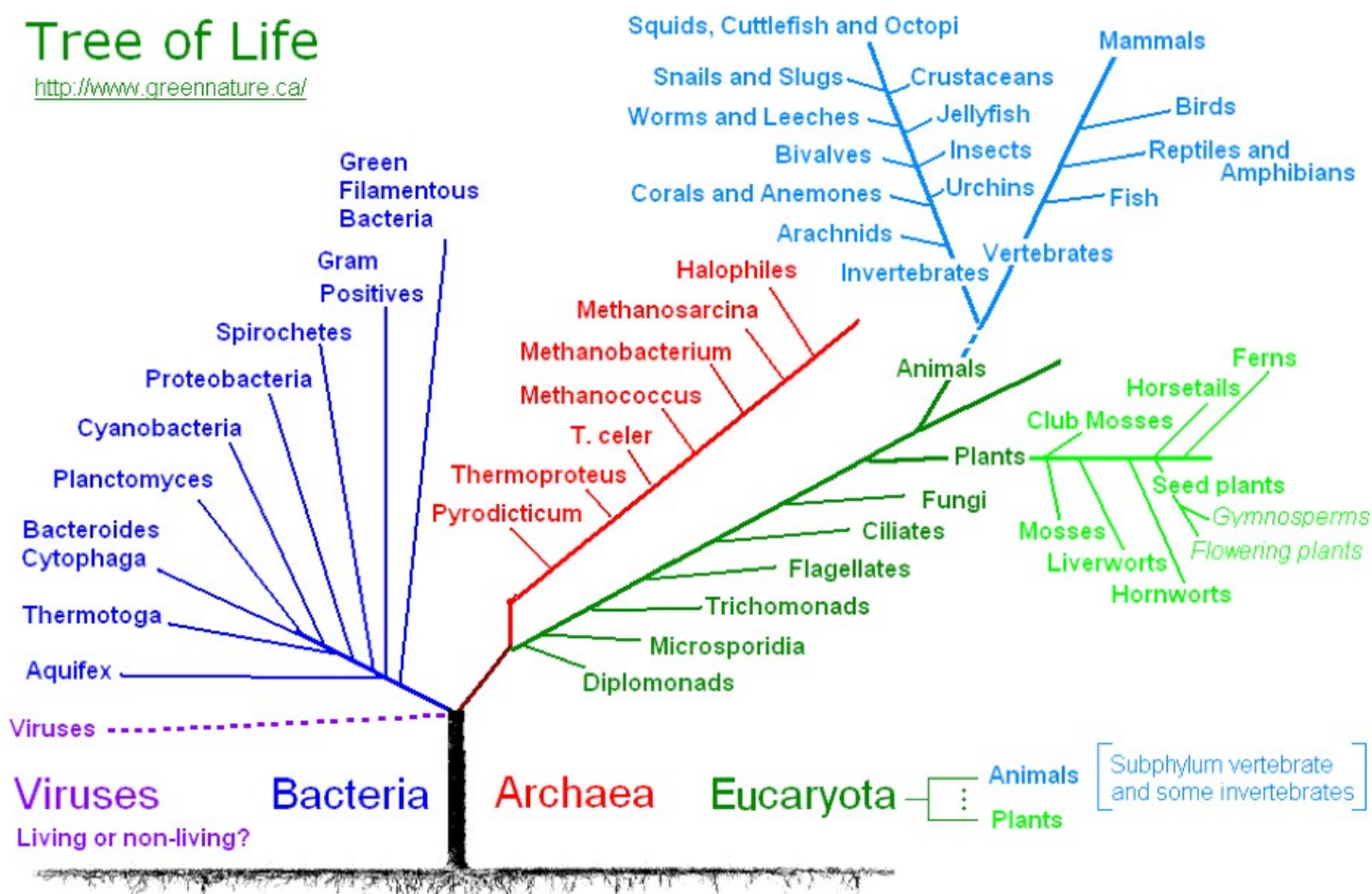
Nos últimos dois séculos os taxonomistas deram nomes a cerca de 2 000 000 de espécies de animais plantas, algas, fungos e microrganismos vários. O desafio, hoje, é lidar com todos os problemas que afectam as nossas capacidades para conservar, tirar partido e usar a diversidade biológica. Será que ainda vamos a tempo? Será que a taxonomia ainda é necessária?

*Rubim Almeida*

Departamento de Biologia da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto

## Tree of Life

<http://www.greennature.ca/>





# Da areia do fundo do oceano ao cume da montanha quartzítica





Uma história contada no Geopark  
Naturtejo reconhecido pela UNESCO



Joana  
Rodrigues



Carlos  
Neto Carvalho



O Geopark Naturtejo da Meseta Meridional, o primeiro geoparque português reconhecido pela UNESCO, é um território ímpar, pelo seu reconhecido património geológico de relevância internacional, cujo uso diferenciador e a dimensão sócio-económica são motores para o desenvolvimento sustentável. Os geossítios e geomonumentos do Geopark são locais de interesse geológico que se revelam enquanto testemunhos-chave no estabelecimento das várias etapas da longa e complexa, verdadeiramente fascinante História da Terra (Neto de Carvalho & Rodrigues, 2010).

O Geopark caracteriza-se por amplas áreas aplanadas (Meseta) com uma evolução por etapas durante o Mesoceno, ou seja, nos últimos 250 milhões de anos, sobre um soco muito antigo, com rochas de origem sedimentar datadas do Neoproterozóico (Grupo das Beiras, com cerca de 600 milhões de anos). Da superfície da Meseta irrompem numerosos relevos residuais, dos quais se salientam as cristas quartzíticas ordovícicas e os inselbergs ou montes-ilha graníticos (Monsanto), bem como as bacias intramontanhosas com preenchimentos sedimentares relacionados com a Orogenia Alpina. Destaque para as redes hidrográficas profundamente entalhadas durante as crises climáticas do Plistocénico e induzidas por importantes

fenómenos de tectónica recente que recortaram a paisagem em vários blocos (grabens e horsts) e dão origem a algumas das águas termais existentes no território.

Pretende-se com este trabalho atravessar 600 milhões de anos e um conjunto de acontecimentos que se interligam e que compõem a história geológica do Geopark Naturtejo. Desta vez, iremos descobrir o que nos conta uma das rochas mais importantes do geoparque, responsável pelos elementos mais significativos do seu património geológico e da sua paisagem: os quartzitos.

## Parque Icnológico de Penha Garcia

O sítio paleontológico do Parque Icnológico de Penha Garcia, um dos mais visitados geomonumentos do Geopark Naturtejo, é conhecido e estudado desde 1883, sobretudo no que diz respeito ao conteúdo paleontológico da Formação do Quartzito Armoricano, sendo que são especificamente as evidências de actividade paleobiológica que lhe dão reconhecimento, estando expostos ao longo do vale, como quadros numa impressionante galeria de arte.

São conhecidas 36 formas de comportamento animal que tipificam esta formação com distribuição nas áreas costeiras que circundavam o antigo continente Gondwana. Esta jazida é considerada como referência internacional para o



Figura 1 (à esquerda) Cruziana rugosa, um dos grupos de referência que existem em Penha Garcia.

Figura 2 (à direita) Interpretação dos icnofósseis de Cruziana como escavações produzidas por trilobites durante a sua alimentação.



grupo *Cruziana rugosa* pela diversidade de comportamentos determinados, qualidade de preservação, dimensões (variando entre mm e as maiores *Cruziana* que se conhecem no registo paleontológico mundial), assim como a muito rara atribuição a um produtor (trilobite *Asaphida*) que ocorre nas mesmas rochas. A interpretação de *Cruziana* como escavações de alimentação atribuíveis a trilobites foi desenvolvida por Roland Goldring (1985) com base em recolhas feitas também em Penha Garcia, nos finais da década de setenta. São ainda reconhecidos comportamentos de crustáceos filocarídeos, de bivalves, de anémonas e de vermes (incluindo poliquetas sésseis e errantes). Deve-se realçar a ocorrência de uma pista de locomoção do tipo *Merostomichnites* atribuída a filocarídeos. Apenas se conhecem duas ocorrências em Portugal e esta é a única observável. Tratam-se dos vestígios mais antigos deste grupo de artrópodes encontrados em Portugal.

O património paleontológico de Penha Garcia continua a revelar valores significativos à medida que são feitas novas descobertas pelos investigadores que ali trabalham, sustentados pela nobre herança deixada por grandes paleontólogos como Nery Delgado, Roland Goldring e Adolf Seilacher (Delgado, 1885, Goldring 1985, Neto de Carvalho, 2004, 2006, Seilacher, 2007).

O Parque Icnológico de Penha Garcia e o seu diversificado património geológico são percorridos pela Rota dos Fósseis, um percurso pedestre temático que atravessa a garganta rochosa do rio Ponsul e inclui também a Casa dos Fósseis, um espaço que alberga espécimes de fósseis, rochas e minerais locais e interpreta os processos de fossilização e os comportamentos deixados pelos organismos que aí viveram.

Este impressionante registo fóssil do Ordovícico, com uma idade compreendida entre os 479,1 e os 443,8 milhões de anos (Ma) não é o mais antigo do Geopark Naturtejo. Existem rochas do Ediacariano Superior, com fósseis dos mais antigos conhecidos em Portugal, datados de há cerca de 580 a 540 milhões de anos, em Salvaterra do Extremo e Monfortinho, que revelam a existência de oceanos cobertos de gelo num período da história da vida em que existiam quase somente formas unicelulares. Tratam-se de microfósseis planctónicos, como acritarcas (Sequeira, 1993).

## Serra do Muradal

A oeste de Penha Garcia situa-se o relevo quartzítico do Muradal, do tipo “Apalachiano”. Esta montanha ergue-se desafiante, quase meio quilómetro acima da Superfície de Castelo Branco que se estende, monótona e ocasionalmente retalhada pela incisão fluvial, até aos pés da Cardilheira Central (Rodrigues et al. 2009). O icnofóssil do tipo *Daedalus* é uma das mais intrigantes formas de comportamento que

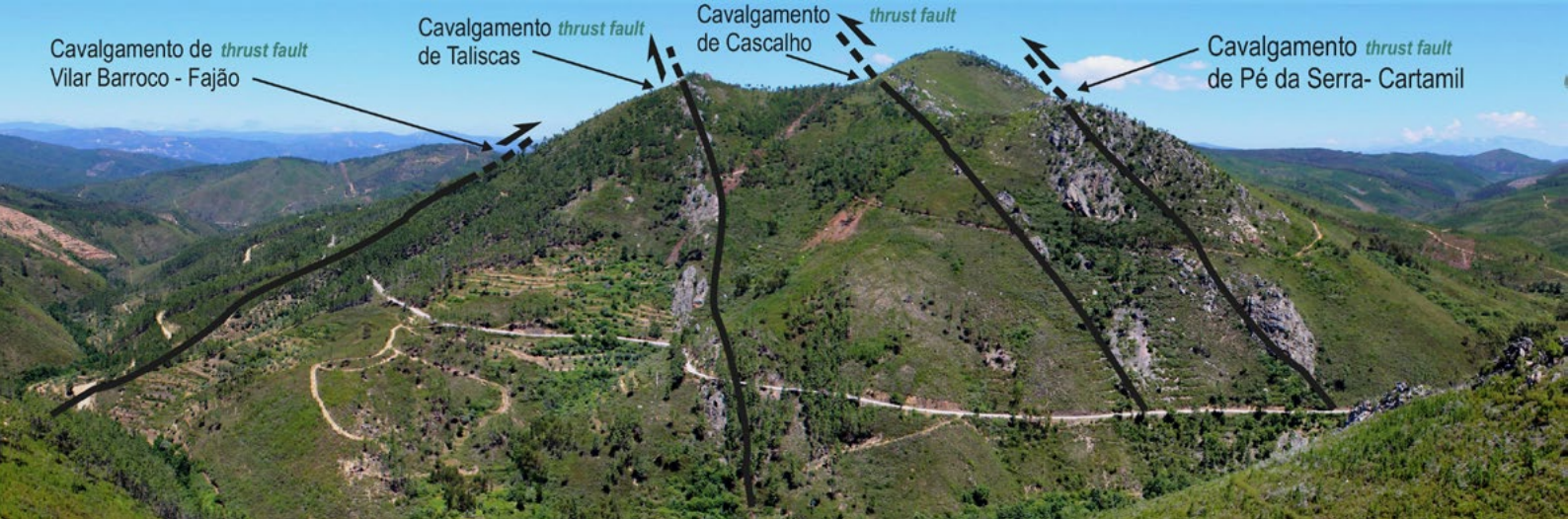
se encontram nas rochas quartzíticas desta montanha (Fig. 3). Múltiplas marcas que lembram uma qualquer escrita ancestral indecifrável comprovam a existência de vida abundante quando, outrora, estas rochas dispostas em camadas eram sedimentos de um fundo marinho, do primitivo oceano Rheic, onde a vida proliferou e evoluiu. Um misterioso animal escavou sistematicamente a partir do fundo arenoso onde viveu, construindo sucessivas galerias verticais em forma de J dispostas de modo centrípeto, constituindo a três dimensões um cone, com o propósito de se alimentar do único recurso nutritivo em areias de quartzo lavadas pelo mar – películas de bactérias que envolviam os grãos.



Figura 3 Jazida da Penha Alta caracterizada pela abundância de icnofósseis de *Daedalus*, galerias de habitação e alimentação helicoidais produzidas por vermes.

Este estranho e complexo modo de viver viria a extinguir-se para sempre, conjuntamente com o animal que o produziu, há cerca de 430 Ma. Estes são testemunhos de uma vasta planície costeira que se estendia por quilómetros, cuja dinâmica pode ser testemunhada na Serra do Muradal. Ali se podem observar as evidências da abertura de um oceano, o seu fecho e a conseqüente deformação das rochas (Fig. 4) sob enormes pressões, durante a formação do supercontinente Pangeia, e a formação progressiva da crista Apalachiana do Muradal. Esta crista é atravessada pelo percurso pedestre da Grande Rota Muradal-Pangeia, integrado no Trilho Internacional dos Apalaches que pretende ligar territórios norte-americanos, europeus e norte-africanos, outrora unidos na Pangeia, e que foram afastados pela abertura do oceano Atlântico. Este percurso temático evoca o supercontinente Pangeia, que existiu até há 200 Ma, com passagem por locais de interesse geológico, geomorfológico, paleontológico, biológico, histórico e cultural, incluindo uma Escola de Escalada e uma Via Ferrata – Caminho sobre o Oceano Ordovícico.





**Figura 4** Vista panorâmica a partir do Miradouro do Zebro, sobre a crista quartzítica do Muradal, com destaque para a deformação das rochas resultante da colisão entre placas tectónicas, durante a formação da Pangeia.

### Vale Mourão e as Portas de Almourão

As formações sedimentares, que ocorreram nos fundos marinhos há cerca de 500 Ma, surgem agora nos cumes das serras do Muradal, Penha Garcia e Talhadas. Estes materiais foram enrugados e elevados por forças compressivas derivadas da gigantesca colisão continental que originou a formação da Pangeia. A magnitude desta colisão continental pode ser testemunhada em Vale Mourão (Metodiev *et. al.* 2009), onde a conseqüente elevação da grande cordilheira montanhosa Varisca está bem patente na paisagem, com camadas verticalizadas e rochas dobradas e redobradas, em estruturas sinformas e antiformas dignas de respeito (Fig. 5), como é o caso da Dobra Albarda. Neste contexto, o imponente geomonumento das Portas de Almourão desvenda uma impressionante garganta epigénica escavada pelo rio Ocreza nos últimos 2 Ma, tendo dado origem a um desfiladeiro com quase 400 m de profundidade (Fig.6). O rio aproveitou uma zona de fraqueza estrutural, pela existência de falhas, para entalhar o leito através da Serra das Talhadas. A geodinâmica e a dinâmica fluvial das Portas de Almourão fizeram com que as aldeias localizadas a jusante da garganta, Foz do Cobrão e Sobral Fernando, tenham sido locais com tradição para a exploração de ouro,

desde o período romano até meados do século XX. Sobral Fernando é uma aldeia típica construída literalmente em cima de uma mina de ouro, uma conheira que aí ainda se pode visitar.

A este propósito, o percurso pedestre “Rota das Conheiras” percorre os vestígios destas antigas conheiras e a actividade “Há Ouro na Foz”, tradição recuperada pelo geoparque, permite experimentar o garimpo de ouro nas margens do Ocreza, utilizando técnicas milenares. Em Vale Mourão são vários os miradouros temáticos sobre o geomonumento das Portas de Almourão e sobre a flora e fauna da crista quartzítica que permitem uma leitura clara sobre a incisão fluvial e os ecossistemas rupícolas. A interpretação dos processos de deformação pode ser feita através de percursos pedestres guiados que cruzam a garganta e acompanham a deformação bem patente nas rochas, como “Os Segredos de Vale Mourão”, “Viagem pelos Ossos da Terra” e “Caminho do Xisto -Voo do Grifo”.

### Vale do Tejo e as Portas de Ródão

A Serra das Talhadas, tal como a Serra de Penha Garcia ou a Serra do Muradal, exhibe rochas quartzíticas coesas e duras que eram originalmente areias móveis em fundos marinhos,



**Figura 5** (à esquerda) Dobras sinforma e antiforma, com eixos paralelos inclinados ou vergentes para NE, no Corte de Estrada Sobral Fernando-Carregais. **Figura 6** (à direita) Portas de Almourão, garganta entalhada pelo rio Ocreza.



como podemos comprovar pela existência de marcas de ondulação (*ripple marks*) comparáveis com aquelas que encontramos hoje nas praias e que nos indicam que este mar tinha aqui poucos metros de profundidade. Os quartzitos são rochas neste contexto particularmente resistentes à erosão, formando relevos residuais que sobressaem na paisagem quando as rochas xistentas menos resistentes que os envolvem são erodidas. No Geopark Naturtejo estes relevos tão característicos, que constituem verdadeiras muralhas naturais, compõem os relevos apalachianos, como na serra de Penha Garcia, na serra do Muradal, na serra de Monforte da Beira ou na serra das Talhadas.

É precisamente na serra das Talhadas que se localizam

as Portas de Ródão, em pleno curso do rio Tejo, um dos mais importantes rios da Península Ibérica, que ali corre entrincheirado, submisso, entre gigantes quartzíticos (Figura 7). O Rio Tejo aproveitou a intersecção de quatro acidentes tectónicos gerando um vale encaixado nas serras de Talhadas e Perdigão, que atinge 45 m na largura mínima, entre escarpas quartzíticas com cerca de 200 m de altura. A incisão fluvial terá avançado a uma velocidade média de 10 cm por 1000 anos (Cunha *et al.* 2005), tendo começado há cerca de 2,6 Ma, como se pode observar pelas etapas sucessivas de encaixe materializadas nos terraços fluviais (Cunha *et al.*, 2008).

Com base nas características geológicas e geomorfológicas,



Figura 7 Monumento Natural das Portas de Ródão.

toda a área do Monumento Natural das Portas de Ródão encerra uma importante biodiversidade e um rico património arqueológico, marcado pela excepcionalidade do Complexo de Arte Rupestre do Tejo e também associado à ocupação dos terraços fluviais. Por exemplo, no Paleolítico Inferior, que remonta há mais de 150 000 anos, as cascalheiras dos terraços ofereceram ao ser humano matéria-prima para a construção de inúmeras ferramentas, que estão ainda hoje bem preservados.

Um passeio de barco pelas águas tranquilas do rio Tejo apresenta de vários prismas, científicos aos puramente estéticos, o Monumento Natural, permitindo cruzar as Portas do Ródão, que podem também ser observadas de

vários miradouros temáticos dedicados ao património geológico e à biodiversidade. Percursos pedestres, como a Rota das Invasões, Trilhos do Conhal ou o Caminho das Virtudes, oferecem perspectivas magníficas sobre as Portas de Ródão e sobre as cristas quartzíticas paralelas das serras das Talhadas e do Perdigão. Destaque ainda para o percurso “Geologia e Arqueologia Urbanas” que proporciona uma abordagem integradora entre os vestígios arqueológicos e o substrato geológico.

### Árvores Fósseis

Precisamente num destes terraços do Tejo, no Monte do Pinhal (designado T1 por Cunha *et al.*, 2008) foram



encontrados os Troncos Fósseis de Vila Velha de Ródão (veja-se Neto de Carvalho & Rodrigues 2008)(Fig. 8). O terraço fluvial do Monte Pinhal é o mais antigo e aquele que se dispõe a altitude mais elevada, à cota dos 180m e a 120m do leito actual do Tejo, tendo os troncos sido postos a descoberto entre os amontoados de seixos rolados de uma conheira, durante a exploração aurífera levada a cabo possivelmente durante o domínio Romano. Este terraço, datado de há cerca de 1,6 Ma (Cunha *et al.*, 2008), ravina depósitos cenozóicos anteriores, pelo que os troncos terão sido remobilizados das sequências arcóicas mais antigas por acção fluvial e depositados a jusante.



**Figura 8** Troncos fósseis de Vila Velha de Ródão, recuperados do terraço fluvial do Monte Pinhal.



**Figura 9** Detalhe de tronco, observando aspectos do sistema vascular, anéis de crescimento, incisões de choque e zonas apodrecidas.

O forte desgaste dos fósseis, as incisões de choque provocadas por seixos assim como a ampliação das fracturas pré-existentes que os seccionam, mostram que os troncos assentaram, em parte, num leito fluvial de elevada energia, cascalhento, posteriormente à sua fossilização. Assim, os troncos fósseis serão mais antigos do que os depósitos

pliocénicos do Tejo, possuindo entre 15 e 5 Ma. Estes troncos e outros conhecidos partilham as características de uma mesma árvore atribuída a *Annonoxylon teixeirae*, cuja representante actual mais conhecida são as xilópias, do grupo das Anonáceas, indicando que o clima nesta região terá sido tropical, quente e húmido, mas com estações contrastantes.

### **Cascata da Fraga da Água d'Alta e os fósseis vivos da antiga Laurissilva**

Estes troncos fossilizados são os últimos testemunhos de uma floresta que já não existe na região, assim como os vestígios actuais de Laurissilva, recentemente encontrados na Fraga da Água d'Alta, que actualmente apenas persistem em alguns locais da Macaronésia e em alguns refúgios da Europa continental, com destaque para o azereiro (*Prunus lusitanica*), o folhado (*Viburnum tinus*), o amieiro negro (*Frangula alnus L.*) ou o *Omphalodes nitida*, um endemismo Ibérico. Estes vestígios de Laurissilva são autênticos fósseis vivos, representando florestas antigas que remontam ao período Terciário.



**Figura 10** Cascata da Fraga da Água d'Alta, um reduto vestigial da Laurissilva europeia.

Deste paraíso agora encontrado destaca-se também as cascatas da Fraga da Água d'Alta, onde se observa a



evolução do perfil do ribeiro que, nas condições climáticas actuais, vai regularizando os três relevos estruturais pela erosão e tenta alcançar o seu perfil de equilíbrio, um processo erosivo que se assemelha ao que terá levado, na sua fase inicial, à formação das gargantas das Portas de Almourão ou Portas de Ródão (Fig. 10 e 11). As bancadas métricas de quartzitos alternam com bancadas mais finas de quartzitos e xistos, essas menos resistentes à erosão fluvial, ocorrendo um encaixe diferencial da linha de água. O Vale das Cardosas é atravessado pela GeoRota do Orvalho, um percurso pedestre que aborda a riqueza da geodiversidade, da biodiversidade e do património cultural, deste troço da Serra do Muradal.

Este património geológico excepcional, de origem quartzítica, que pauta o Geopark Naturtejo tem sido alvo de estratégias de geoconservação e divulgação para um público diversificado: habitantes, turistas, geoturistas, professores, estudantes e grupos heterogéneos, com o desenvolvimento de ferramentas apropriadas, estratégias específicas e guias especializados (Rodrigues, 2012). A interpretação da história geológica do Geopark Naturtejo, dos materiais e dos processos envolvidos, é fundamental na conservação dos valores da Geodiversidade, sensibilizando para a sua importância e vulnerabilidade. Por milhões de anos os duros quartzitos construíram a paisagem do Geopark Naturtejo. Mas mesmo estas rochas mais duras voltam e voltarão à sua condição original de areias de praia...

## Referências

Cunha, P. Proença, Martins, A. A., Daveau, S. & Friend, P. F. 2005. Tectonic control of the Tejo river fluvial incision during the Late Cenozoic, in Ródão – Central Portugal (Atlantic Iberian border). *Geomorphology*, 64, 271-298.

Cunha, P. Proença, Martins, A.A., Huot, S., Murray, A. & Raposo, L. 2008. Dating the Tejo River lower terraces in the Ródão area (Portugal) to assess the role of tectonics and uplift. *Geomorphology*, 102, 43-54.

Delgado, J. F. N. 1885. Terrenos paleozóicos de Portugal: -Estudo sobre os Bilobites e outros fósseis das quartzites da base do systema silurico de Portugal. *Memória da Secção de Trabalhos Geológicos de Portugal*, Lisboa, 113 pp.

Goldring, R. 1985. The formation of the trace fossil Cruziana. *Geological Magazine*, 122(1), 65-72.

Methodiev, D., Romão, J. & Dias, R. 2009. Vila Velha de Ródão Variscan complex syncline: stratigraphy and structure (Central-Iberian Zone, Portugal). In Neto de Carvalho, C. & Rodrigues, J. (eds.), *New challenges with geotourism. Proceedings of the 8th European Geoparks Conference*, Idanha-a-Nova: 144-149.

Neto de Carvalho, C. 2004. Os Testemunhos que as Rochas nos Legaram: Geodiversidade e Potencialidades do Património do Canhão Fluvial de Penha Garcia. *Geonovas*, 18:35 - 65

Neto de Carvalho, C. 2006. Roller coaster behaviour in the Cruziana

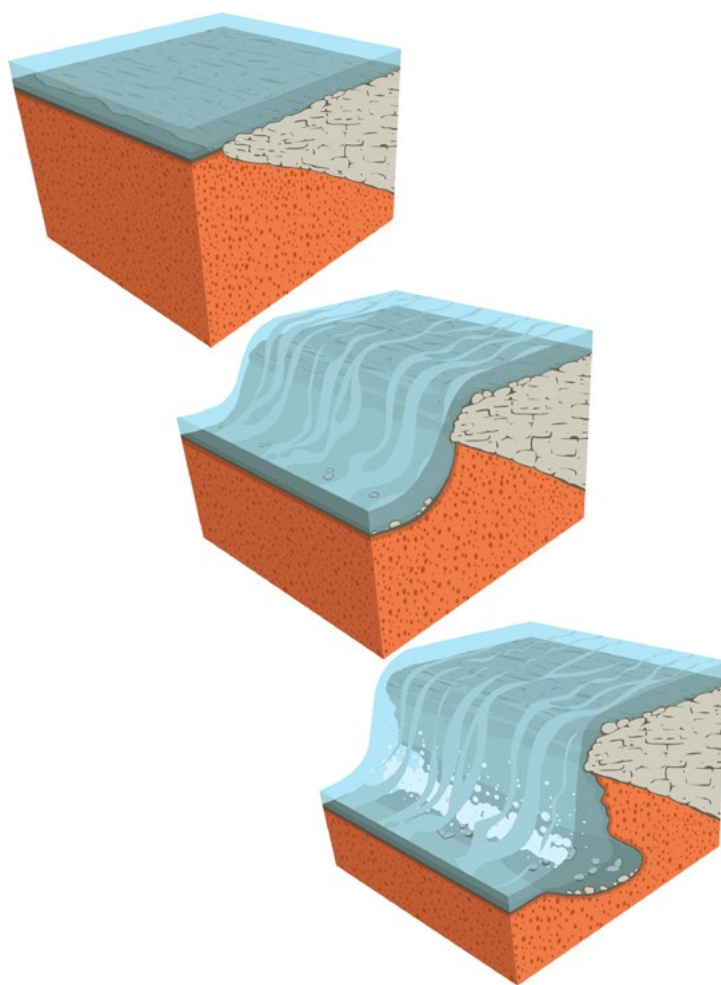


Figura 11 A diferente resistência entre quartzitos e xistos é responsável pela erosão diferencial que origina os degraus da Fraga da Água d'Alta.

rugosa group from Penha Garcia (Portugal): implications for the feeding program of Trilobites. *Ichnos*, 13(4): 255-265.

Neto de Carvalho, C & Rodrigues, J. 2008. As árvores fósseis de Vila Velha de Ródão: contribuição para a sua conservação e valorização como geomonumentos. *Açafa On-line*, 1 – 23.

Neto de Carvalho, C. & Rodrigues, J. 2010. Building a Geopark for fostering socio economical development and to burst cultural pride: the Naturtejo European Geopark (Portugal). In: P. Florido & I. Rábano (Eds), *Una visión multidisciplinar del patrimonio geológico y minero. Cuadernos del Museo Geominero*, 12: 467-479.

Rodrigues, J. 2012. Pedagogical Geosciences tools to explain Naturtejo Geopark in both non-formal and formal environments. *Libro de Ponencias II Conferencia del Proyecto Geoschools: "Geología y Sociedad: Alfabetización Geocientífica"*. *Publicaciones del Seminario de Paleontología de Zaragoza*, nº 10, 2012.

Rodrigues, J.C., Neto de Carvalho, C., & Methodiev, D. 2009. Património geológico da Serra do Moradal (Oleiros): Inventariação, certezas e potencialidades geoturísticas. *Açafa On-line*, 2, 1-53.

Seilacher, A. 2007. *Trace Fossil Analysis*. Springer, 226 p.

Sequeira, A. 1993. Provável discordância intra Grupo das Beiras na região entre Monfortinho e Idanha-a-Velha. *XII Reunião de Geologia do Oeste Peninsular*, vol. 1, 41-52.



À CONVERSA COM...

# Paulo Fonseca





Paulo Emanuel Talhadas Ferreira da Fonseca, Professor do Departamento de Geologia da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa - GeoFCUL, e membro da Comissão Editorial da Casa das Ciências é o nosso entrevistado deste trimestre. O seu percurso académico passa todo ele pela Universidade de Lisboa, onde depois da licenciatura em Geologia no ramo científico em 1985, ingressou como Assistente Estagiário no Departamento de Geologia da FCUL em Fevereiro de 1987 e concluiu as P.A.P.C.C, equivalentes a Mestrado, em Dezembro de 1989. Defendeu o seu Doutoramento na Área da Geodinâmica Interna (Geologia Estrutural) em Junho de 1995. Fez a Agregação em Geologia em Novembro de 2003, sendo desde então docente do Departamento de Geologia, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. Para além disso, foi Professor Convidado na Universidade Aberta e na Universidade da Madeira para alguns Mestrados aí ministrados e Orientador Científico de várias Teses de Mestrado e de Doutoramento em várias áreas da Geologia.

Actualmente é Investigador do IDL – Instituto Dom Luiz, por fusão com o Centro de Geologia da FCUL, responsável pelo LabGExp – Laboratório de Geologia Experimental, do GeoFCUL.

Para além da Tectónica, da Geologia Estrutural e da Geodinâmica em geral, os seus interesses específicos também passam por áreas de interesse em investigação mais específicas, tais como, fracturação, geologia estrutural aplicada e cartografia aplicada, complexos ofiolíticos, crusta oceânica, orogénias varisca e alpina, deformação frágil e dúctil, edificação de cadeias de montanhas, geologia de ilhas oceânicas (Macaronésia), geologia ambiental e geologia aplicada e ainda a sequestração de CO<sub>2</sub>, armazenamento de gás e óleo (LPG), reservatórios naturais (circulação de fluidos em meios fracturados), hidrogeologia, geologia experimental, experimentação analógica, nas vertentes de investigação e de divulgação científica em ensinamentos formal e não formal.

Com mais de 200 publicações em Portugal e no estrangeiro, possui uma perspectiva de rigor para o ensino da Geologia, em particular, e das ciências, em geral, nos diferentes subsistemas de ensino. Fez parte até um passado recente do Conselho Nacional de Educação (CNE) em representação da Federação Portuguesa das Associações de Sociedades Científicas (FEPASC) durante 3 mandatos, que cumpriu integralmente. Por tudo isto, é alguém que se impõe ouvir quer na perspectiva do ensino das ciências quer da sua divulgação.

**Tentando compreender um pouco melhor quem é o que faz, começaria por lhe perguntar quem é Paulo Fonseca, o Geólogo? Se alguém que o não conhecesse, precisasse**

**de saber o essencial de si, o que lhe diria?**

Diria, para começar, que é Geólogo porque no 7º Ano (do meu tempo!), actual 11º Ano, teve um Professor de Geologia, cuja formação era a licenciatura em Biologia, que me “pegou” a paixão... deveria ser também para a Biologia um excelente Professor, mas a Geologia foi ministrada com uma tal exaltação, que, fósseis, minerais, formas da terra, etc. nunca mais foram vistas do mesmo modo! Não me esqueço de algumas das aulas desse Professor, e da afeição com que alguns de nós saímos das aulas para ir ver mais “bonecos” nos livros da Biblioteca do Liceu Nacional de Sintra. Depois tive a sorte de ter Geologia no ano propedêutico com os Prof. Galopim de Carvalho e José Manuel Brandão, via televisão, com uns ainda (atualmente) brilhantes Textos de Apoio desses mesmo autores... e quando os Mestres são BONS é fácil e gostoso aprender! Talvez por estes motivos considero que todo o apoio e incentivo que se possa dar aos nossos Professores do Ensino Básico e Secundário, deve ser uma prioridade para todos nós que estamos no Ensino Superior!

Em relação ao meu trabalho e ao que faço actualmente, poderei referir que gosto muito de dar aulas, principalmente quando os alunos também têm uma grande afeição por saber mais – isto é, que “puxam” por mim, um pouco menos quando andam mais “perdidos” e nem sabem bem se é Geologia que gostam e que perspectivam para o seu futuro. O “figurino” sem interesse e “vamos uns com os outros” de que os Professores do Ensino Secundário tanto se queixam também já chegou ao Superior... há que tentar mudar algumas mentalidades e despertar alguma dormência... está na nossa mão! Costumo dizer que a Geologia começa e acaba no Campo, e o comportamento dos alunos nas saídas de campo, cada vez mais escassas por problemas económicos, é completamente diferente! Martelam, medem com bússola, fazem esquemas, perguntam, interagem... enfim, têm comportamento de “formando”... fotografam e posteriormente discutem – sem dúvida que a maioria das aulas de quase todas as especialidades de Geologia deveriam ser no campo. Infelizmente por razões de contenção de despesas (a que a nossa Universidade também está sujeita) esta opção cada vez é mais difícil. Mas o meu trabalho não acaba com as aulas e o contacto e formação de alunos. Passa por outras vertentes como, investigação, administração, divulgação e prestação de serviços à comunidade. Com aspectos todos completamente dispares, têm todos eles aspectos de que gosto muito. As viagens a locais exóticos mas geologicamente interessantes (normalmente distantes em países de costumes muito diferentes) e o contacto e o trabalho colectivo com os colegas estrangeiros, a observação de cadeias de montanhas e de algumas zonas mais profundas, são pontos a referir nos capítulos da investigação. Na vertente administrativa o contacto



com outros colegas com outras formações e com os administrativos da Faculdade e da Universidade é também muito agradável e enriquecedor. Nos últimos aspectos - a divulgação científica e os serviços à comunidade, são na minha opinião, não só muito importantes na divulgação do que é a Geologia e as Ciências da Terra, como uma obrigação moral e ética depois do investimento feito na nossa formação. A obrigação de “ajudar” quer a ensinar e divulgar os princípios básicos, como a colaborar – no âmbito da nossa especialidade – com os nossos conhecimentos é, a meu ver, um dever do docente do Ensino Superior.

**Estando o seu trabalho científico centrado numa área que poderá parecer um pouco hermética para a generalidade das pessoas, poderá dizer-nos, numa linguagem que um professor de Ciências no ensino secundário possa entender, qual o objecto da sua investigação?**

Não acho que seja hermética... se nós desejarmos que seja, com palavreado técnico, claro que é...!!! Mas a “arte” é explicar as coisas mais complexas, por vezes com palavras simples e ocasionalmente com menos rigor científico (assumidamente), para que qualquer pessoa sem formação na área entenda. De um modo resumido para uma pessoa



**Figura 1** Trabalho de campo numa praia da Costa Vicentina. Dobramento Paleozóico.

em geral, trabalho nos processos e tento entender os fenómenos que ocorrem no nosso planeta e que o faz ser um “planeta vivo” – a tal Geo (Terra) Dinâmica (estudo do movimento dos corpos). Nesse sentido tal como um Paleontólogo estuda os fósseis, estudamos os registos, não dos organismos do passado, mas dos movimentos que ocorreram no passado, falhas e dobras à escala dos afloramentos, aberturas e fechos de oceanos e respectivos choques entre eles (colisões que levam à geração de cadeias de montanhas) à escala do Planeta. Os sismos por vezes ajudam nessa compreensão, assim como todos os fenómenos da movimentação externa – o traçado dos rios, das linhas de costa, a morfologia e como os agentes atmosféricos “moldam” as rochas, etc.. Nas Ciências devemos ver tudo sempre como um processo integrado e integrador da e na Natureza. A vertente da prestação de serviços – entre outros motivos – serve para minimizar ou evitar ao máximo a perigosidade da construção ou de edificação no geral em zonas geodinamicamente de risco. Vou dar um exemplo: a construção de uma Central

Nuclear, ou traçado de um TGV deve ser evitada em zonas de perigosidade sísmica. Neste caso a existência e presença de falhas e “outros” acidentes tectónicos avisam-nos – aí não devem construir!!

**De um modo geral a maioria das pessoas, mesmo as que possuem uma razoável formação científica, associam os Geólogos nomeadamente os investigadores, a um capacete, um martelo e muito terreno para cobrir, e pouco ligado aos laboratórios convencionais. Tanto quanto sei, a realidade é um pouco diferente. Pode falar-nos um pouco do modo como leva a cabo o seu trabalho e que recursos utilizam no dia-a-dia para o desenvolver?**

Eu sou um geólogo de campo, de martelo, bússola, lupa e mapas onde escrevo e anoto o que vejo. Mas na verdade a geologia hoje passa muito, diria cada vez mais, por laboratórios. No nosso país isso não se verifica como em outros, somos um país pobre e periférico, em que equipamentos de muitos milhões de dólares são montados a ritmos brutais. Apenas um exemplo: a Universidade de



São Paulo no Brasil equipou-se há poucos anos com uma máquina de datação geocronológica (que permite através de uma química e física avançadas ter a idade exacta de determinados minerais que constituem uma determinada rocha – vários milhões de dólares de uma tecnologia Chinesa, em que só há 5 máquinas dessas em todo o mundo). Utilizo a máquina, mas não trabalho com ela, nem sequer opero com ela. Felizmente há muita gente que não gosta de trabalho de campo e que gosta do trabalho de laboratório... é bom haver gostos diferentes. Em Portugal também temos alguns equipamentos sofisticados, nada do “calibre” que referi, mas as nossas Universidades e Laboratórios do Estado têm já alguns laboratórios montados e com resultados obtidos publicados, o que garante a qualidade dos mesmos. Sim, na verdade, cada vez mais alguns campos da Geologia passam por processos laboratoriais cada vez mais complexos e subtis. Como referi no início, o meu trabalho é o de medir, marcar, colher no campo as amostras de rocha, o desenhar em mapa e assinalar todos os dados susceptíveis de depois serem analisados, por vezes em laboratório. Uma metodologia que no geral é abundantemente utilizada é a colheita de uma amostra de rocha que depois em laboratório é cortada muito fininha e colada numa lâmina de vidro, posteriormente é desgastada lentamente até que seja possível a luz passar por ela - a lâmina delgada. O resultado final é colado e observado em microscópios especiais de geologia para o estudo e classificação dos minerais presentes, da deformação que esses minerais e a própria rocha sofreram,

das temperaturas que atingiram, dos esforços e tensões que essa rocha sofreu, no caso de ser uma rocha sedimentar – se tem restos de organismos os tais fósseis, etc. O estudo da mineralogia também pode ser feito por processos um pouco mais complexos, quando a dimensão do grão não é facilmente observável ao microscópio. O laboratório é hoje em dia um “Mundo na Geologia”...

### **De que forma o recurso à simulação computacional, nomeadamente o seu desenvolvimento nos últimos anos, é útil ao trabalho de um Geólogo de Investigação?**

Cada vez mais, para além dos Laboratórios convencionais se recorre a Laboratórios virtuais em simulação. Técnicas como a Tomografia computacional dos movimentos internos no interior da Terra. Estes métodos indirectos em Geologia, são essencialmente (mas não só) efectuados pelos Geofísicos. Mas modelos preditivos de deformação estão também cada vez mais a ser utilizados em Geologia.

### **E qual o papel deste tipo de recursos, os digitais, numa lógica mais alargada que não só da simulação no Ensino da Geologia a todos os níveis?**

Os recursos digitais são actualmente ferramentas e metodologias de trabalho que têm campos cada vez mais dispares e alargados em todas as Ciências. Infelizmente – tal como os laboratórios mais especializados – em Portugal também andamos a desbravar os trilhos iniciais. A simulação no Ensino da Geologia já está a dar passos mais



**Figura 2** Trabalho de campo na Formação de Mértola, xistos e grauvaques do Paleozóico, Zona Sul Portuguesa.



elaborados...mas ainda há muito caminho a percorrer. No entanto não há qualquer dúvida de que vai ser uma forma de linguagem do futuro não substituindo, no entanto, o campo e a realidade.

**O LabGExp que dirige, tem vindo a desenvolver uma actividade significativa junto da comunidade docente, no sentido de “aproximar” a investigação teórica do ensino da Geologia. Explique-nos um pouco qual o papel e quais os objectivos desta unidade e o trabalho que tem desenvolvido.**

O LabGExp é o herdeiro do primeiro LATTEX criado, entre outros, pelo Prof. António Ribeiro, para além do seu papel em investigação científica dita de ponta (ainda continuada por vários colegas), considere eu que deveria ter um papel da divulgação científica em ambientes de sala de aula (Ensino Formal) e fora da sala de aula (Ensino não Formal). Desde essa altura, finais da época de 90 do século passado, até aos inícios dos anos deste novo século, uma equipa muito vasta de alunos, desde a licenciatura, actual 1º ciclo, mestrados e doutoramentos têm vindo a fazer várias modelações e experiências que são levadas desde a Escolas

Básicas e Secundárias, até festas, festivais e encontros onde podemos fazer algumas demonstrações do que ocorre em várias partes da superfície da Terra. Talvez o maior desafio tenha sido ainda há pouco tempo “levar o sismo do Nepal” a miúdos até 6 anos num Jardim de Infância... com mais duas colegas fomos desafiados e fizemos uma pequena demonstração, um puzzle de cartolina com as placas tectónicas em jogo, com os miúdos a simularem (agarrados entre eles) as ondas P, S e L, jogos e montagens com plasticina e esferovite... eu ia cheio de medo por causa da linguagem, mas pelo que percebemos correu muito bem. Outro grande desafio foi o de fazer “Geologia Estrutural e Tectónica” com cegos, na Geologia no Verão, no nosso Departamento. Outro desafio proposto e ganho. Tem sido muito gratificante. Para grandes massas temos feito (não tantas como desejado) acções de formação para professores do Ensino Básico e Secundário. O retorno que temos tido tem sido bom, salvo a imodéstia, os colegas destes graus de ensino têm achado proveitoso. E vamos continuar! Se contribuir para que estes professores possam passar “o bichinho” da Geologia, vamos continuar certamente.



Figura 3 Dobramento apertado do Paleozóico de uma praia da Costa Vicentina.





Figura 4 Em cima ação de divulgação enquadrada na Geologia no Verão para cegos e amblíopes – “Como se geram os sismos?”; em baixo, ação de formação para professores do ensino básico e secundário.

ou menos alargado)... quando chegam à Universidade os alunos estão já saturados de ouvir falar das mesmas coisas, apenas com pequenas alterações ao longo dos anos e pequenos aprofundamentos. Assim é difícil ministrar uma disciplina de Geologia Geral que não seja um retomar de assuntos já ouvidos várias vezes. Têm que se desmontar paradigmas e reformular teorias. No geral, os alunos que chegam ao superior e que querem vir para Geologia querem ver mais processos e produtos, mas no campo. E aí esbarramos com a falta de recursos e financiamento de recursos (veículos todo o terreno, máquinas de sondar portáteis, etc.). Na Informática compra-se o computador e trabalha-se...na Geologia há que deslocar pessoas, alugar pessoas, alimentar pessoas (por vezes às muitas dezenas, lembro que no 1º ano, ainda o ano passado, estavam 120 alunos no Departamento) e isso é muito caro... E muitas vezes não conseguimos convencer, quem de direito, das especificidades da Geologia e do campo...há até quem já tenha levantado a hipótese de levarmos câmaras de filmar para o campo, quando fazemos de modo solitário o nosso trabalho de investigação) e mostrarmos as imagens nas aulas... enfim, para rir!!!

**Para os professores do Ensino Básico e Secundário, nem sempre é fácil manterem-se a par dos últimos desenvolvimentos da Ciência, quer pela diversidade, quer pela complexidade de muitos dos temas actualmente em estudo. Qual o papel que as unidades de investigação e a própria Universidade deverá desempenhar no sentido de divulgar as mais recentes descobertas junto da comunidade educativa?**

Este assunto tem de ser visto com extremo cuidado!!! Muito mesmo. Temos assistido nos últimos anos a provas de exames no Ensino Secundário do que eu chamo o “síndrome da Modernidade”. Assuntos e matérias que estão no início de desenvolvimento aparecem referidos em provas nacionais como já sendo teorias bem estabelecidas, alicerçadas e aceites pela comunidade científica. Estas matérias novas e que estão ainda em estudo e aprofundamento por várias equipas, não só em Portugal como noutras Universidades pelo mundo fora, não deveriam chegar de modo abrupto e sem bases bem sólidas, nem aos Professores, nem aos alunos. Ora, se ainda estão a ser objecto de estudos, qual o fundamento de serem imediatamente transmitidos – ainda por cima em provas que estão ligadas à entrada no Ensino Superior? Quanto aos conhecimentos já bem alicerçados e que dispõem de uma concordância generalizada, certamente que é uma obrigação da Universidade e dos seus docentes divulgarem e explicarem em todos os ambientes, mas com relevância principal nos colegas dos Ensinos Básico e Secundário.

**Na sequência da questão anterior, atrever-me-ia a perguntar, em função do seu conhecimento sólido do terreno do ensino da Geologia em Portugal se o que se faz neste momento é qualitativamente importante e significativo, ou se é necessário um maior investimento nesta área do saber, nomeadamente em termos curriculares. Perguntando de outro modo: os alunos que, vindo dos anos terminais do secundário, lhe “chegam às mãos”, vêm em condições de prosseguir estudos na área da Geologia ou é preciso começarem tudo de novo? E porquê?**

Começar tudo de novo não é o mais correcto, mas muitos vêm com fortes deficiências, pré-conceitos difíceis de “remodelar”, e por vezes mesmo ideias erradas. Há um problema ligado ao método de ensino desde o Básico até à Universidade que é o ensino em espiral (de passo mais



**Para além disso, tem alguma ideia que queira partilhar connosco, do modo como a Comunidade Científica e Educacional na sua articulação, poderá alterar este estado de coisas para que o conhecimento que vem sendo criado nas nossas Universidades e empresas, possa chegar às escolas sem ser deturpado e fazer parte do mundo do saber que aquelas têm por missão “passar” às gerações mais novas. Por outras palavras, como fazer com que os docentes que “perdem” o contacto com o seu mundo de aprendizagem continuem actualizados com a ciência?**

É um processo longo de muito trabalho, por vezes de luta contra moinhos de vento. Há quem esteja já “cristalizado” e que dificilmente vá mover ou alterar a metodologia de ensino e os conteúdos do que ensina há muitos anos. Os Centros Ciência Viva têm um papel muito importante – pelo menos tiveram num passado recente – mas parece que o actual governo não está muito empenhado nestes Centros de Divulgação. Na realidade o investimento que o Prof. Mariano Gago, e a sua equipa, concebeu e executou ao longo de algum tempo, foi perdendo algum fôlego, e é uma pena. Nas Universidade e Politécnicos, os colegas mais sensibilizados para estes assuntos da divulgação, vão fazendo algumas formações e projectos, mas sem grande interligação entre as instituições e um pouco “avulso”. Considero que a continuação do investimento nos Centros Ciência Viva, nas Geologia no Verão e em todos os “mecanismos” onde está incluída a Casa das Ciências – actualmente sem financiamento!!!! – e que apoiam a generalidade dos Professores dos Ensinos Básico e Secundário, e todos os curiosos que gostam dos assuntos e que de um modo autodidata querem aprender matérias no âmbito das Ciências da Terra – para mim e em minha opinião é este o caminho. Outros poderiam ser equacionados...mas este já tem uns anos de provas dadas, não é necessário, havendo poucos recursos, “reinventar a roda”!!

**O Professor e Investigador Paulo Fonseca é, para além de um cientista e investigador, também um divulgador de Ciência, através dos modelos que o “seu” LabGExp desenvolve, analisa e disponibiliza. Por outro lado a sua experiência recente no CNE – Conselho Nacional de Educação, deu-lhe com certeza uma visão do “território educativo” privilegiada. Sem querer juntar ou dissociar os papéis do cientista e investigador do divulgador, atrever-me-ia a perguntar: Qual o papel do cientista no caminho da divulgação. O “fazedor” de informação? Ou o instrumento dessa mesma divulgação, ou os dois? E, já agora, qual a eficácia dessa divulgação no trabalho que desenvolvem no terreno? Fica sempre algo nos destinatários, ou isso acontece apenas quando o público é seleccionado?**

Esse papel para mim é fundamental, crucial mesmo. Há vários problemas associados a esse, na minha opinião, papel

muito importante. Existem colegas que acham este papel um papel menor, a divulgação não está nos seus objectivos e prioridades. Outros consideram que não têm muito jeito e paciência e que é uma perda de tempo, já de si escasso, de que dispõem. Enfim há muitas “desculpas” para que um assunto que parece ser óbvio e consensual não o seja. Em minha opinião – e tenho o cuidado de dizer que é uma opinião e um “sentir” muito pessoal! – é uma mais valia para o público receptor e formandos no geral – sempre! – quer seja um público seleccionado ou completamente casual. É esta a minha experiência. E o fazer, muitas vezes, repetidamente, traz sempre experiência e metodologias didáticas e pedagógicas... o meu receio maior é sempre com “as gentes mais miúdas”... a divulgação da Ciência, com responsabilidade, para estes jovens, faz-me “pensar” e esquematizar as matérias, muito. Não há dúvida de que para mim é o mais difícil...

**Nos subsistemas do ensino não superior, a formação nas áreas científicas de base, nomeadamente a Matemática, a Biologia e a Geologia, bem como a Física e a Química, possuem um peso equilibrado dentro da estrutura curricular? Este é um problema ainda em aberto, em permanente discussão pela própria natureza da estrutura curricular ou é uma questão já resolvida?**

Sim, no geral considero que está moderadamente equilibrado nos *curricula*. A estrutura curricular deveria estar estabilizada já há muitos anos. Não é metodologia de trabalho alterar quase todos os anos as estruturas e os conteúdos. Assim nunca mais começamos... alterando e modificando sistematicamente não se registam estabilidades nem em Professores nem em alunos. Mas, no geral, considero que as alterações na Geologia são pontuais e têm sido não muito significativas, mas existem. Repito que a introdução de “actualidades” por vezes bombásticas e pouco estruturadas não deveriam ser introduzidas. Nem nos conteúdos curriculares e muito menos em provas de avaliação. Ainda por cima muitas vezes redigidos por não Geólogos – e isso leva-nos a outro grande problema... a Geologia é considerada por muitos uma “ciência de domínio público”... todos conseguem dizer uma coisas e fazer umas tantas afirmações (por vezes grandes disparates) e que não o fariam se fosse Física, ou Biologia... todos parecem sempre muito confortáveis a dissertar sobre assuntos de Geologia. Estes factos, obviamente, preocupam-me.

**É um facto que, a análise dos resultados obtidos pela generalidade dos estudantes nestas áreas, nos exames decisivos para a transição de níveis de ensino, demonstra serem as Ciências e a Matemática as barreiras mais difíceis de ultrapassar. Tem havido por parte das diferentes entidades envolvidas no processo, alguma preocupação**



**nesse sentido ou acções específicas que, de algum modo, tenham permitido “desmistificar” o grau de dificuldade da aprendizagem da ciência?**

É verdade, a Matemática e a Física, são dois “papões” dos estudantes. Claro que há excepções ... e nesses casos temos alunos que levam os cursos de Ciências com facilidade a bom porto. No caso da Geologia e da Biologia, nem tanto. E, em muitos casos, por vezes com início numa colecção de fósseis, rochas ou minerais, temos aficionados das ciências da Terra. Mais uma vez considero que os Centros Ciência Viva e acções como a Geologia no Verão tiveram, e ainda têm mas muito menos actualmente, um papel preponderante nesta desmistificação da dificuldade, fruto em grande parte do apoio das novas gerações de alunos que têm apoiado estas estruturas e que percebem que há que modificar o paradigma das “palavras difíceis” para a explicação de conceitos e da descrição dos fenómenos com palavras simples e acessíveis.

**Qual é o seu pensamento sobre o Ensino das Ciências em Portugal?**

Sei que não vou ser original... Há que investir, e muito. Investimento por vezes não em maquinaria pesada, mas nas pessoas. Formar mais gente. E principalmente tratar bem os que lutam todos os dias para que tudo isto em Portugal funcione. Alunos, Bolseiros, Investigadores, Professores, Administrativos, todos os que contribuem para que se possa evoluir e trabalhar nas Ciências em Portugal. Parar o êxodo dos nossos jovens cientistas para fora do país, criando condições para que possam ficar e trabalhar cá... para isso tem que se mudar muito e muitas mentalidades. Não é apenas uma questão de dinheiro e financiamento. Quando a resposta a uma pretensão demora meses a ser respondida – e aqui não há dinheiro em jogo, por vezes só

boa educação! – não há dinheiro que faça as instituições funcionar...

**A exemplo do que aconteceu num passado recente, nomeadamente no séc. XX, muito do que hoje se estuda nos grandes centros de investigação, mesmo que comprovado perante a academia, só vai chegar ao conhecimento da população em geral daqui a alguns (por vezes muitos) anos. Acha que a escola, a universidade, os média, poderão ser instrumentos que potenciem o interesse sobre a investigação?**

A escola e o Ensino Superior têm essa obrigação. Quanto aos média...considero que há muito a fazer, nomeadamente formar jornalistas que saibam transmitir Ciência ou, em alternativa, cientistas que saibam fazer jornalismo – mas bem feito. Mas sim, esse é um dos papéis principais de quem tem responsabilidades em divulgar Ciência. Mas considero que cada vez mais rapidamente, como referi há pouco, as novidades chegam, por vezes sem serem bem amadurecidas, ao domínio público. Desde que não haja alarmismos e mal entendidos, como ocorreu em Itália há poucos anos no caso dos sismos, só temos todos a ganhar com a difusão e divulgação dos conhecimentos que vamos adquirindo nos centros de investigação. Mais uma vez, sublinho que um ramo que precisa de ser desenvolvido é o da criação de especialistas em divulgação, uma espécie de cientista-jornalista.

Desde já o nosso muito obrigado pela disponibilidade e abertura que demonstrou para responder a todas as nossas questões.

*Manuel Luís Silva Pinto*



**Figura 5** Dobras em xistos e grauvaques, observando-se a clivagem na dobra, Costa Vicentina.





# Descobrir Ciência



Intermediários reativos

# Carbaniões



Carlos Corrêa

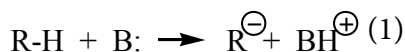
O professor Carlos Corrêa, habituou-nos a uma lógica de tornar simples aquilo que não parece, de modo nenhum, ser, de uma forma objetiva e clara.

No texto que se segue, e que nos orgulhamos de publicar, o professor Carlos Corrêa aborda a temática dos carbaniões.

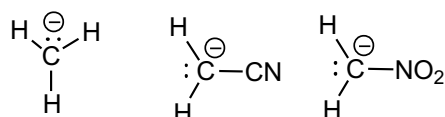


## Estrutura

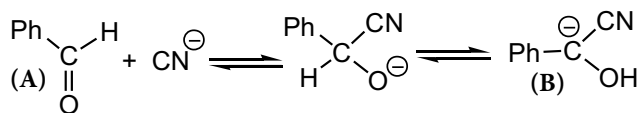
Os **carbaniões**<sup>1</sup>, intermediários reativos em muitas reações orgânicas, são aniões em que a carga negativa está associada a um átomo de carbono, embora esteja normalmente deslocalizada sobre outros átomos. São as bases conjugadas de moléculas orgânicas, R-H, por remoção de um próton de uma ligação C-H.



No carbanião metilo,  $CH_3^-$ , a carga está concentrada no átomo de carbono, mas nos carbaniões cianometilo,  $NC-CH_2^-$ , e nitrometilo,  $O_2N-CH_2^-$ , a carga encontra-se deslocalizada também sobre os grupos ciano e nitro:

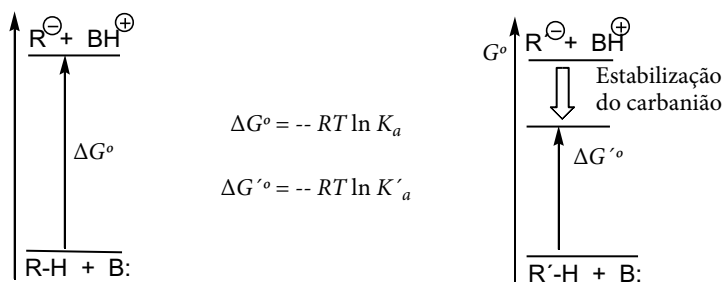


Os carbaniões são normalmente muito reativos, o que lhes confere uma vida bastante curta. A primeira proposta da intervenção de carbaniões como intermediários em Química Orgânica foi apresentada em 1907 por R. W. L. Clarke e A. Lapworth<sup>2</sup> no mecanismo da condensação do benzaldeído (A), catalisada pelo ião cianeto, em que intervém um carbanião (B) intermediário na formação da benzoína, Ph-CO-CHOH-Ph.



## Estabilização de carbaniões

A estabilidade dos carbaniões pode ser avaliada pela extensão da reação de remoção de um próton por uma base. O deslocamento deste equilíbrio será tanto maior quanto maior for a estabilidade do carbanião. Assim, para carbaniões mais estabilizados,  $\Delta G^\circ$  é menor, e a reação é mais completa (a constante de acidez,  $K_a$ , é maior). O carbanião  $R'^-$ , a que corresponde um menor valor de  $\Delta G^\circ$  para a remoção de um próton, será mais estabilizado que o carbanião  $R^-$ .



A estabilidade dos carbaniões aumenta se existir um átomo ou grupo de átomos atraiador de electrões ligado ao carbono com carga negativa. Assim, grupos e átomos que

exercem efeito indutor  $-I$  e mesomérico  $-M$ , estabilizam os carbaniões, aumentando a constante de acidez dos ácidos conjugados RH. A Tabela 1 mostra valores da energia de estabilização do carbanião metilo quando se substitui um átomo de hidrogénio.

**Tabela 1** Energias de estabilização de carbaniões derivados do carbanião metilo

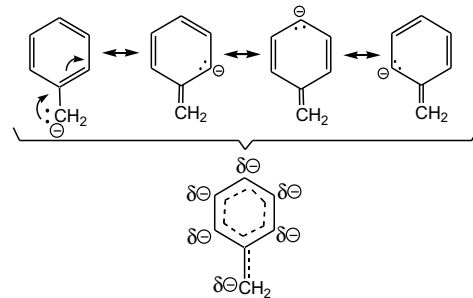
Carbanião	Ácido conjugado	Estabilização / kcal mol <sup>-1</sup>
$CH_3^-$	$CH_4$	0
$CH_3-CH_2^-$	$CH_3-CH_3$	2
$HO-CH_2^-$	$HO-CH_3$	15
$CH_2=CH-CH_2^-$	$CH_2=CH-CH_3$	25
$CF_3-CH_2^-$	$CF_3-CH_3$	38
$NC-CH_2^-$	$NC-CH_3$	57
$R-CO-CH_2^-$	$R-CO-CH_3$	61
$O_2N-CH_2^-$	$O_2N-CH_3$	72

A estabilização dos carbaniões pode, assim, avaliar-se a partir dos valores das constantes de acidez dos respectivos ácidos conjugados. Na literatura estão disponíveis valores de  $pK_a$  ( $-\log K_a$ ) de muitos ácidos, sendo apresentados alguns na Tabela 2.

**Tabela 2** Valores de  $pK_a$  de alguns ácidos conjugados de carbaniões

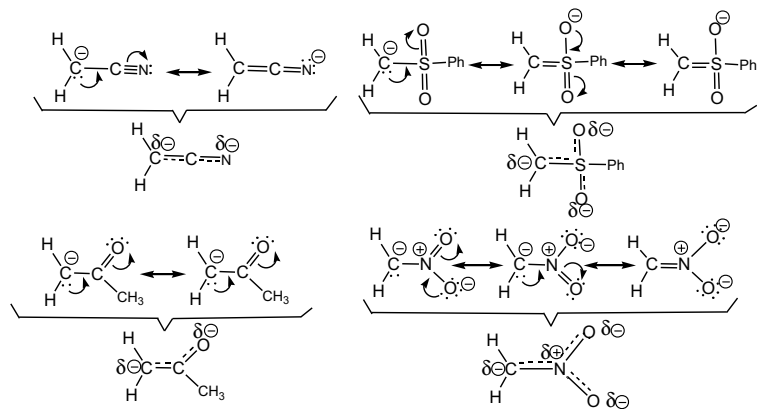
Ácido conjugado	$pK_a$	Ácido conjugado	$pK_a$
$CH_4$	55	Ciclopentadieno	17
$CH_3Ph$	41,2	$CH_2(COCH)_2$	9
$CH_3CN$	31,3	$CH_2(NO_2)_2$	3,6
$CH_3SO_2Ph$	29,0	$CH\equiv CH$	24
$CH_3COCH_3$	26,5	$CH_3Ph_3$	31,4
$CH_3NO_2$	17,2	$CH(CN)_3$	-5,0
$CH_2=CH_2$	44	2,3,4,5-tetraciano-ciclopentadieno	-11
$CH_2Ph_2$	33,4	$H_2SO_4$	-9
$CH_2(CN)_2$	11,2	$CH(NO_2)_3$	0

Quanto mais completa for uma reação, menor será o valor de  $pK$ . O elevado valor do  $pK_a$  do metano mostra a dificuldade em se formar o carbanião metilo, em que a carga negativa está praticamente toda localizada no átomo de carbono. À medida que a carga vai sendo deslocalizada (por efeito mesomérico) a estabilidade do carbanião aumenta e o valor de  $pK_a$  diminui. É o que sucede no carbanião benzilo, onde a deslocalização se estende por todo o anel.





A deslocalização electrónica (mesomerismo, ressonância) e o efeito indutor podem actuar simultaneamente, como sucede com a presença dos grupos ciano, nitro e outros fortemente atraidores de electrões por efeito indutor (-I) e mesomérico (-M) negativos, aumentando a estabilização dos carbaníons, como sucede nos carbaníons cianometilo, fenilsulfonilmetilo, acetilmetilo e nitrometilo. Por esta razão, a sua estabilização é superior à estabilização no carbanião benzilo, em que o efeito indutor é menos significativo. Esta deslocalização electrónica representa-se utilizando as seguintes estruturas contribuintes (ressonância):

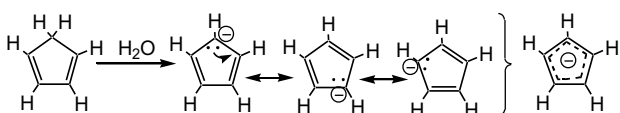


A verdadeira estrutura destes carbaníons é algo parecido com as representações inseridas por baixo das chavetas e significa que na partícula não existem nem ligações duplas, nem ligações simples, nem ligações triplas, mas ligações com carácter intermédio entre duplo e simples e duplo e triplo, que se representaram por traços tracejados sobre traços cheios. Mostra, igualmente, que a carga negativa não está localizada num só átomo mas distribuída pelos átomos de carbono, azoto e oxigénio.

Dos valores das energias de estabilização de carbaníons e dos valores de  $pK_a$  apresentados pode deduzir-se a seguinte estabilidade relativa:

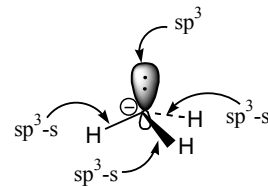


O carbanião derivado do ciclo-hexatrieno é aromático, pois tem  $4n+2$  electrões  $\pi$  deslocalizados num anel, apresentando elevada estabilidade. Se se introduzirem neste carbanião grupos fortemente atraidores de electrões, como quatro grupos ciano, o carbanião passa a ser tão estável que o seu ácido conjugado ( $pK_a = -11$ ) é mais forte que o ácido sulfúrico ( $pK_a = -9$ ), dissociando-se completamente na presença de uma base tão fraca como a água.

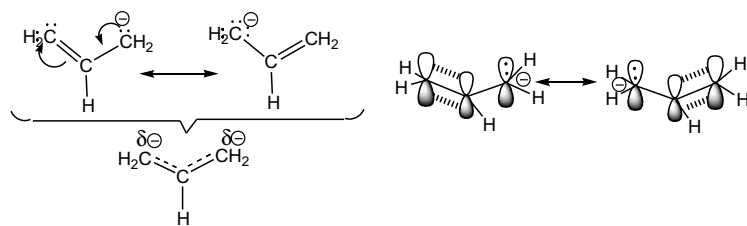


### Geometria de carbaníons

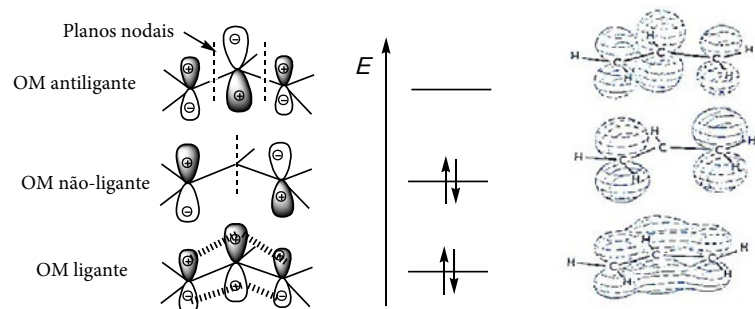
A geometria em torno do átomo de carbono do carbanião metilo é piramidal, como sucede na molécula de amoníaco, devido à presença do par electrónico não ligante do carbono (orbital  $sp^3$ ). As ligações C-H são formadas a partir de orbitais atómicas  $sp^3$  do carbono e s do hidrogénio.



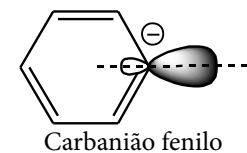
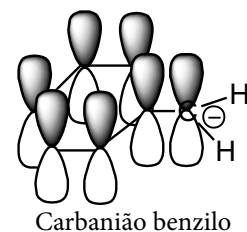
Nos carbaníons benzilo, cianometilo, fenilsulfonilmetilo, acetilmetilo, nitrometilo, alilo e outros a carga negativa está deslocalizada sobre todo o sistema. Para ocorrer esta deslocalização é necessário que o sistema seja plano, como sucede no carbanião alilo, para que os eixos das orbitais atómicas  $p_z$  sejam paralelos e possibilitem a formação de orbitais moleculares deslocalizados, de menor energia.



As três orbitais moleculares (OM)  $\pi$  do carbanião resultantes da combinação das três orbitais atómicas p do carbono, são as seguintes:



A OM de menor energia está completamente preenchida e estende-se sobre todo o sistema, o que confere às ligações C-C um carácter intermédio entre ligação simples e ligação dupla (3 electrões em cada ligação, ou seja, dois electrões  $\sigma$  e um electrão  $\pi$  entre dois carbonos). A OM não-ligante está também completamente preenchida, o que faz com que haja excesso de carga negativa nos átomos de carbono laterais (o que equivale a dizer que









Partilhe os seus recursos  
com a comunidade educativa

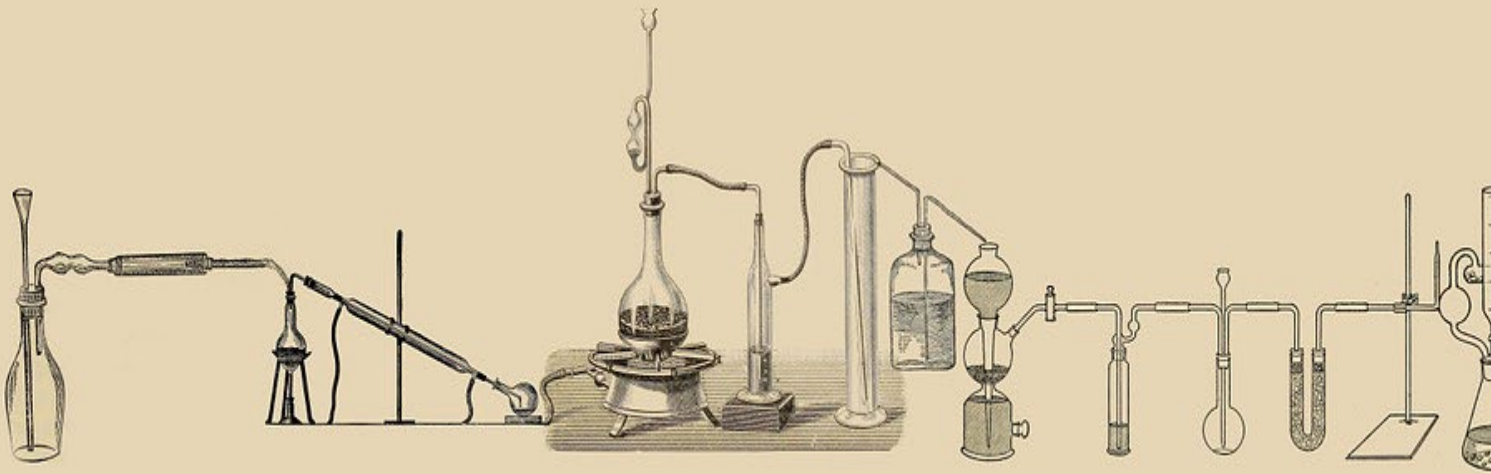
Submeta à Casa das Ciências

- ⊙ Apresentações
- ⊙ Vídeos e animações
- ⊙ Simulações
- ⊙ Documentos
- ⊙ Imagens

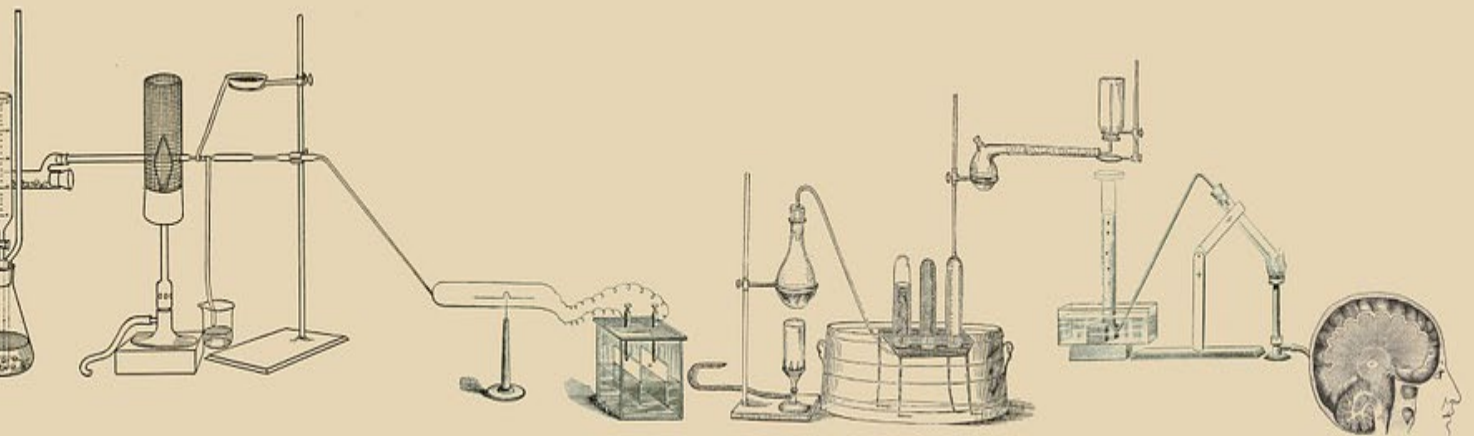




# *História*



# da Ciência



Charles Coulomb



Edwin Hubble



Henry Cavendish





## Charles-Augustin de Coulomb

1736 - 1806

Físico e engenheiro francês que ficou conhecido pela formulação da lei de Coulomb.

Autor Daniel Ribeiro

Editor Eduardo Lage

Ribeiro, D. (2015), Revista de Ciência Elementar, 3(03):0147

Charles-Augustin de Coulomb (1736 – 1806) foi um físico e engenheiro francês que ficou conhecido pela formulação da lei de Coulomb, que afirma que a força entre duas cargas elétricas é proporcional ao produto das cargas e inversamente proporcional ao quadrado da distância entre elas.

Coulomb passou nove anos nas Índias Ocidentais (no atual continente americano) como engenheiro militar e voltou para a França com a saúde debilitada. Após a eclosão da Revolução Francesa, ele retirou-se para uma pequena propriedade em Blois e dedicou-se à investigação científica. Em 1802, foi nomeado inspetor de instrução pública.

De um modo geral, os estudos de Coulomb sobre mecânica precederam as suas investigações em física. O seu livro mais importante sobre mecânica foi também o seu primeiro, “*Sur une application des règles de maximis et minimis à quelques problèmes de statique, relatifs à l’architecture*” (1773). No início desta obra, Coulomb introduziu três proposições relativas ao equilíbrio e à decomposição de forças. Depois disso, considerou o atrito e a coesão e praticamente descreveu uma teoria da mecânica dos meios contínuos. Coulomb utilizou a lei Amonton (a força de atrito é proporcional à força normal que atua sobre a superfície ao invés da área da superfície) para as suas descrições do atrito, porém, anotou que esta lei não era exatamente observada na experiência e que o coeficiente de atrito varia com o material. É por isso que a lei de Amonton é atualmente conhecida como lei de Amonton-Coulomb.

A eleição de Coulomb para a Academia de Paris, em 1781, e a aquisição de um lugar permanente nessa cidade, permitiu que as suas investigações se afastassem da mecânica aplicada e se direcionassem para outras áreas da física. Coulomb desenvolveu estudos sobre oscilações provocadas por forças de torção que viriam, mais tarde, a ser extremamente úteis em aplicações tecnológicas. Com essas investigações, Coulomb pode criar uma balança de torção e desenvolver uma teoria da torção que o ajudou na construção de outras teorias respeitantes à interação molecular dentro de fluidos e sólidos e na fundação do seu trabalho em eletricidade e magnetismo.

Foi ao longo da década de 1780 que Coulomb desenvolveu

investigações experimentais na sua balança de torção e chegou à lei do inverso do quadrado da distância. Embora Coulomb tenha provado diretamente que a força elétrica e magnética são inversamente proporcionais ao quadrado da distância, ele nunca demonstrou especificamente que elas eram proporcionais ao produto das respectivas cargas. Coulomb simplesmente afirmou que isso talvez fosse assim. Ou seja, Coulomb demonstrou que  $F \propto 1/r^2$ , porém, apenas deixou implícito que  $F \propto q_1q_2$  ou  $F \propto m_1m_2$  poderia ser verdade.

Coulomb desenvolveu a sua lei como consequência dos seus estudos sobre a lei das repulsões elétricas, estabelecida por Joseph Priestley (1733 – 1804), na Inglaterra. Para este fim, criou instrumentos de precisão para medir as forças elétricas envolvidas na lei de Priestley e publicou as suas descobertas nas *Memoirs of the Royal Academy of Sciences* (1785 – 1789). Coulomb estabeleceu também a lei do inverso do quadrado da atração e repulsão de polos magnéticos, que se tornou a base para a teoria matemática das forças magnéticas desenvolvida por Siméon-Denis Poisson (1781 – 1840). Também realizou investigações físicas sobre o atrito das máquinas, moinhos de vento e elasticidade do metal e fibras de seda. O trabalho de Coulomb foi reconhecido e homenageado através da atribuição do seu nome à unidade de carga elétrica.

As investigações fundamentais de Coulomb sobre eletricidade e magnetismo representaram bem a extensão da mecânica newtoniana a novas áreas da física. Ao mesmo tempo, ilustraram o surgimento das áreas empíricas da física como disciplinas formais a partir da filosofia natural tradicional.

### Referências

1. *The New Encyclopædia Britannica*, Vol. III, 15th Edition, Chicago: Encyclopedia Britannica, Inc., 1975, p. 187, ISBN: 0-85229-297-X.
2. [Complete Dictionary of Scientific Biography: Charles Augustin Coulomb](#), consultado em 04/09/2012.
3. [Charles-Augustin de Coulomb](#), consultado em 04/09/2012.



## Edwin Powell Hubble

1889 - 1953

Astrónomo norte-americano que desempenhou um papel crucial na constituição da área da astronomia extragaláctica e é geralmente considerado como o maior cosmólogo do século XX.

Autor Daniel Ribeiro

Editor Eduardo Lage

Ribeiro, D. (2015), Revista de Ciência Elementar, 3(03):0148

Edwin Powell Hubble (1889 – 1953) foi um astrónomo norte-americano que desempenhou um papel crucial na constituição da área da astronomia extragaláctica e é geralmente considerado como o maior cosmólogo do século XX.

Edwin Hubble era filho de John Powell Hubble, um empresário que trabalhava no setor dos seguros. Em 1906, Hubble obteve uma bolsa para a Universidade de Chicago, onde trabalhou por um ano como assistente de laboratório do físico Robert Millikan (1868 – 1953). Hubble formou-se em 1910 e obteve uma bolsa na Universidade de Oxford para estudar jurisprudência, por insistência do seu pai. Após a morte do pai, em 1913, Hubble decidiu seguir uma carreira científica.

Hubble ainda chegou a dar aulas no ensino secundário, no entanto, decidiu ingressar na Universidade de Chicago e embarcar numa pós-graduação em astronomia. Hubble realizou as suas investigações no Observatório de Yerkes, Wisconsin, sob a supervisão do astrónomo Edwin Frost (1866 – 1935). Apesar de Yerkes já não estar na vanguarda da astronomia, Hubble teve acesso a um telescópio bastante poderoso, um telescópio refletor de 61 cm.

Hubble conseguiu um lugar no Observatório de Mount Wilson, e estudou nebulosas dentro da Via Láctea. No entanto, logo voltou para o problema das nebulosas em espiral, assunto que ele tinha investigado no seu doutoramento. A questão era se

essas nebulosas se encontravam dentro ou fora da Via Láctea. Em 1923, Hubble descobriu estrelas cefeidas na nebulosa de Andrómeda. As flutuações na luz dessas estrelas permitiram que Hubble determinasse a distância da nebulosa, usando a relação entre o período das flutuações das cefeidas e a sua luminosidade. A estimativa de Hubble colocou a Andrómeda a cerca de 900000 anos-luz de distância (atualmente, sabe-se que Andrómeda ainda está mais distante de nós). Esta distância estava muito além das fronteiras da Via Láctea. Andrómeda era, portanto, uma galáxia e não um aglomerado de estrelas dentro da Via Láctea.

Em 1929, Hubble publicou o seu primeiro trabalho sobre a relação entre o desvio para o vermelho (interpretado como efeito Doppler de uma fonte em movimento) e a distância. As investigações de Hubble e de Milton Humason (1891 – 1972) permitiram concluir que havia uma relação linear entre o desvio e a distância, levando à conclusão que o Universo se estaria a expandir.

### Referências

1. [Encyclopædia Britannica Online Academic Edition: Edwin Powell Hubble](#), consultado em 04/09/2012.
2. [Emilio Segrè Visual Archives: Edwin Hubble](#), consultado em 04/09/2012.



## Henry Cavendish

1731 - 1810

Físico e químico que investigou isoladamente de acordo com a tradição de Sir Isaac Newton.

Autor Daniel Ribeiro

Editor Eduardo Lage

Ribeiro, D. (2015), Revista de Ciência Elementar, 3(03):0148

Henry Cavendish (1731 – 1810) foi um físico e químico que investigou isoladamente de acordo com a tradição de Sir Isaac Newton.

Cavendish entrou no seminário em 1742 e frequentou a

Universidade de Cambridge (1749 – 1753) sem se graduar em nenhum curso. Mesmo antes de ter herdado uma fortuna, a maior parte das suas despesas eram gastas em montagem experimental e livros. Em 1760, foi eleito *Fellow da Royal*



*Society* e, em 1803, um dos dezoito associados estrangeiros do *Institut de France*.

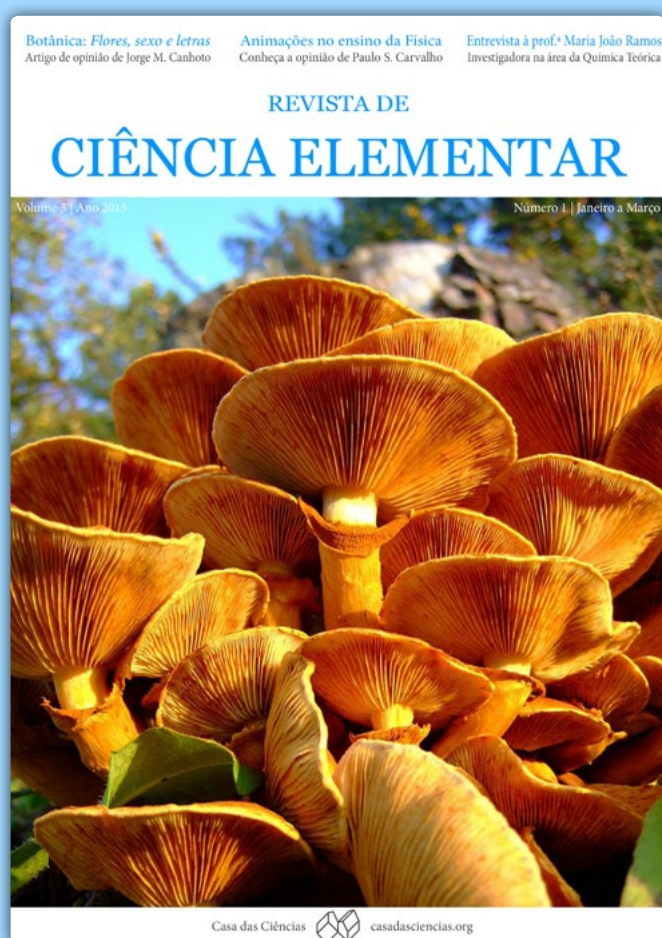
Entre outras investigações e descobertas de Cavendish, a maior ocorreu em 1781, quando compreendeu que a água é uma substância composta por hidrogénio e oxigénio, uma reformulação da opinião de há milénios de que a água é um elemento químico básico. O químico inglês John Warltire (1725/6 – 1810) realizou uma experiência em que explodiu uma mistura de ar e hidrogénio, descobrindo que a massa dos gases residuais era menor do que a da mistura original. Ele atribuiu a perda de massa ao calor emitido na reação. Cavendish concluiu que algum erro substancial estava envolvido visto que não acreditava que, dentro da teoria do calórico, o calor tivesse massa suficiente, à escala em análise. Repetindo a experiência, de acordo com o seu estilo meticuloso de investigação, Cavendish descobriu que a massa de uma pequena quantidade de líquido produzido na reação havia sido ignorada em todo o trabalho de Warltire. Um exame cuidadoso demonstrou que o líquido era água pura.

Cavendish determinou, também, a composição da atmosfera e realizou uma série de estudos em eletricidade. Imortalizou-se com a invenção de uma balança muito precisa e de um método rigoroso, ambos utilizados na verificação da lei da atração gravitacional. Dentre os seus estudos sobre eletricidade, pode referir-se uma proposta da lei do inverso do quadrado da distância para a interação entre partículas carregadas e a vasta utilização do conceito de potencial nas suas experiências com condutores elétricos. Cavendish antecipou a teoria cinética e efetuou medições da densidade e da massa da Terra através de um método que ficou conhecido como: a experiência de Cavendish.

#### Referências

1. *The New Encyclopædia Britannica*, Vol. II, 15th Edition, Chicago: Encyclopedia Britannica, Inc., 1975, p. 658, ISBN: 0-85229-297-X.
2. F. Seitz, Henry Cavendish: the catalyst for the chemical revolution, *Proc. Am. Philos. Soc.* 148 (2004) 151-178.
3. *The Popular Science Monthly*, Vol. LIX, New York: The Science Press, 1901.

## Revista de Ciência Elementar



#### Artigos de interesse científico e didático

Entrevista a cientistas

Notícias Agenda

Sugestão de recursos educativos

Fotografias para as suas apresentações

+ de 18.000 *downloads*

+ de 1000 **partilhas** nas redes sociais

Disponível nos formatos *.pdf* e *.epub*.

Partilhe também e ajude-nos a divulgar:



Visite-nos em [rce.casadasciencias.org](http://rce.casadasciencias.org).



# Ciência elementar

Para acompanhar e compreender as últimas novidades de um mundo em constante evolução, convém não esquecer alguns conceitos básicos de Ciência. Seleccionamos para si duas entradas de Física que lhe permitirão adquirir ou atualizar conhecimentos.

## Física

Albedo terrestre

Grandezas e unidades radiométricas



## Albedo terrestre

Autor Manuel Salgueiro da Silva

Editor Teresa Monteiro Seixas

Salgueiro da Silva, M. (2015), Revista de Ciência Elementar, 3(03):0149

O **albedo terrestre** ( $A$ ) representa a fração de radiação eletromagnética solar incidente na Terra ( $E_i$ ) que é refletida para o espaço ( $E_r$ ):

$$A = \frac{E_r}{E_i}$$

Considera-se, nesta definição, todo o espectro de radiação eletromagnética, ainda que o espectro solar seja dominado pela radiação visível. É uma medida do poder refletivo global da superfície e atmosfera terrestres, sendo o seu valor médio aceite  $A \approx 0.30$ .

No caso de uma superfície arbitrária, os valores de  $A$  situam-se no intervalo  $0 \leq A \leq 1$ , ou, em percentagem,  $0\% \leq A \leq 100\%$ . Uma superfície branca ideal tem um albedo de 100% e uma superfície negra ideal 0%.

O albedo depende de vários fatores:

- **composição e rugosidade da superfície.**
- **frequência da radiação.** Quando não é explicitada a frequência ou comprimento de onda da radiação, subentende-se que o valor do albedo se refere a uma média sobre todo o espectro visível.
- **distribuição direcional da radiação incidente.** Ângulos de incidência pequenos (*incidência normal*) originam menor albedo e ângulos de incidência maiores (*incidência razeante*) originam maior albedo. As exceções são superfícies Lambertanas que espalham a luz incidente

em todas as direções de modo que o albedo não depende da direção da radiação incidente.

Superfície	Albedo(%)
Neve, fresca	75 - 95
Neve, velha	35 - 70
Gelo, cinzento	60
Água, profunda	5 - 20
Solo, escuro molhado	6 - 8
Solo, claro seco	16 - 18
Solo, vermelho	17
Argila, molhada	16
Argila, seca	23
Solo, arenoso	20 - 25
Solo, turfa	5 - 15
Lava	10
Tundra	15 - 20
Areia, dunas	20 - 45
Nuvem, espessa	70 - 95
Nuvem, fina	20 - 65
Estrada, asfalto	5 - 20

### Referências

1. Roland B. Stull, Meteorology for Scientists and Engineers, 2nd. edition, Brooks/Cole, 2000.

## Grandezas e unidades radiométricas

Autor Manuel Salgueiro da Silva

Editor Teresa Monteiro Seixas

Salgueiro da Silva, M. (2015), Revista de Ciência Elementar, 3(03):0150

A radiometria trata da medição da energia eletromagnética emitida por fontes de luz ou que incide sobre uma dada superfície. De acordo com as diretivas da CIE (Comission Internationale de l'Éclairage) os símbolos usados para as grandezas radiométricas são denotados com o subscrito "e" de "energia".

Do mesmo modo, grandezas radiométricas dependentes do comprimento de onda são identificadas com o prefixo "espectral" e o subscrito "λ".

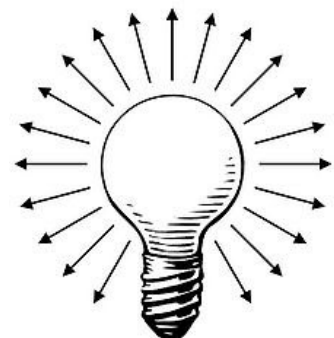
### Energia radiante

A energia total emitida, transferida ou recebida, num processo radiativo, é designada energia radiante,  $Q_e$ . A unidade SI correspondente é o joule (J).

### Potência ou fluxo radiante

A potência radiante (símbolo:  $\Phi_e$ ) é definida como a potência total de radiação emitida por uma fonte, transmitida através de uma superfície ou incidente sobre uma superfície. Mede-se em watts (W) e é dada por:

$$\Phi_e = \frac{dQ_e}{dt}$$



**Figura 1** A potência radiante de uma fonte luminosa corresponde a toda a radiação emitida por unidade de tempo.

A potência radiante caracteriza a emissão de uma fonte de radiação eletromagnética através de um número, apenas,

não fornecendo qualquer informação sobre a distribuição espectral ou direcional da radiação da fonte.

As unidades de todas as grandezas radiométricas são baseadas no Watt.

**Irradiância**

A irradiância (símbolo:  $E_e$ ) representa a quantidade de potência radiante que incide sobre uma superfície, real ou imaginária, por unidade de área. A unidade de irradiância é o  $W m^{-2}$ .

Um elemento de superfície de área  $dA$  recebe uma potência radiante  $d\Phi_e = E_e dA$ . Tem-se então:

$$E_e = \frac{d\phi_e}{dA}$$

Consideremos o caso simples de um feixe de radiação colimado incidente sobre uma superfície plana (Figura 2). Seja  $\Phi_e$  a potência radiante do feixe e  $\theta$  o ângulo entre ele e a normal à superfície. Seja  $A_0$  a área da secção reta do feixe. A área da superfície recetora iluminada pelo feixe é  $A(\theta) = A_0/\cos(\theta)$  e a irradiância é dada por:

$$E_e(\theta) = \frac{\phi_e}{A(\theta)} = \left( \frac{\phi_e}{A_0} \right) \cos(\theta) = E_e(0)\cos(\theta)$$

A irradiância é maximizada quando a superfície recetora está orientada perpendicularmente ao feixe incidente ( $\theta = 0$ ).

Nota: A irradiância corresponde ao módulo do vetor de Poynting da radiação eletromagnética.

**Exitância radiante**

A exitância radiante (símbolo:  $M_e$ ) de uma superfície é a potência radiante emitida ou refletida por unidade de área:

$$M_e = \frac{d\phi_e}{dA}$$

A unidade correspondente é o  $W m^{-2}$ .

**Intensidade radiante**

A intensidade radiante (símbolo:  $I_e$ ) descreve a potência radiante de uma fonte emitida numa dada direção por unidade de ângulo sólido:

$$I_e = \frac{d\phi_e}{d\Omega}$$

A unidade da intensidade radiante é  $W sr^{-1}$ .

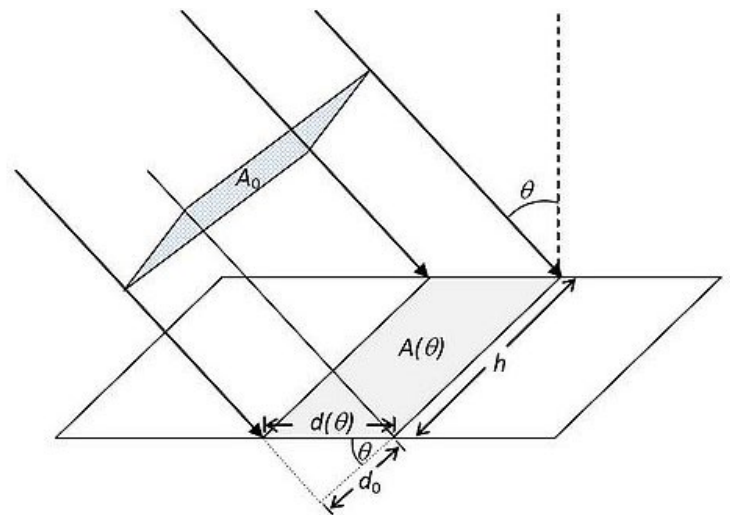


Figura 2 Irradiância sobre uma superfície. O feixe incidente tem uma secção reta de área  $A_0 = d_0h$ . A área iluminada pelo feixe na superfície é  $A(\theta) = d(\theta)h$ , com  $d(\theta) = d_0/\cos \theta$ .

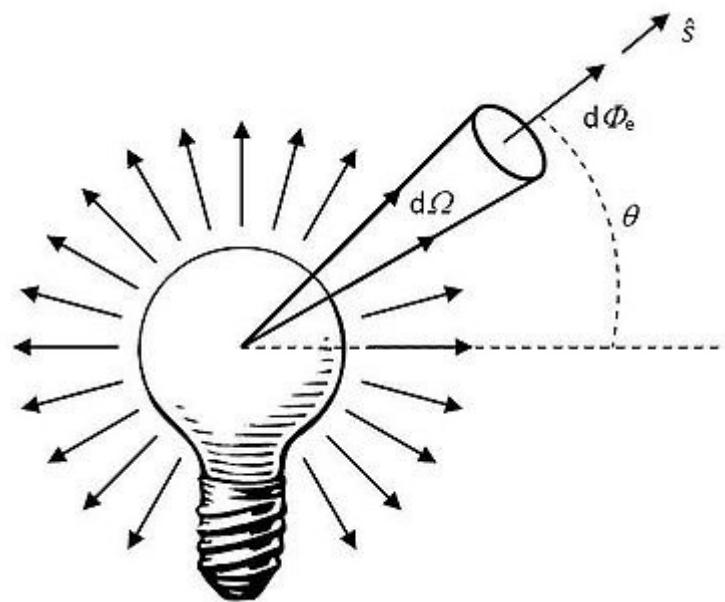


Figura 3 Geometria da definição de intensidade radiante:  $\Phi_e = I_e d\Omega$  é a potência radiante no interior do ângulo sólido infinitesimal  $d\Omega$ , na direção de observação definida pelo versor  $\hat{s}$ , ou ângulo  $\theta$ .

Considerando um ângulo sólido infinitesimal  $d\Omega$  centrado na fonte (Figura 3), a potência radiante da fonte no interior de  $d\Omega$  é dada por:

$$d\phi_e = I_e d\Omega$$

A potência total da fonte é calculada a partir da relação:

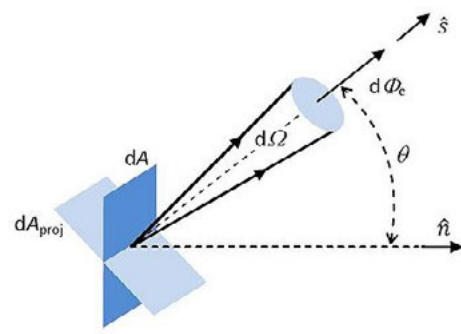
$$\phi_e = \int_0^{4\pi} I_e d\Omega$$

No caso de fontes de radiação anisotrópicas, a intensidade radiante depende da direção.

Nota: No campo da ótica física, a palavra intensidade é geralmente usada para designar a potência radiante por unidade de área, correspondendo à irradiância na



nomenclatura da radiometria.



**Figura 4** Geometria da definição de radiância:  $d\Phi_e = L_e dA_{proj} d\Omega$  é a potência radiante no interior do ângulo sólido infinitesimal  $d\Omega$  emitida ou refletida pelo elemento de área  $d\vec{A}$ , ao qual corresponde uma área projetada  $dA_{proj} = dA \cos \theta$ .

Consideremos um elemento de superfície emissor ou refletor de radiação eletromagnética, representado pelo vetor  $d\vec{A} = dA \hat{n}$ , em que  $\hat{n}$  é o versor da respectiva direção normal (Figura 4).

Seja  $d\Phi_e(\theta)$  a potência radiante proveniente deste elemento de superfície e distribuída no interior do ângulo sólido  $d\Omega$  de origem em  $d\vec{A}$  e cuja direção  $\hat{s}$  forma o ângulo  $\theta$  com a normal  $\hat{n}$  do elemento de superfície. A área do elemento de superfície projetada segundo a direção  $\hat{s}$  é dada por  $dA_{proj} = dA \hat{n} \cdot \hat{s} = dA \cos \theta$ . Pela definição da radiância, tem-se então:

$$d\phi_e(\theta) = L_e dA_{proj} d\Omega = L_e dA \cos \theta d\Omega$$

Ou seja:

$$\begin{aligned} L_e &= \frac{\partial^2 \phi_e(\theta)}{\partial A_{proj} \partial \Omega} \\ &= \frac{\partial^2 \phi_e(\theta)}{\partial (A \cos \theta) \partial \Omega} \\ &= \left( \frac{1}{\cos \theta} \right) \frac{\partial^2 \phi_e(\theta)}{\partial A \partial \Omega} + \frac{1}{A} \frac{\partial^2 \phi_e(\theta)}{\partial \cos \theta \partial \Omega} \\ &= \left( \frac{1}{\cos \theta} \right) \frac{\partial I_e(\theta)}{\partial A} - \frac{1}{A \sin \theta} \frac{\partial I_e(\theta)}{\partial \theta} \end{aligned}$$

Conhecida a radiância de uma determinada superfície, pode-se obter, por integração, a correspondente exitância radiante:

$$M_e = \int_0^{2\pi} \int_0^{\pi} L_e \cos \vartheta d\Omega$$

A integração é feita sobre o ângulo sólido de  $2\pi$ sr correspondente às direções de um dos lados da superfície;  $\vartheta$  representa o ângulo que cada direção faz com a normal

à superfície.

## Grandezas radiométricas espectrais

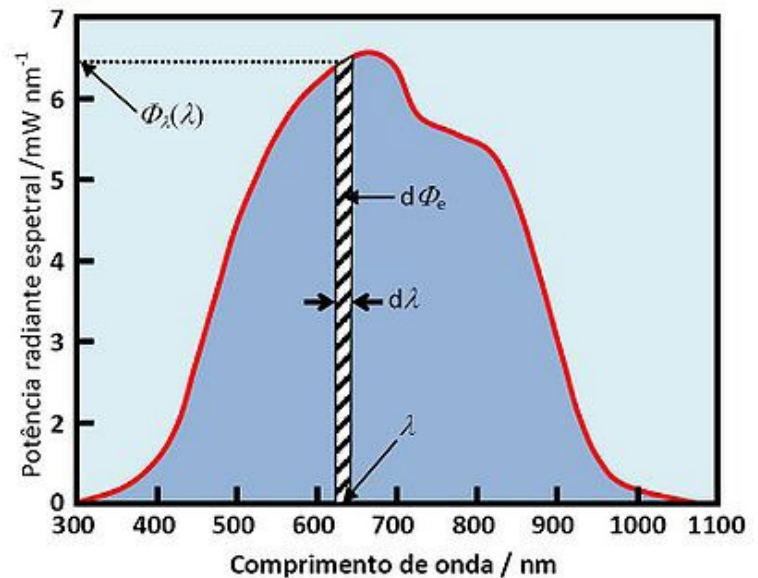
As grandezas radiométricas introduzidas nas seções anteriores quantificam a radiação total sem discriminar os comprimentos de onda componentes. É também possível, e em muitos casos conveniente, usar grandezas radiométricas espectrais que têm em conta a contribuição de cada comprimento de onda, ou seja, a composição espectral da radiação.

As grandezas espectrais radiométricas representam densidades das correspondentes grandezas radiométricas por unidade de intervalo de comprimento de onda. A uma grandeza radiométrica  $X_e$  corresponde uma grandeza radiométrica espectral  $X_\lambda(\lambda)$  dada por:

$$X_\lambda(\lambda) = \frac{\partial X_e}{\partial \lambda}$$

A grandeza radiométrica  $X_e$  associada a uma grandeza espectral  $X_\lambda(\lambda)$  representa a área sob a curva de  $X_\lambda(\lambda)$  (ver Figura 5 para o caso da potência radiante), podendo ser calculada pelo integral:

$$X_e = \int_0^\infty X_\lambda(\lambda) d\lambda$$



**Figura 5** Relação entre potência radiante espectral  $\Phi_\lambda(\lambda)$  e potência radiante  $\Phi_e$ . A potência radiante no intervalo de comprimento de onda entre  $\lambda$  e  $\lambda + d\lambda$  é dada pela área marcada a tracejado de valor  $\Phi_\lambda(\lambda) d\lambda$ .

## Referências

1. Mário Ferreira, Óptica e Fotônica, LIDEL, 2003, ISBN: 972-757-288-X.
2. Guilherme de Almeida, Sistema Internacional de Unidades, Grandezas e Unidades Físicas: terminologia, símbolos e recomendações; 2ª edição, Plátano Editora S. A., 1997, ISBN: 972-707-162-7.
3. <http://light-measurement.com/basic-radiometric-quantities/>, consultado em 19/11/2012.
4. <http://www.cie.co.at>, consultado em 19/11/2012.



# Recursos educativos

Para que as suas aulas sejam ainda mais ricas e interativas, sugerimos um conjunto de recursos que nos parecem úteis e que podem ser descarregados gratuitamente a partir do portal da Casa das Ciências. Estes recursos foram validados científica e pedagogicamente e são apenas um pequeno exemplo da grande variedade de Recursos Educativos Digitais que pode encontrar no nosso portal.



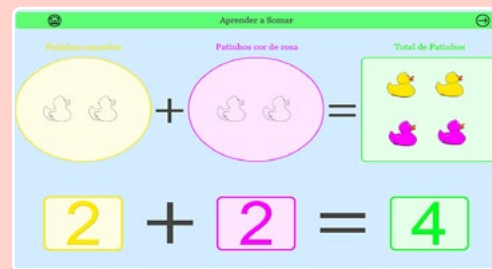
Pré  
escolar

## Somar é fácil

**Descrição:** Aplicação interativa que através de raciocínios simples ou da contagem pelos dedos, permite uma primeira abordagem ao conceito de soma.

**Tema:** Operações elementares

**Autor:** Casa das Ciências



1.º  
ciclo

## A massa dos objetos

**Descrição:** Aplicação que simula 2 tipos de balanças diferentes (balança de pratos e balança de escala) e permite determinar a massa de objetos.

**Tema:** Grandezas e medidas

**Autor:** Casa das Ciências



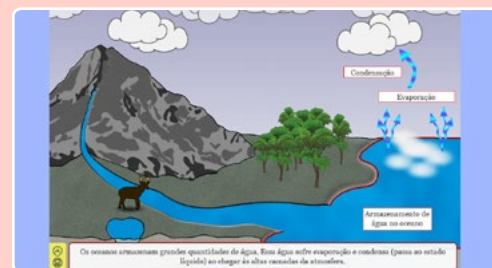
2.º  
ciclo

## Ciclo da água

**Descrição:** Aplicação que demonstra a ocorrência do ciclo da água, ilustrando os fenómenos de fusão/solidificação e evaporação/condensação da água na natureza.

**Tema:** Ciclo da água

**Autor:** Casa das Ciências



3.º  
ciclo

## Pangea

**Descrição:** Simulação em Flash que recria a deriva dos continentes a partir do continente único ou Pangea.

**Tema:** Deriva de continentes

**Autor:** Educational Multimedia Visualization Center



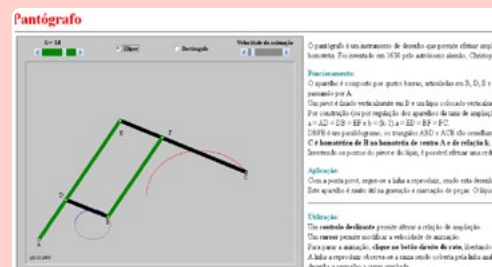
3.º  
ciclo

## Pantógrafo

**Descrição:** Aplicação que permite ao utilizador usar em duas observações distintas, um modelo simples de reproduzir uma linha simples.

**Tema:** Homotetias

**Autor:** Jean-Jacques Rousseau



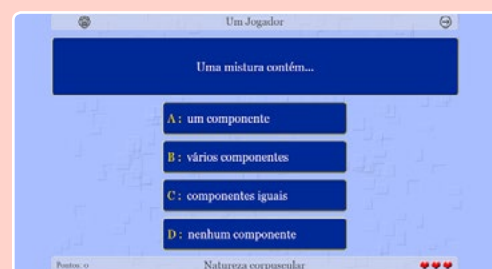
3.º  
ciclo

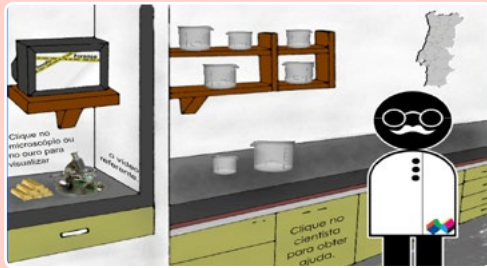
## Natureza corpuscular da matéria

**Descrição:** Jogo pedagógico com questões sobre a natureza corpuscular da matéria, muitoútil para a consolidação de conhecimentos e revisão de conceitos.

**Tema:** Natureza corpuscular da matéria

**Autor:** Alice Bertolo





## Areias - Geologia em peças separadas

**Descrição:** O material foca o estudo de várias tipologias de areias, recolhidas em quatro setores-chave distintos de Portugal com composições e características físicas distintas.

**Tema:** Areias

**Autor:** Joana Rodrigues

10.<sup>o</sup>  
ano



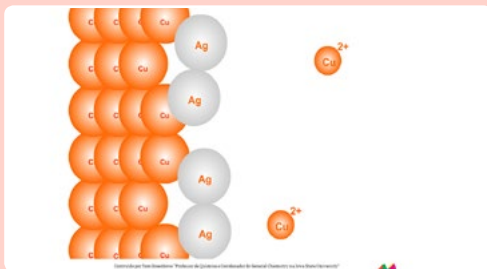
## Termómetro de Galileu

**Descrição:** Apresentação interativa muito simples que simula o funcionamento de um termómetro de Galileu, em função da temperatura ambiente.

**Tema:** Temperatura

**Autor:** Vladimír Vaščák

10.<sup>o</sup>  
ano



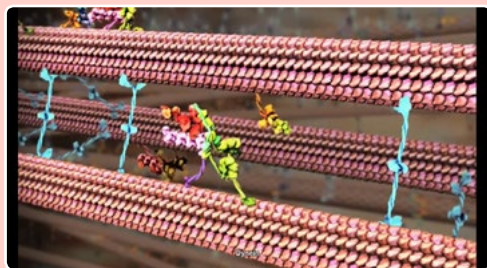
## Metais em solução aquosa

**Descrição:** Aplicação que permite estudar e compreender a ocorrência de reações de oxidação-redução entre um eletrodo metálico e uma solução.

**Tema:** Oxidação / Redução

**Autor:** Tom Greenbowe

11.<sup>o</sup>  
ano



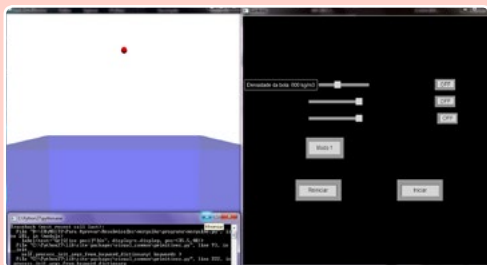
## Mitose, cromossomas e cinetocoros

**Descrição:** Vídeo onde é apresentada uma reconstrução multiescala da organização e características estruturais do DNA num cromossoma de uma célula durante a mitose.

**Tema:** Crescimento e Renovação Celular

**Autor:** *Walter and Eliza Hall Institute*

11.<sup>o</sup>  
ano



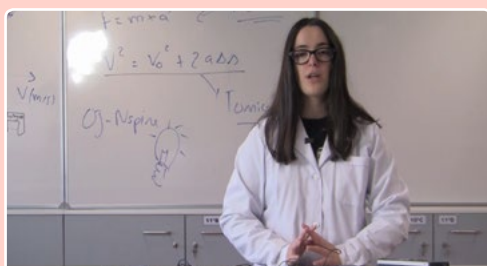
## Mergulho

**Descrição:** Atividade que consiste na utilização de uma simulação computacional para estudar o movimento de um corpo que mergulha num fluido.

**Tema:** Fluidos

**Autor:** Ricardo Rodrigues

12.<sup>o</sup>  
ano



## Segurança rodoviária

**Descrição:** Vídeo que ilustra a utilização de calculadoras gráficas e de sistemas de aquisição de dados na exploração de situações relacionadas com a segurança rodoviária.

**Tema:** Centro de massa e momento linear

**Autor:** Alexandre Gomes

12.<sup>o</sup>  
ano





Banco de Imagens da Casa das Ciências

Mais de **1500 imagens** com licença *Creative Commons* para as suas apresentações

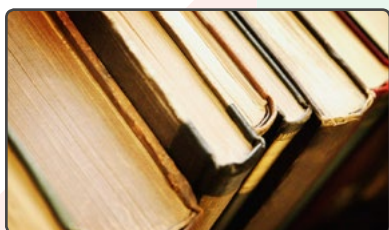
Astronomia Biologia Física Geologia Introdução às Ciências Matemática Química

Visite-nos em:

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

# Wikiciências

A SUA ENCICLOPÉDIA EM CIÊNCIA



A Wikiciências conta com **mais de 800 entradas** em diversas áreas

Biologia Física Geologia História da Ciência Informática Matemática Química

A Wikiciências é dirigida a todos os **professores e estudantes** de ciências

Inclui os termos que fazem parte do glossário básico dos programas do Básico e Secundário



A Wikiciências aposta na **fiabilidade e rigor científico** dos seus conteúdos

Artigos escritos por professores e investigadores e sujeitos a avaliação científica prévia

Visite-nos em:

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




# Fotos nas apresentações

Produza apresentações ou páginas *web* com imagens de grande valor científico e didático, com a garantia de qualidade da Casa das Ciências e licença *Creative Commons*.

Clique nas imagens para as descarregar a partir do Banco de Imagens da Casa das Ciências.



 Banco de Imagens da Casa das Ciências

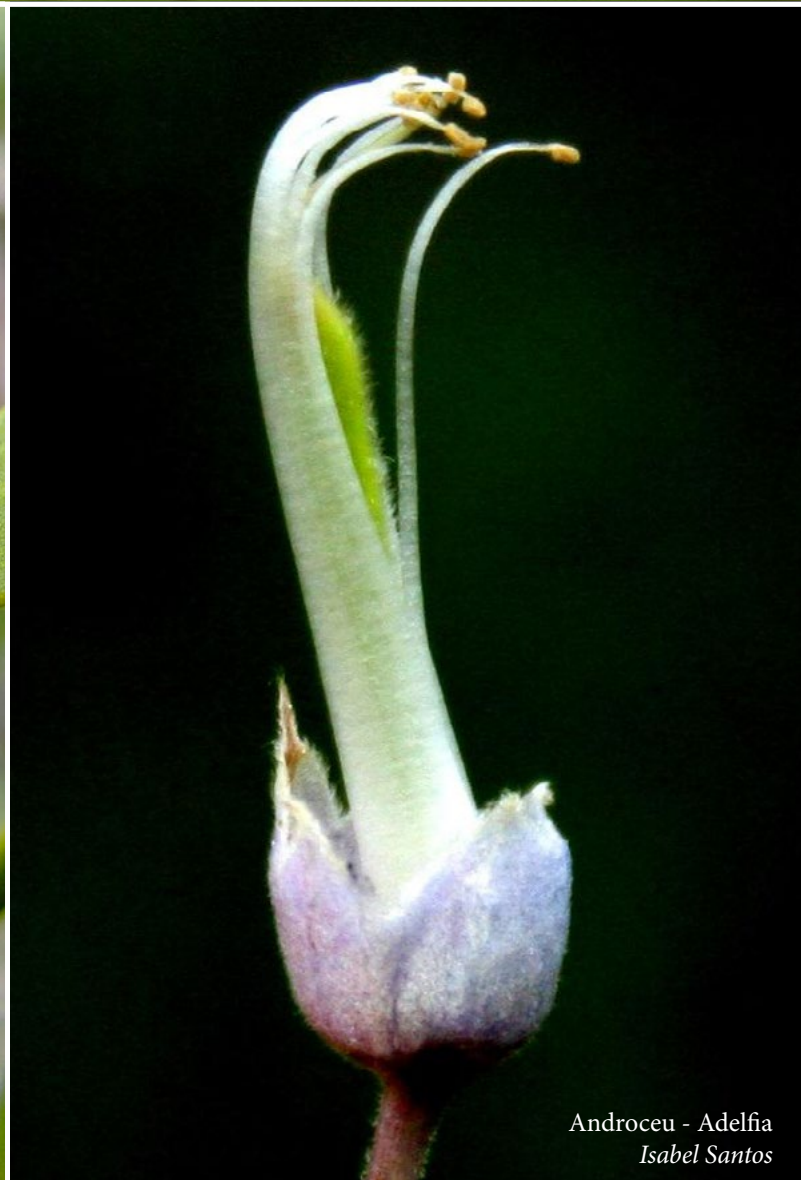




Corola assimétrica  
*Rubim Silva*



Visco ou visgo  
*Paulo Santos*



Androceu - Adelfia  
*Isabel Santos*





Vespas no seu ninho  
Cândido Pereira



Abibe-comum  
Paulo Santos

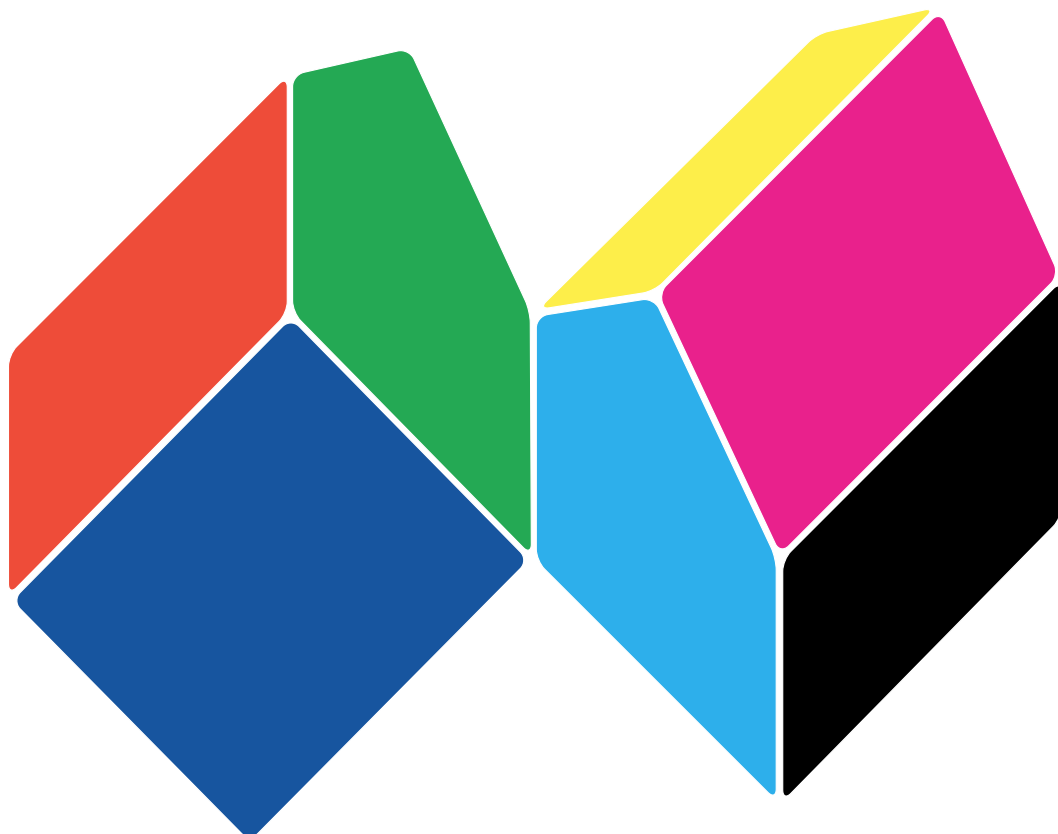












# Casa das Ciências

RECURSOS DIGITAIS PARA PROFESSORES