



Stephen Hawking
1942-2018

Mary Shelley

Baterias de íões-Lítio

Índice

1 Editorial

agradecimento

- 2 **A Gonçalo Figueira**, que cessa as suas funções como editor da Gazeta de Física

Teresa Peña

artigo geral

- 3 **Baterias de iões-lítio: a revolução na mobilidade elétrica?**

Attila Gören, Carlos M. Costa, Senentxu Lanceros-Méndez

artigo geral

- 9 **Mary Shelley (1797-1851)**
Há 200 anos foi publicado o seu livro Frankenstein

M^a da Conceição Abreu

sala de professores

- 12 **Elogio ao galão português**
(ou como usar um *smartphone* para *slow* e *fastmotion*)

Pablo Martín-Ramos, Pedro Sidónio Pereira da Silva e Manuela Ramos Silva

crónicas

- 16 **Stephen Hawking**, e os viajantes no tempo

Carlos Herdeiro

livros e multimédia

- 17 **Livros**

- 19 **Notícias**

Imagem da capa: Palestra de Stephen Hawking, intitulada "Why we should go into space", dada no âmbito comemoração do 50.º aniversário da NASA. Copyright NASA/Paul Alers

Publicação Trimestral Subsidiada

FCT Fundação para a Ciência e a Tecnologia
MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E ENSINO SUPERIOR

O recente desaparecimento de Stephen Hawking marca o fim de um dos mais extraordinários e improváveis exemplos de longevidade, vitalidade, paixão e mediatismo de um cientista contemporâneo, apesar das suas fortes limitações motoras. A imagem que escolhemos para a capa apresenta-o, precisamente, numa palestra intitulada “*Why we should go into space*”, dada na Universidade de George Washington no âmbito das comemorações do 50.º aniversário da NASA, em 2008. Na sua crónica, Carlos Herdeiro presta-lhe homenagem, falando-nos de seu legado e mostrando algumas das facetas da sua personalidade vibrante.

Em 11 de maio próximo, comemora-se os 100 anos do nascimento de Richard Feynman, nome que certamente dispensa apresentações para os leitores. Em 1999, numa sondagem da *Physics World* a Físicos de renome, foi considerado um dos 10 Físicos mais influentes de todos os tempos, numa lista encabeçada por Einstein, Newton e Maxwell. Na lista, que incluiu também Heisenberg, Schrodinger e Rutherford, aparece em 7.º, entre Galileu e Dirac. Feynman foi pioneiro no desenvolvimento da eletrodinâmica quântica, trabalho pelo qual recebeu o prémio Nobel da Física em 1965, em conjunto com Julian Schwinger e Sin-Itiro Tomonaga. Com uma personalidade muito peculiar, Feynman foi um dos grandes divulgadores de ciência da segunda metade do século XX. Atualmente, em livros de divulgação ou em plataformas como o *Youtube* podem ser encontradas entrevistas em que explica e discute conceitos de Física de modo vivo e contagiante. Iremos falar mais dele e da sua obra em próximas edições da Gazeta.

Nesta edição surge ainda a primeira parte de um artigo biográfico sobre Mary Shelley a autora do célebre “*Frankenstein*”, editado há 200 anos, e também ela uma pioneira da divulgação da Ciência. Filha do filósofo, escritor e editor William Godwin, teve uma educação alargada, embora informal, tendo acesso às novidades científicas da época. Sabe-se que assistiu em Londres a demonstrações da denominada eletricidade animal, descoberta por Galvani, e que conhecia as descobertas de Alessandro Volta, nomeadamente a pilha de Volta. Irá refletir todo esse conhecimento na sua célebre obra.

Voltando à atualidade, relembramos ainda que é já, de 21 a 29 de julho, que irá ocorrer em Lisboa a 49.ª Olimpíada Internacional de Física. Este é um evento ao qual a Gazeta se associa e é uma oportunidade única para divulgar a Física a nível nacional.

Nesta edição, uma nova equipa editorial entra em actividade. Nesse âmbito, queremos endereçar aqui o nosso obrigado ao Gonçalo Figueira e colegas da sua equipa. São uma inspiração para os desafios a enfrentar.

Boas leituras

Bernardo Almeida



Ficha Técnica

Propriedade

Sociedade Portuguesa de Física
Av. da República, 45 – 3º Esq.
1050-187 Lisboa
Telefone: 217 993 665

Equipa

Bernardo Almeida - Diretor Editorial
Francisco Macedo - Editor
Nuno Peres - Editor
Filipe Moura - Editor
Olivier Pellegrino - Editor

Secretariado

Maria José Couceiro - SP Física

Comissão Editorial

Conceição Abreu - Presidente da SPF
Gonçalo Figueira - Anterior Diretor Editorial
Teresa Peña - Anterior Diretor Editorial
Carlos Fiolhais - Anterior Diretor Editorial
Ana Luísa Silva - Física Atómica e Molecular
Ana Rita Figueira - Física Médica
Augusto Fitas - Grupo História da Física
Carlos Portela - Educação
Carlos Silva - Física dos Plasmas
Constança Providência - Física Nuclear
Joaquim Moreira - Física da Matéria Condensada
José Marques - Física Atómica e Molecular
Luís Matias - Geofísica, Oceanografia e Meteorologia
Manuel Marques - Óptica e Lasers
Nuno Castro - Física Partículas
Rui Agostinho - Astronomia e Astrofísica
Sofia Andringa - Física Partículas

Correspondentes:

Joaquim Moreira - Delegação Norte
Rui Travasso - Delegação Centro
Pedro Abreu - Delegação Sul e Ilhas

Design / Produção Gráfica

Fid'algo - printgraphicdesign

NIPC 501094628

Registo ICS 110856

ISSN 0396-3561

Depósito Legal 51419/91

Tiragem 1.000 Ex.

Publicação Trimestral Subsidiada

As opiniões dos autores não representam necessariamente posições da SPF.

Preço N.º Avulso €5,00 (inclui I.V.A.)

Assinatura Anual €15,00 (inclui I.V.A.)

Assinaturas Grátis aos Sócios da SPF.

A Gonçalo Figueira, que cessa as suas funções como editor da Gazeta de Física

Em 2007, a direção da SPF de então, presidida por Augusto Barroso, lançou-me o desafio de ser editora da Gazeta de Física. Aceitei e convidei o Gonçalo Figueira para se juntar ao projeto. Trabalhando os dois no Técnico, era prático. E a eficácia do Gonçalo na comunicação da Ciência era para mim já tão certa como os lasers do seu laboratório no GOLP.

Ainda recorro a alegria dos primeiros momentos para mudarmos o *lay-out*, idealizarmos uma nova estrutura de secções, convidarmos a comissão científica, selecionarmos os autores convidados do primeiro número, analisarmos os primeiros orçamentos. Vivemos juntos a aventura de criar o espírito da Gazeta do século XXI, tentando escutar o que os sócios nos diziam e queriam ver publicado, medindo o pulso do público na fascinação das notícias da física. E fomos tecendo devagarinho a participação da SPF no blogue do Expresso, que durou uns três anos, a aventura da criação da Gazeta de Física digital, a página da Gazeta de Física no *Facebook*, a *Newsletter* da SPF. O nosso último projeto foi o da edição de artigos sobre a Física em Portugal no século XX, que viria a ficar concluído em 2015, nas celebrações em que ambos nos envolvemos, do Ano Internacional da Luz.

Nem sempre foi fácil decidir, e os recursos disponíveis sempre em geral limitados. As negociações com empresas de produtos web lentas e aborrecidas. Alguns autores pareciam pouco abertos a sugestões, ou até a aceitarem as regras básicas de *peer review*, para nós um princípio. Mas as reuniões com o Gonçalo Figueira nunca pesavam. As questões difíceis, o Gonçalo desfazia-as habilmente com o sol do seu humor alentejano. Assim fazia deslizar as coisas, como o azeite das oliveiras de Elvas, onde tem as suas raízes.

Em 2013, ano em que assumi a Presidência da SPF, não podia ter deixado a Gazeta de Física em melhores



Primeiro número da responsabilidade editorial de Gonçalo Figueira

mãos. A Gazeta de Física que pensámos consolidou-se, amadureceu. Como sócia da SPF, orgulho-me da Gazeta de Física dirigida pelo Gonçalo Figueira e quero expressar o meu profundo agradecimento por tantos anos de trabalho de qualidade e nível internacional. Muito obrigada!

Teresa Peña

Fevereiro 2018

Baterias de íões-lítio: a revolução na mobilidade elétrica?

Attila Gören^{1,2}, Carlos M. Costa^{1,2}, Senentxu Lanceros-Méndez^{1,3,4}

1. Centro/Departamento de Física, Universidade do Minho, 4710-057 Braga, Portugal
2. Centro/Departamento de Química, Universidade do Minho, 4710-057 Braga, Portugal
3. Basque Center for Materials, Applications and Nanostructures (BCMaterials), Edif. Martina Casiano, Pl. 3, Parque Científico UPV/EHU, Barrio Sarriena s/n, 48940 Leioa, Bizkaia, Espanha.
4. IKERBASQUE, Basque Foundation for Science, 48013 Bilbao, Spain

cmscosta@fisica.uminho.pt

Resumo

As baterias de íões-lítio são um dos sistemas de armazenamento químico de energia mais relevantes da atualidade com aplicação nos mais diversos dispositivos tais como, telemóveis, *smartphones*, computadores portáteis, e mais recentemente nos carros *plug-in* híbridos e elétricos. Comparativamente a outros sistemas destacam-se por serem leves, sem efeito de memória e apresentarem elevada densidade energética, entre outros.

Este artigo apresenta uma análise crítica da aplicação das baterias de íões-lítio à indústria automóvel, o seu contributo numa possível revolução a nível da mobilidade elétrica e uma reflexão sobre as necessidades científico-tecnológicas para os próximos anos. Por fim, faz-se uma análise da importância que as reservas de lítio podem ter para Portugal.

“Energy may be likened to the bending of a cross bow; decision, to the releasing of the trigger”

Sun Tzu (544 a.C. - 496 a.C.), *The Art of War*

1. Introdução

O contínuo desenvolvimento tecnológico e a mobilidade da sociedade do século XXI levantam questões de sustentabilidade energética, tanto a nível da sua produção como a nível do seu armazenamento. A energia pode ser produzida de diferentes formas destacando-se atualmente o interesse nas fontes de energia renováveis como, por exemplo, a energia solar, energia eólica e biomassa, entre

outras. Por outro lado, o desenvolvimento de sistemas de armazenamento desta energia é fundamental para que possa ser usada em dispositivos móveis, tais como, telemóveis, *smartphones*, computadores portáteis e carros elétricos.

Ao longo dos anos, foram surgindo diversos tipos de baterias com diferentes metais, como por exemplo, as baterias de níquel-cádmio (Ni-Cd) e as baterias de hidreto metálico de níquel (NiMH). A primeira bateria de íões-lítio foi comercializada em 1991 pela Sony, baseada no trabalho pioneiro de R. Yazami. Este cientista demonstrou que a grafite poderia ser usada como um dos seus componentes, tornando assim as baterias de íões-lítio recarregáveis comercialmente viáveis [1].

O mercado global das baterias recarregáveis para os dispositivos portáteis é atualmente dominado pelas baterias de íões-lítio, com uma quota de mercado de 75 %, sendo previsto um volume de cerca de 55 mil milhões de dólares para 2019. O crescimento do mercado dos carros elétricos é uma das principais razões do aumento da exploração do lítio nos últimos anos, estimando-se que o consumo desta preciosa matéria-prima possa triplicar até ao ano 2020 comparativamente às 7000 toneladas de lítio consumidos no ano de 2011 [2].

Os principais desafios colocados à comunidade científica focam-se no aumento da capacidade energética, da potência, da segurança e da fiabilidade das baterias de íões-lítio de forma a responder satisfatoriamente ao intenso desenvolvimento tecnológico apresentado pelos diversos dispositivos.

2. Baterias de íões-lítio

A figura 1 ilustra os dois tipos de funcionamento de uma bateria de íões-lítio: carga e descarga.

Durante o processo de carga, os eletrões deslocam-se do cátodo para o ânodo pelo circuito externo e os iões de lítio atravessam simultaneamente o separador que separa fisicamente os dois elétrodos.

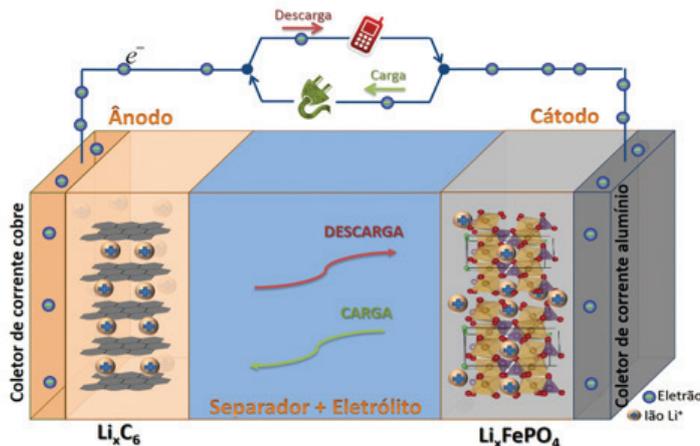
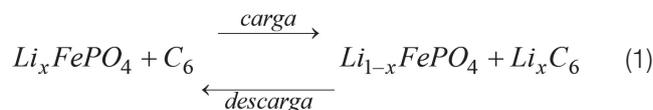


Fig. 1 – Descrição esquemática do funcionamento de uma bateria iões-lítio durante o processo de carga e descarga

Durante o processo de descarga ocorre o movimento inverso, ou seja, os eletrões e os iões deslocam-se do ânodo para o cátodo. O material mais usado para o ânodo é baseado na grafite (Li_xC_6) e para o cátodo é usado o fosfato de ferro e lítio ($\text{Li}_{1-x}\text{FePO}_4$), sendo a reação eletroquímica global deste sistema representada por [3]:



Outros tipos de baterias baseadas no lítio são as baterias de lítio-ar e lítio- enxofre. Estas baterias apresentam ainda atualmente limitações que, uma vez ultrapassadas, poderão futuramente ser uma alternativa às atuais baterias de iões-lítio [4].

3. As baterias e a indústria automóvel

Os carros elétricos *plug-in* híbridos (PHEVs) e os carros elétricos (EVs) prometem um futuro de viagens amigas do ambiente. As baterias que equipam estes carros podem ser carregadas em casa ou no local de trabalho, usando a energia elétrica fornecida por fontes renováveis de energia [5].

As diferentes soluções tecnológicas de baterias disponíveis para o mercado automóvel permitem atingir as metas de redução das emissões de CO_2 definidas pela União Europeia. Por exemplo, elas preveem que as emissões médias para o parque automóvel novo atinjam um valor de $130 \text{ g de } \text{CO}_2/\text{km}$, a partir de 2015 [6].

A diretiva europeia (2006/66/EC) faz a distinção entre as baterias usadas para o arranque, iluminação e ignição

(p.ex: baterias de chumbo) e as baterias usadas para a tração dos veículos elétricos.

Seguidamente são apresentadas as diferentes classes de veículos e as respetivas tecnologias de baterias disponíveis. Posteriormente são analisadas algumas questões práticas do ponto de vista do consumidor com base numa amostra de carros PHEVs e EVs existentes em Portugal.

3.1. Classes de veículos

No mercado europeu, verifica-se um aumento contínuo da percentagem dos carros híbridos e elétricos nas diferentes gamas de automóveis disponíveis. A tipologia dos veículos pode ser dividida em 6 categorias e 3 classes.

A bateria de chumbo de 12 V vai continuar a ser a única bateria produzida em massa para os carros convencionais, *Start-Stop* e para o nível básico dos veículos micro-híbridos (classe 1), devido à sua excelente capacidade para o arranque do motor de combustão interna a temperaturas baixas, combinado com o baixo custo e compatibilidade com o sistema elétrico de 12 V dos carros. É de salientar que a reciclagem destas baterias (> 95 %) a nível da Europa as torna de baixo impacto para a saúde humana e para o ambiente. As baterias de chumbo mais avançadas (tecnologia AGM-Absorbent Glass Mat e EFB-Enhanced Flooded Batteries) são utilizadas para satisfazer as exigências complementares dos veículos *Start-Stop* e dos micro-híbridos básicos, permitindo uma redução de consumo de combustível até 10 % no sistema *Start-Stop*.

A bateria tem um papel mais ativo nos veículos híbridos-elétricos (incluindo o micro-híbrido avançado, médio-híbrido e 100 % híbrido) (classe 2) ocorrendo o armazenamento da energia durante a travagem. Nos carros 100 % híbridos é possível percorrer curtas distâncias em modo exclusivamente elétrico. A poupança de combustível num carro 100 % híbrido pode chegar aos 40 %. As baterias dos veículos híbridos operam a um nível reduzido de profundidade de descarga (< 5 %) sendo recarregadas frequentemente durante a condução.

Um sistema de controlo adequado na gestão das duas fontes de energia (motor de combustão interna e elétrico) permite, a nível dos carros médio-híbridos, reduzir o consumo de combustível de 10 % a 15 % [7].

Existem diferentes tecnologias de baterias capazes

| Classe | Categoria | Nome | Funcionamento/Finalidade |
|--------|-----------|----------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | 1 | Motor de combustão interna | A bateria só é usada para o arranque do motor de combustão interna, iluminação e ignição. |
| | 2 | Carros <i>Start-Stop</i> | O motor de combustão interna é automaticamente desligado durante a travagem e paragem. |
| 1+2 | 3 | Veículos micro e médio híbridos | O sistema <i>Start-Stop</i> combinado com a travagem regenerativa permite usar a energia gerada para aumentar a aceleração do veículo. |
| 2 | 4 | Veículos 100 % híbridos (HEVs) | Caraterísticas equivalentes ao veículo médio híbrido, mas a energia armazenada na bateria pode também ser usada para conduzir uma curta distância em modo elétrico. |
| 3 | 5 | Veículos elétricos <i>plug-in</i> híbridos (PHEVs) | A bateria é usada como fonte de energia principal para viagens diárias (entre 20 km a 50 km), mas se necessário, o PHEV também funciona em modo híbrido usando o motor de combustão interna. A bateria pode ser carregada a partir da rede pública de eletricidade. |
| | 6 | Veículos elétricos (EVs) | Sistema de armazenamento de energia elétrica total. A bateria é usada como única fonte de energia sendo as baterias carregadas a partir da rede pública de eletricidade. |

de preencher estas funções em diferentes combinações, sendo as baterias mais utilizadas as de NiMH e as baterias de íões-lítio, para potenciais mais elevados, devido à rápida capacidade de recarga, boa performance de descarga e elevado ciclo de vida. Apesar das baterias de NiMH serem a tecnologia de bateria predominante para os carros 100 % híbridos, a redução de custos dos sistemas de baterias de íões-lítio está a tornar estes sistemas mais competitivos.

Nos veículos elétricos *plug-in* híbridos (PHEVs) e 100 % elétricos (EVs) (classe 3) são instalados sistemas com elevada diferença de potencial (250 V a 500 V) e pelo menos 15 kW h de energia armazenada, de forma a permitir uma autonomia suficiente em modo exclusivamente elétrico, tanto para viagens curtas diárias (20 km - 50 km), para os

PHEVs, ou como fonte única disponível nos EVs (> 100 km). As baterias devem apresentar elevada densidade energética, reduzido tempo de recarga, elevada eficiência, baixa resistência elétrica e um elevado tempo de vida, preferencialmente equivalente à durabilidade do veículo. Uma bateria de um carro elétrico de 1 tonelada deve ter, em média, cerca de 15 kW h de energia armazenada para poder percorrer uma distância de 100 km. A tecnologia das baterias de íões-lítio é a escolha principal como fonte de energia para os carros PHEVs e EVs [8].

Os carros PHEVs e EVs atualmente fabricados são equipados com sistemas de baterias de íões-lítio, devido a sua elevada densidade energética (~ 110 kW h/kg) e rápida capacidade de recarga. As baterias de íões-lítio apresentam densidade energética mais elevada entre os sistemas recarregáveis existentes, podendo atingir até 20000 vezes a capacidade nominal quando sujeitas a descargas até 5 %

e efetuar cerca de 3000 ciclos completos até atingir 80 % da sua capacidade total residual. Os custos atuais das baterias de iões-lítio oscilam entre 400 - 800 €/(kW h) prevendo-se a redução de custo para 300 - 450 €/(kW h) até 2022.

3.2. Os carros PHEVs e EVs em Portugal

No ano 2016, foram vendidos 4293 veículos híbridos e elétricos. Desses, 756 veículos são 100 % elétricos, o

que representa um aumento de 17 % face a 2015 [9].

Na tabela 2, são apresentados, a título informativo, três modelos e as respetivas características das versões PHEVs e EVs disponíveis no mercado português. Para informações atualizadas sobre mobilidade elétrica podem ser consultados os sites: www.uve.pt e <http://www.zeev.pt>.

Tabela 2 – Características principais das baterias de iões-lítio de carros PHEVs e EVs

| Modelo | Bateria (kW h) | Massa (kg) | Autonomia real (km) | Consumo médio (kW h /100 km) | Custo €/(100 km)* |
|---------------------|----------------|------------|---------------------|------------------------------|-------------------|
| Toyota Prius (PHEV) | 8,8 | 120 | ~ 50 | ~ 18 | 3,6 |
| Tesla S (EV) | 90 | 540 | ~ 400 | ~ 22,5 | 4,5 |
| Renault ZOE (EV) | 40 | 305 | ~ 280 | ~14 | 2,8 |

* Considerando que o valor da energia elétrica é aproximadamente 0,20 €/(kW h), obtém-se, por exemplo, para o Toyota Prius: $\text{Custo} = 18 \text{ kW h} / (100 \text{ km}) \times 0,20 \text{ €} / (100 \text{ kW h}) = 3,6 \text{ €} / (100 \text{ km})$.

A maior parte dos fabricantes de automóveis PHEVs e EVs oferece uma garantia de 8 anos e/ou 160000 km para as baterias, sendo a autonomia máxima baseada no teste NEDC (*New European Driving Cycle*) que permite determinar o consumo de combustível, emissão de gases, consumo de energia elétrica e autonomia dos carros elétricos, entre outros parâmetros.

É possível carregar a bateria com 0 % de emissão de CO₂ se for escolhido, por exemplo, o plano de energia “Eletricidade Verde” da EDP, uma vez que a energia elétrica é exclusivamente produzida por fontes renováveis de energia. Destaca-se também a poupança a nível do consumo de combustível: percorrer 100 km com um carro elétrico fica por metade do preço quando comparado com um carro equivalente a gasolina. Além disso a manutenção de um carro elétrico é bastante mais económica porque os motores elétricos têm uma peça única em movimento, o rotor, comparativamente às centenas partes que se movimentam num motor a gasolina. Um sistema com poucas partes em movimento reduz drasticamente os custos de manutenção e aumenta a longevidade [10].

4. Lítio em Portugal

A importância que as baterias de iões-lítio têm nos dispositivos portáteis e no futuro da mobilidade

elétrica (HEVs, PHEVs e EVs) obriga a uma análise das reservas de lítio existentes no planeta Terra. Portugal é o país da União Europeia com as maiores reservas de lítio, ficando apenas atrás das reservas mundiais existentes nos Estados Unidos da América, Argentina, Austrália, Canadá, Chile, China, Brasil e Zimbábue [11].

Portugal poderá ocupar um lugar destacado a nível desta matéria-prima porque 24 % da produção mundial de lítio é consumido na Europa e só 2 % da produção mundial é atualmente fornecida por pequenas minas em Portugal [12]. O mercado de lítio é relativamente suscetível a interrupção do fornecimento desta matéria-prima uma vez que 90 % da produção mundial de lítio é controlada por apenas 4 empresas. É de destacar também que 80 % da produção atual de baterias de iões-lítio é realizada por 4 empresas situadas na Ásia [12].

Na natureza, o lítio é encontrado na forma iónica univalente livre, [Li⁺], sendo em Portugal proveniente essencialmente de depósitos de pegmatito. No caso destes depósitos, extraem-se mais de 150 minerais de lítio destacando-se entre eles a espodumena, lepidolite, petalita, ambligonita, entre outros. Da espodumena deriva o lítio metálico e o carbonato de lítio (Li₂CO₃). Os maiores depósitos de lítio

localizam-se a norte (Serra d'Arga, Barroso-Alvão) e no centro de Portugal (Guarda, Gouveia).

5. Considerações finais e o futuro...

O desenvolvimento de baterias tecnologicamente avançadas baseia-se em conhecimentos científicos de diferentes áreas, ocupando a Física um papel relevante nas áreas de materiais (propriedades físico-químicas), termodinâmica (transferência/dissipação de calor, equações de difusão de calor, etc.), eletricidade (gestão eficiente dos ciclos de carga/descarga para aumentar a longevidade das mesmas, etc.) e também em fenómenos de difusão e transferência de massa. Além disso, a simulação computacional a diferentes escalas, desde a micro à nano-escala, permite obter uma previsão das propriedades dos materiais ativos e da performance da bateria baseada nas equações que governam o seu funcionamento.

É indubitável que a tecnologia das baterias de iões-lítio revolucionou o mundo tecnológico, tendo aplicação em telemóveis, câmaras, computadores portáteis, e outros. No que diz respeito a mobilidade elétrica (HEVs, PHEVs e EVs), as baterias de iões-lítio apresentam-se como um sistema fiável de armazenamento de energia. Atualmente o mundo móvel elétrico depende das baterias de iões-lítio que é a tecnologia-base e peça-chave desta nova mobilidade [10].

Quando as baterias de iões-lítio foram lançadas em 1991, apresentavam o dobro da densidade energética (W h/kg) comparativamente à tecnologia disponível (NiMH, Ni-Cd) e os melhoramentos contínuos nos últimos 25 anos triplicaram este valor. O preço das baterias de iões-lítio diminuiu drasticamente na última década e continua a diminuir mais rapidamente do que era expectável [10].

Será que as baterias de iões-lítio irão provocar uma revolução a nível da mobilidade, semelhante àquela que aconteceu nos dispositivos eletrónicos? Parece claro que os carros elétricos baseados em baterias de iões-lítio são para ficar e são competitivos com os carros a gasolina para percursos de longa distância (táxis). Por exemplo o custo total estimado por milha, considerando o tempo de vida total do veículo e um percurso anual de 112 000 km, é de 0,40 \$/milha para o Toyota Prius (hybrid) e de 0,26 \$/milha para o Tesla Model 3 (EV).

Os carros HEVs, PHEVs e EVs vão continuar a conquistar o mercado automóvel devido aos contínuos melhoramentos a nível da relação custo-benefício e contínuas pressões regulamentares, sendo previsto uma quota de mercado de 20 % – 35 %, em 2030.

A indústria global das baterias vai, nos próximos anos, trabalhar no sentido de melhorar o desempenho, custo, integração do sistema, processos de produção, segurança e reciclabilidade das baterias de iões-lítio. Todas estas áreas precisam de contínuo desenvolvimento para melhorar a integração dos carros elétricos no mercado automóvel.

No entanto, a substituição dos carros a gasolina por carros elétricos, conforme aconteceu com o telemóvel/smartphone que substituiu o telefone fixo, vai exigir uma nova geração de baterias cujo desempenho seja várias vezes melhor do que o das baterias de iões-lítio atuais [10].

As reservas e a extração rentável do lítio (e seus derivados) são uma oportunidade estratégica para o crescimento económico de Portugal, podendo-se tornar um dos fornecedores principais desta matéria-prima a nível da Europa. Elas abrem também a possibilidade de atrair investimento de grandes empresas de componentes de automóveis para produção de baterias de iões-lítio em Portugal.

Agradecimentos

Aos colegas do Centro de Física da Universidade do Minho e do BCMaterials no âmbito do Electroactive Smart Materials (<https://www.facebook.com/electroactivesmg>) pelas interessantes discussões, trabalho conjunto e excecional ambiente. Agradecemos à Fundação para a Ciência e a Tecnologia pelo apoio através do projeto estratégico UID/FIS/04650/2013 e UID/QUI/00686/2013 (incluindo os fundos FEDER através do Programa COMPETE 2020 e Fundos Nacionais), projeto PTDC/CTM-ENE/5387/2014 e as bolsas SFRH/BD/90313/2012 (AG) e SFRH/BPD/112547/2015 (CMC). Também se agradece o apoio financeiro do Departamento da Indústria do Governo Basco ao abrigo dos Programas ELKARTEK e HAZITEK.

Referências

1. J. Nunes-Pereira, C.M. Costa, S. Lanceros-Méndez, “Polymer composites and blends for battery separators: State of the art, challenges and future trends”. *Journal of Power Sources* 281: p. 378-398 (2015).
2. L. Talens Peiró, G. Villalba Méndez, R.U. Ayres, “Lithium: Sources, Production, Uses, and Recovery Outlook”, *JOM* 65(8): p. 986-996 (2013).
3. A. Gören, C. M. Costa, M. M. Silva, S. Lanceros-Méndez, “State of the art and open questions on cathode preparation based on carbon coated lithium iron phosphate”, *Composites Part B: Engineering* 83: p. 333-345 (2015).
4. G. Pistoia, “Lithium-Ion Batteries: Advances and Applications”, Elsevier Science (2013).
5. J. Jaguemont, L. Boulon, Y. Dubé, “A comprehensive review of lithium-ion batteries used in hybrid and electric vehicles at cold temperatures”. *Applied Energy*, 164: p. 99-114 (2016).
6. Conselho da União Europeia, P.E., Regulamento (CE) n. o 443/2009 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de Abril de 2009.
7. P. Miller, “Automotive Lithium-Ion Batteries, State of the art and future developments in lithium-ion battery packs for passenger car applications”. *Johnson Matthey Technol. Rev.*, 59(1): p. 4 (2015).
8. C. Capasso, O. Veneri, “Experimental analysis on the performance of lithium based batteries for road full electric and hybrid vehicles”. *Applied Energy* 136: p. 921-930 (2014).
9. Associação Automóvel de Portugal, (<http://www.acap.pt/pt/home>).
10. G. Crabtree, E. Kocs, B. Tillman, “Where is transportation going?” *Europhysics News*, 48(3): p. 21-25 (2017).
11. A. Chagnes, J. Swiatowska, “Lithium Process Chemistry: Resources, Extraction, Batteries, and Recycling”, Elsevier Science (2015).
12. Europe, I.i.; (<https://www.dakotaminerals.com.au/lithium/lithium-in-europe>).



Attila Gören licenciou-se em Física e Química (ensino) em 1998, finalizou o mestrado em Física (ensino de) em 2007 e obteve o grau de Doutor em Física em 2017, na Universidade do Minho, Braga, Portugal. O seu trabalho de investigação está focado em sistemas de armazenamento de energia – baterias de ião-lítio. É professor de Física e Química no Agrupamento de Escolas de Real – Braga.



Carlos M. Costa licenciou-se em Física em 2007, finalizou o mestrado em Engenharia de Materiais em 2007 e obteve o grau de Doutor em Física em 2014 na Universidade do Minho, Braga, Portugal. Atualmente, é investigador na mesma Universidade e o seu trabalho está focado no desenvolvimento de compósitos poliméricos avançados e novos materiais e formulações para aplicações de armazenamento de energia.



Senentxu Lanceros-Méndez é Ikerbasque Professor e Director científico do BCMaterials, Basque Center for Materials, Applications and Nanostructures, Leioa, Espanha, e Professor Associado do Departamento de Física da Universidade do Minho, Portugal (em licença). O seu trabalho está focado na área de materiais inteligentes e funcionais para sensores e atuadores, energia e aplicações biomédicas.

Mary Shelley (1797-1851)

Há 200 anos foi publicado o seu livro Frankenstein

M^a da Conceição Abreu

Laboratório de Instrumentação e Física Experimental de Partículas (3Is), Av. Gama Pinto 2, 1649-003 Lisboa

mabreu@ualg.pt



Cortesia de Clara Queiroz

Uma pioneira na ficção científica? na ciência com ética? apenas uma jovem de 19 anos, culta, com experiência de vida e uma fértil imaginação?

"Frankenstein ou o Moderno Prometeu" (1) de Mary Shelley (ou Mary Wollstonecraft Godwin) foi publicado anonimamente no início de 1818. A obra foi entregue ao editor por Percy Shelley. O nome da autora aparece numa edição posterior de 1823 e numa edição revista por ela em 1831.

Mary Godwin, nome de solteira, começou a escrever "Frankenstein" numa noite de junho de 1816, com apenas 18 anos, noite de tempestade e relâmpagos, quando estava de férias/fuga numa casa vizinha à do célebre poeta Byron nas margens do lago de Genebra (Suíça). Não vou entrar em por-

menores sobre a vida de Mary. O excelente livro de Clara Queiroz (2) dedica-lhe cerca de 400 páginas e a foto de Mary neste artigo é uma cortesia da capa do referido livro.

Numa noite particularmente tempestuosa, estava reunido na Villa Diodati, casa de Lord Byron, um grupo formado pelo amante de Mary, Percy Shelley, que seria seu futuro marido, a sua meia irmã Claire Clairmont, que os tinha acompanhado nas férias e John William Polidori, médico e escritor, amigo de Byron. Este fez um desafio ao grupo de amigos para que escrevessem um texto inspirado, quer no estado do tempo, quer também nos muitos livros sobre fantasmas que havia nas casas que tinham alugado. O desafio era escrever sobre o terror, o desconhecido, o medonho, como estava a ser aquele verão.

Na realidade, no ano de 1816, denominado **Ano sem Verão, Ano sem um Verão, Ano da Pobreza** ou **Ano em Que não Houve Verão** (3), as anomalias climáticas severas destruíram a agricultura na Europa e até na costa leste do continente americano devido às consequências da violenta explosão do vulcão do Monte Tambora, na Indonésia, em abril de 1815.

Voltando à história desse desafio de escrita de um texto fantasmagórico, vingaram o Frankenstein, texto de Mary, e também a personagem do Vampiro de Polidori, uma obra de ficção de prosa curta publicada em 1819, mas iniciada naquele verão. O género vampiro romântico de ficção de fantasia viria a inspirar mais tarde a personagem Conde Drácula (1897). Há quem atribua a criação da figura de vampiro a Byron e admita que fosse discutida naquele momento entre Byron e Polidori, mas o texto é de Polidori.

Não vamos contar a história do Frankenstein, é melhor o leitor lê-la numa próxima oportunidade caso ainda não

o tenha feito. Vamos, de memória, referir os factos que nos levam a um dos subtítulos deste artigo: **Mary, pioneira da ficção científica?**

A obra tem um aspecto muito interessante: começa numa forma epistolar em que o jovem capitão Walton decide ir descobrir como chegar ao Pólo Norte e vivenciar o campo magnético terrestre nessas paragens. Durante a viagem, Walton mantém uma correspondência com a sua irmã Margaret, que fica em Inglaterra. Podemos dizer que esta parte epistolar é uma divulgação científica ou a primeira ficção do romance. Depois, numa fase avançada da viagem, já nos mares muito gelados no norte da Rússia, este jovem encontra um naufrago, um tal Victor Frankenstein, que se sente na obrigação de relatar ao seu salvador porque ali se encontra, e então Mary narra a história deste Victor na forma clássica de conto e aqui constrói uma segunda ficção. Começa por uma descrição da família dele e depois leva-nos até à sua vida na universidade, longe de casa, onde estuda química moderna, tem conversas com os seus professores, mas decide de modo completamente individual tentar criar vida inspirado no galvanismo. A partir dos restos dos cadáveres usados para aulas de medicina tenta construir um ser. Foi juntando pedaços e moldando essa criatura e para a fazer viver dá-lhe uma descarga elétrica, ou teve o acaso de um relâmpago que animou o ser. Como teve Mary esta ideia?

Ela conhecia e tinha mesmo assistido em Londres a demonstrações da denominada eletricidade animal, descoberta por Galvani anos antes no seu laboratório da Universidade de Bolonha, e posteriormente difundida pelo seu sobrinho Aldini, experiências concomitantes com as descobertas de Alessandro Volta, também ele da Universidade de Bolonha, nomeadamente a conhecida pilha de Volta. Nestas discussões também havia cientistas ingleses.

A criatura de Victor tem vastas capacidades: anda, apreende a ler e sabe viajar. É um ser inteligente e que rapidamente reconhece que devido ao seu aspeto cadáver e desajeitado (2,40 m de altura) não é aceite pelas pessoas com que se cruza, até pelos mais humildes a quem presta serviços. Esta vida de solidão e fuga fá-lo começar a chantagear Victor e inclusive a matar alguns dos seus queridos familiares, até acabar por exigir ao criador que este lhe crie uma companheira, com quem possa partilhar a sua vida, ameaçando-o de lhe causar ainda mais desgraças na família e entre os seus amigos. Victor promete a criação da tal companheira numa viagem que está a fazer com um amigo a Inglaterra (terra de Mary), mas por fim destrói a segunda criatura e aí começa uma perseguição sem fim da Criatura ao Criador. Para lhe fugir Victor embarca num navio em direção ao Norte e aqui, nesta fuga, Mary revela largos conhecimentos de geografia para além dos fenómenos magnéticos terrestres referidos. O fim do livro volta a ser epistolar, onde o jovem navegador Walton descreve à irmã estes acontecimentos finais e fatais para Frankenstein. Tudo acaba mal, morre o criador desaparece no nada a criatura e quase toda



Imagem retirada do Google

a família de Frankenstein morreu anteriormente às suas mãos.

Referidos os conhecimentos de Mary, podemos perguntar como estava ela ao corrente da eletricidade animal, das experiências dos cientistas mais notáveis da época (Galvani tinha falecido em 1798), como tinha tantos conhecimentos de viagens? Penso que a sua aprendizagem se deu no ambiente familiar. O seu pai era não só um filósofo importante e escritor, Godwin era ainda editor, acolhia intelectuais em sua casa e participava nas reuniões culturais de vários géneros, acompanhando não só os novos ideais políticos e sociais (revolução francesa) mas também as novidades científicas. É natural que Mary desde nova assistisse a essas sessões e, tendo uma mente vivaz e atenta, tenha usado estes conhecimentos no desenvolvimento da sua história. A educação é um dos bens a que todos devem ter acesso e ela, apesar da infelicidade de ter perdido, com poucos dias de idade, a mãe, uma ativista dos direitos das mulheres e igualmente escritora (4) tenha matutado se a eletricidade não podia, para além de fazer mexer as coxas de rãs, estar mesmo na origem da vida de um ser.

Hoje sabemos que eletricidade não dá vida a um ser, mas controla a vida de todos os seres. Basta lembrarmo-nos de que, quando num hospital vemos aquele aparelho junto ao doente monitorizando

continuamente o funcionamento do coração, registrando o que designamos por eletrocardiograma, estamos a ver os impulsos elétricos que fazem funcionar o coração. Quando morremos não existem mais impulsos elétricos, a morte é uma linha reta.

Como física, comecei por abordar os aspectos da ficção dita científica e em que em alguns pontos pode inclusive ser designada por divulgação, apesar de estar convicta que a obra de que falamos é de ficção. O outro subtítulo é **Mary pioneira da ciência com ética?** Teria Victor direito a tentar criar vida? Ainda para mais, dedicar-se a tão grande empreendimento, de modo solitário e em segredo? Penso que isto está presente nas nossas interrogações sobre não só a criação de computadores (2001 Odisseia no Espaço e a vontade de HAL9000 - *Heuristically programmed ALgorithmic computer*) ou até os Novos Frankenstein e as suas obras (5). Toda a pesquisa e "triumfos" científicos têm em geral os seus lados *Dr Jekyll and Mr Hyde* (6), desde a física nuclear, excelente para o diagnóstico e terapia médica e até produção de energia, mas por outro lado, com toda a sua aplicação bélica, destruidora de pessoas e do ambiente, moeda de troca em acordos entre países infernizando a vida dos povos etc. etc..

Falta responder à pergunta **apenas uma jovem de 19 anos, culta, com experiência de vida e uma fértil imaginação?** Não sendo especialistas em Mary Shelley, pode-se alvitrar que a morte estava muito presente na vida de Mary naqueles anos da 1ª edição (1818), desde a sua mãe, a Mary Woolstonecraft que morreu alguns dias depois da filha nascer, a morte das duas crianças que a própria Mary teve nos primeiros anos de relação com Percy, o suicídio da mulher deste que permitiu o casamento deles. Posteriormente, já entre a 1ª edição e as seguintes, morre mais uma criança, o próprio Percy Shelley morre afogado em 1822, Byron morre de febre na Grécia em 1824, Polidor morre (ou suicida-se) em 1821 e Alba ou Clara Allegra, a filha de Claire, a meia-irmã de Mary que tinha tido um caso com Byron de que resultou essa criança, também morre em 1822. Óbvio que naqueles tempos era muito frequente a morte na infância, e os poetas morrerem jovens, mas não há dúvida que os primeiros anos da vida de Mary estão repletos de lutos, privações e críticas sociais. A sua maior alegria, para além da paixão por Percy, deve ter sido o único filho que lhe sobreviveu, Percy Florence Shelley.

Porque neste artigo não entrámos nos detalhes científicos, o próximo número da Gazeta dedicará ainda no âmbito do bi-centenário do romance, um artigo sobre os conhecimentos de eletricidade

daquela época e o que conhecemos hoje no domínio da eletrofisiologia.

Recentemente a Biblioteca Nacional apresentou uma pequena mostra das várias edições portuguesas da obra e a bibliografia da autora (7).

No ano em que se fala de aprendizagens essenciais, flexibilidade e interdisciplinaridade, esperamos que este artigo inspire os colegas na flexibilidade curricular. Neste romance gótico, há ciências naturais e geografia, há aspetos de ética, foi escrito em inglês e tem inúmeras representações teatrais e cinematográficas. Na realidade, é um romance pluridisciplinar geniall.

1. Existem muitas edições portuguesas desta obra, refiro: a bilingue e que acaba de ser publicada, Mary Shelley, "Frankenstein", edição comentada bilingue português-inglês, da primeira versão de 1818, ed. Compasso dos Ventos, capa dura, 315 páginas; Mary Shelley, "Frankenstein ou o Prometeu Moderno," ed. Guimarães, 2001; e, em inglês, a clássica versão de "Frankenstein" by Mary Shelley, ed. Penguin Classics, 2003.
2. Clara Queiroz, "Quem tem medo de Frankenstein? - Viagem ao mundo de Mary Shelley", Ed. Guerra e Paz, 2014.
3. Wikipedia.
4. Mary Wollstonecraft, "Uma vendicação dos direitos das mulheres", Ed. Antígona, 2017.
5. "Os modernos Frankensteins", Carlos Fiolhais, Jornal Público 7 de fevereiro de 2018 pg.46.
6. Robert Louis Stevenson, "Dr Jekyll and Mr Hyde", publicado em 1886, ed. Longman.
7. "Frankenstein: 200 anos", Biblioteca Nacional, organização da mostra e do colóquio por Rogério Miguel Puga, CETAPS, NOVA-FCSH, exposição 9 jan - 8 fev de 2018 e colóquio a 27 setembro de 2017.

Elogio ao galão português

(ou como usar um *smartphone* para *slow* e *fastmotion*)

Pablo Martín-Ramos^{1,2}, Pedro Sidónio Pereira da Silva^{1*} e Manuela Ramos Silva¹

¹ CFisUC, Departamento de Física, Universidade de Coimbra, P-3004-516 Coimbra, Portugal

² EPS, Instituto de Investigación en Ciencias Ambientales (IUCA), Universidad de Zaragoza, Carretera de Cuarte s/n, 22071 Huesca, Espanha

Resumo

A Física ocupa um lugar preponderante no nosso quotidiano explicando quer fenómenos complexos como o funcionamento dos nossos gadgets high-tech, quer fenómenos simples como a temperatura do galão que bebemos ao pequeno-almoço. Este artigo, narrado por um cientista espanhol, a partir da sua própria vivência, descreve um projeto experimental em Física, fácil de implementar numa sala de aula, sobre a variação da temperatura de dois líquidos que se misturam. A monitorização da temperatura dos líquidos é feita com ajuda de análise de vídeo.



Fig. 1 – Um galão e um pastel de nata, tal como é servido num dos muitos cafés de Coimbra.

O meu nome é Pablo Martín-Ramos. Sou espanhol. Nasci em Valladolid há 32 anos e quis o destino que tivesse que passar grandes temporadas em Coimbra, Portugal. Quase de imediato, apaixonei-me pela cultura portuguesa. Pelas pessoas, pela música, pelo futebol, pela praia, pela gastronomia. Bacalhau é o meu prato favorito e ainda nem provei todas as mil maneiras de o cozinhar! E o melhor pequeno-almoço do mundo é o pequeno-almoço português: um galão e um pastel de nata!

Agora vivo em Huesca, uma cidadezinha do interior espanhol, que em nada se assemelha a Coimbra, falta-lhe o bulício animado dos estudantes e dos turistas, e nunca se encontram pasteis de nata à venda! Para amenizar um bocadinho as saudades, preparo sempre um galão para o pequeno-almoço. Tiro primeiro os dois cafés para um copo alto e junto-lhes o leite quando finalmente, eu e a Raquel, nos sentamos dois segundos, no meio da agitação da manhã de dois professores que vão para escolas diferentes. Mas a minha mulher acha que era preferível juntar o leite assim que se tira o café.

Assim que voltei a Coimbra, trouxe esta pergunta aos meus colegas físicos: se tivermos como objetivo beber café com leite o mais quentinho possível, 5 a 10 minutos depois de tirarmos o café, devemos juntar o leite de imediato ou esperar e juntar o leite só no final?

Num instante já os tinha todos a discutir sobre convecção, condução, radiação e capacidade térmica mássica, mas como são experimentalistas, propuseram-se logo a fazer a experiência, de cujos resultados vos dou conta aqui. À nossa disposição tínhamos equipamento muito sofisticado, mas optámos por usar recursos muito simples, acessíveis

a todos, quer numa Escola Secundária, quer nas nossas casas. Usámos um termómetro tradicional e um *smartphone* onde instalámos algumas *apps* gratuitas e fáceis de utilizar. Esta é uma forma de utilizar o *smartphone* nas aulas de Física em vez de o banir da sala de aula [1,2]. Os *smartphones* atuais, que vêm equipados com câmaras fotográficas de elevada resolução, permitem seguir movimentos muito rápidos, como os de uma bola atirada ao ar [1,3], ou muito lentos, como o movimento da coluna de mercúrio dentro de um termómetro.

Quando o leite à temperatura ambiente se mistura com o café que está muito quente, vai aquecer rapidamente, pois há um fluxo de energia do café para o leite até se estabelecer o equilíbrio, sendo a temperatura final determinada pela proporção das massas dos líquidos que se misturam e pelas suas temperaturas iniciais uma vez que as suas capacidades térmicas mássicas são muito parecidas:

$$|m_{café} \cdot c_{café} \cdot \Delta T_{café}| = |m_{leite} \cdot c_{leite} \cdot \Delta T_{leite}| \quad (1)$$

$$\Rightarrow m_{café} \cdot c_{café} (T_{i_{café}} - T_f) = m_{leite} \cdot c_{leite} (T_f - T_{i_{leite}}) \quad (2)$$

$$\Rightarrow T_f = \frac{m_{leite} \cdot c_{leite} \cdot T_{i_{leite}} + m_{café} \cdot c_{café} \cdot T_{i_{café}}}{m_{leite} \cdot c_{leite} + m_{café} \cdot c_{café}} \quad (3)$$

A partir daqui o arrefecimento do conjunto, se for dominado pelos fenómenos da condução e convecção, seguirá a lei de arrefecimento de Newton, que diz que a taxa de variação da temperatura de um corpo depende da diferença entre a temperatura do corpo e a do meio ambiente.

$$\frac{dT}{dt} = -k(T - T_{amb}) \quad (4)$$

Ou seja, que a temperatura decresce exponencialmente,

$$T = T_{amb} + (T_i - T_{amb})e^{-kt} \quad (5)$$

Mas em qual das situações se atinge uma temperatura mais baixa? A experiência foi realizada da seguinte forma:

Instalaram-se no *smartphone* duas *apps*: a FrameLapse [4] e a VidAnalysis [5]. Usaram-se dois copos graduados de 100 ml, no interior de cada copo colocou-se suspenso um termómetro de mercúrio. Fixou-se o *smartphone* de forma a que a imagem fotografada inclísse os dois termómetros no plano de focagem. Iniciou-se a *app* FrameLapse com fotografias cada 5 s. Tirou-se um expresso e dividiu-se o café pelos dois copos (30 ml em cada). Num dos copos juntou-se 70 ml de leite e deixaram-se passar cerca de 500 s até juntar leite em igual quantidade no outro copo (Figura 2), terminando a experiência pelos 700 s.



Fig. 2 – Montagem experimental onde se pode ver o *smartphone* usado para tirar fotografias, os dois termómetros e os dois copos com a mistura de leite e café.

Tabela 1 – Condições da experiência

| | $V_{café}$ (ml) | $m_{café}$ (g) | $c_{café}$ (J/g·°C) | V_{leite} (ml) | m_{leite} (g) | c_{leite} (J/g·°C) | $T_{i_{café}}$ (°C) | $T_{i_{leite}}$ (°C) | S (cm ²) |
|---------|--------------------|-------------------|------------------------|---------------------|--------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|---------------------------|
| Galão 1 | 30 | 30 | 4.186 | 70 | 73 | 3.93 | 66 | 25 | 135.1 |
| Galão 2 | 30 | 30 | 4.186 | 70 | 73 | 3.93 | 43* | 25 | 56.8 |

* Temperatura do café antes de adicionar o leite.

Em seguida, abriram-se as fotos na *app* VidAnalysis que, após a escolha de uma escala (usámos a escala do próprio termómetro), permite o rastreamento da posição do mercúrio, primeiro para um dos termómetros, depois para o outro. Os resultados podem ser analisados diretamente no *smartphone* usando a *app* Google Sheets ou em alternativa exportados para um computador em formato *.csv que se pode utilizar numa folha de cálculo (OpenOffice Calc ou Excel).

O gráfico seguinte (Figura 3) mostra os resultados obtidos nos dois ensaios.

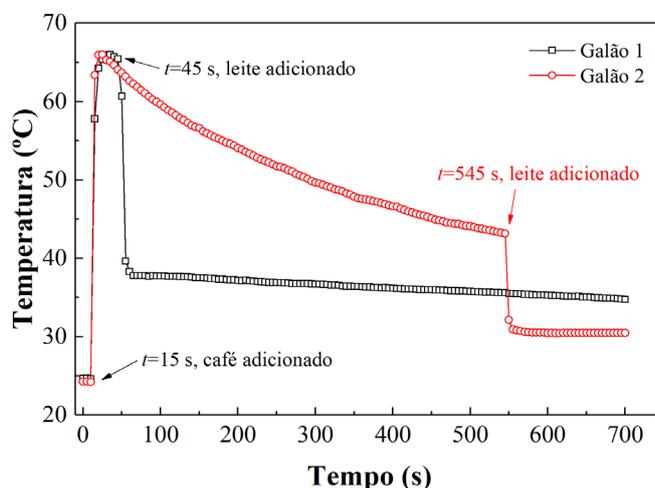


Fig. 3 – Gráfico obtido usando a folha de cálculo.

Esta experiência, muito simples, permite responder à pergunta inicial sem hesitações: é preferível juntar o leite logo que se tira o café! Mas acrescenta outra, porque diminui tão lentamente a temperatura do leite com café, enquanto que a do café simples diminui tão rapidamente?

Pode-se ajustar uma função exponencial ao decaimento das duas bebidas entre os 100 s e 500 s, obtendo-se para constante de decaimento τ , inverso de k , os valores de aproximadamente 2298 s e 655 s. Sendo os valores de τ proporcionais à massa e à capacidade térmica mássica do objeto que arrefece, e inversamente proporcionais à área exterior do mesmo [6], esperaríamos que fossem aproximadamente o dobro um do outro, mas o café simples arrefece muito mais rápido que o previsto.

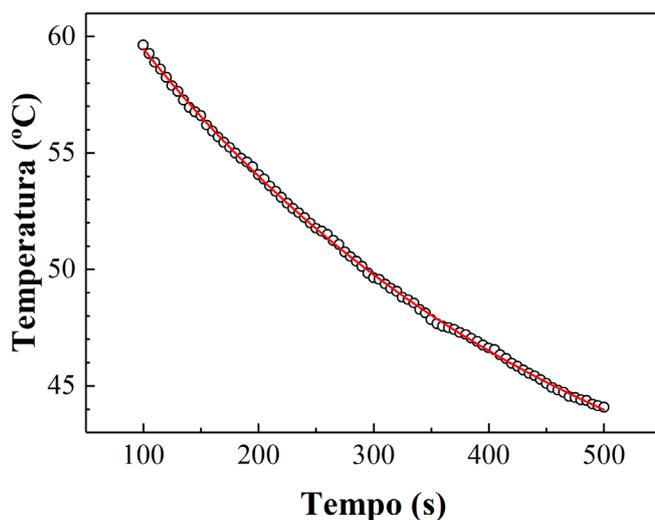


Fig. 4 – Decaimento exponencial para o galão 2 entre 100 s. e 500 s.

É que a taxa de evaporação da água no café simples é muito superior à da água misturada com leite. E a água ao passar de líquido a gás absorve energia, é o chamado calor latente de vaporização, e diminui a temperatura do corpo que a cedeu (aliás é por isso que transpiramos no Verão, para evitar o sobreaquecimento do nosso corpo). Quando a água se mistura com o leite, a gordura dele forma uma camada à superfície do copo, que impede as moléculas de água de evaporarem. É por isso, aliás, que o leite sobe quando ferve. São as bolhas de vapor de água presas no seu interior que o fazem subir.

Usando a fórmula 3, podemos calcular a temperatura do leite com café segundos após adição do leite (Tabela 1), obtendo valores de temperatura de 37 °C e 30 °C, a menos de 2 °C dos valores medidos (valores muito interessantes, tendo em conta que desprezamos a influência do copo de vidro).

Assim resolveram os meus amigos o meu problema com o galão pela manhã. Como esta experiência é interessante para ser realizada em sala de aula, uma vez que recorre a equipamento muito simples e aborda conceitos discutidos

no 10.º ano como energia, fenómenos térmicos e radiação, acabámos por escrever este artigo para que outros a possam repetir. Pode-se modificar ligeiramente para que diferentes grupos dentro da sala de aula façam investigações ligeiramente diferentes: uns podem mudar a proporção café/leite, outros usar leite vindo do frigorífico, outros ainda esperar mais ou menos tempo para juntar o leite. Como podemos escolher o intervalo entre as fotografias desde milissegundos até horas, podemos usar o *smartphone* para seguir um evento muito rápido, como acontece quando os dois líquidos se juntam ou um evento muito lento, como o arrefecimento natural de um corpo.

(Ah! Falta reconhecer que a minha mulher tinha razão. Como sempre)

Nota Final:

Há 4 grandes caminhos para a transferência da energia do líquido quente para o exterior: através da superfície superior, com convecção livre entre o líquido e o ar; através da superfície lateral do copo de vidro, com convecção livre entre o líquido e o vidro, condução através do vidro e convecção livre do vidro para o ar; através da superfície inferior com convecção livre entre o líquido e o vidro e condução através do vidro para a mesa; através da superfície em contacto com o termómetro com convecção livre entre o líquido e o termómetro e condução através do termómetro.

Bibliografia

1. V. Pereira, P. Martín-Ramos, P.P. da Silva, M.R. Silva, Studying 3D collisions with smartphones, *Phys. Teach.*, 55 (2017) 312-313.
2. J. Imazeki, Bring-Your-Own-Device: Turning Cell Phones into Forces for Good, *The Journal of Economic Education*, 45 (2014) 240-250.
3. P. Martín-Ramos, M. Ramos Silva, P.S. Pereira da Silva, Smartphones in the teaching of Physics Laws: Projectile motion| El teléfono inteligente en la enseñanza de las Leyes de la Física: movimiento de proyectiles., *RIED. Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 20 (2017) 213.
4. Neximo Labs, Framelapse - Time Lapse Camera, in, Google Play, 2017.
5. tsaedek, VidAnalysis free v. 1.63, in, Google Play, 2017.
6. L. Moggio, P. Onorato, L.M. Gratton, S. Oss, Time-lapse and slow-motion tracking of temperature changes: response time of a thermometer, *Phys. Educ.*, 52 (2017) 023005.



Manuela Ramos Silva

licenciou-se (1993) em Física e doutorou-se (2002) em Física Experimental na Universidade de Coimbra, onde é professora auxiliar com agregação. Trabalha na área da Física dos Materiais, com particular interesse em magnetismo molecular, tendo mais de 250 artigos publicados em revistas internacionais e mais de 3000 horas de aulas leccionadas.



Pablo Martín-Ramos

é professor na Universidade de Saragoça. Concluiu o seu Mestrado em Electrical Engineering em 2011 na Columbia University em Nova Iorque e o seu doutoramento em Telecommunications Engineering em 2013 na Universidade de Valladolid. Actualmente, o seu trabalho é centrado em materiais multifuncionais contendo lantanídeos e catalisadores heterogéneos para fotossíntese artificial. Tem mais de 60 trabalhos publicados em revistas internacionais.



Pedro Sidónio Pereira da Silva

licenciou-se (1995) em Engenharia Física e finalizou o seu mestrado em Física Tecnológica em 2000 na Universidade de Coimbra. Concluiu o doutoramento (2012) em Física Experimental na mesma Universidade onde trabalha actualmente como técnico superior (laboratório TAIL-UC). Entre 2000 e 2008 foi assistente no Instituto Politécnico de Castelo Branco. Trabalha na área da Física dos Materiais, com particular interesse em óptica não-linear, tendo mais de 80 artigos publicados em revistas internacionais.



Soluções para medição precisa de radiação solar

Medir com precisão a radiação do Sol é fundamental para identificar localizações ideais para instalações, justificar decisões de investimento, maximizar a eficiência de operação, programar manutenções, monitorizar o desempenho e melhorar a tecnologia em aplicações em energia solar fotovoltaica (PV), energia solar fotovoltaica de concentração (CPV) e energia solar térmica de concentração (CSP).

Na Kipp & Zonen, os nossos especialistas desenvolvem instrumentos de alta qualidade para a medição de radiação solar global, directa, difusa e no plano dos painéis, que permitem saber com precisão se o seu projecto de energia solar está a operar no seu melhor e a atingir o desempenho previsto, assim como fazer a gestão da manutenção. Desde a nossa bem conhecida série CMP, e a inovadora série de piranómetros Smart SMP, até ao novo sistema compacto de monitorização RaZON⁺, nós fornecemos as melhores soluções.

Quando a precisão importa, meça com Kipp & Zonen.

www.kippzonen.com

Kipp & Zonen distribuidor para Portugal
Vórtice - Equipamentos Científicos, Lda.
+351 21 868 35 59 | geral@vortice-lda.pt | www.vortice-lda.pt

Stephen Hawking, e os viajantes no tempo

Carlos Herdeiro

O artigo científico mais famoso de Stephen Hawking (SH) é, sem dúvida, “*Particle Creation by Black Holes*” publicado em 1975. É neste artigo que SH prevê que efeitos quânticos implicam que os buracos *negros* afinal são *cinzentos*, pois têm necessariamente de emitir, para além de absorver, radiação. Apesar deste ser, indubitavelmente, o trabalho mais impactante de SH, e um marco na história da física, confesso que tenho um carinho especial por um outro artigo de SH, com o título de “*Chronology Protection Conjecture*”, de 1992.

Neste trabalho, SH revisita o fascinante tema das viagens no tempo para o passado, uma intrigante possibilidade deixada em aberto pela teoria da relatividade geral de Einstein, onde o espaço e o tempo são encurvados e, em particular, o tempo pode ser tão encurvado que permite a um observador, viajando sempre para o seu futuro, viajar para o passado de outros observadores. Seguem-se os inevitáveis problemas; por exemplo, o paradoxo do viajante que assassina o pai quando este era uma criança (como nasceu então o viajante?) ou a questão do viajante que explica a Einstein a teoria da relatividade antes deste a ter elaborado (quem inventou então a teoria da relatividade?).

Embora haja propostas para evitar estes problemas, parece mais seguro – principalmente para os historiadores - que as viagens no tempo para o passado sejam impossíveis (para o futuro sabemos que são possíveis). A questão é provar matematicamente esta impossibilidade e neste artigo SH tentou dar uma contribuição nesse sentido. Infelizmente SH apenas conseguiu exemplificar um princípio físico que poderia impedir criar máquinas do tempo, o que ficou bem aquém de uma demonstração matemática geral. Mas sobressai nas conclusões do artigo o bem conhecido sentido de humor de SH, ao declarar que “existe uma forte evidência experimental” que as leis da física não permitem a criação de máquinas do tempo que permitam viajar para o passado, pelo facto de que “ainda não fomos invadidos por hordas de turistas provenientes do futuro”.

Apesar de teórico, SH levou à letra o termo “experimental”

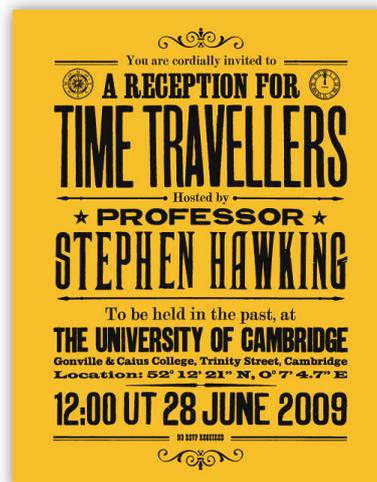
Foto: Jude Edgington/Discovery Communications Ltd



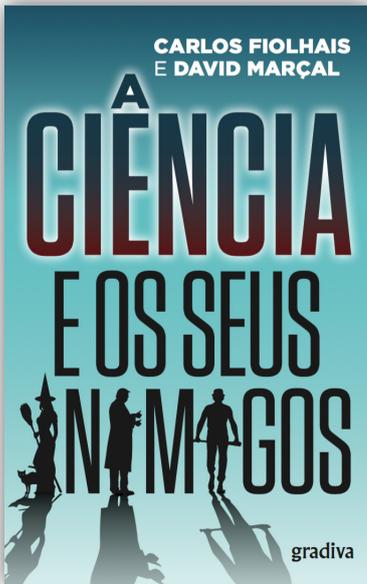
na sua frase e fez a sua própria experiência. No dia 28 de Junho de 2009, SH organizou uma festa em Cambridge para viajantes no tempo. Deixou vários anúncios espalhados em Cambridge com indicações para serem preservados ao longo do tempo, raciocinando que se, eventualmente, a tecnologia para viajar no tempo fosse inventada, a sua festa seria um evento natural para juntar, no espaço e no tempo, os exploradores temporais. Mas, como está documentado em vídeo, facilmente acessível na internet, apenas SH apareceu à sua festa.

A conclusão parece ser que a experiência de SH apoia a evidência teórica contra as viagens no tempo. Mas permitam-me sugerir uma outra possibilidade. De facto a festa de SH teve um participante: ele próprio. Tendo tido oportunidade, enquanto aluno de doutoramento em Cambridge, de ter conhecido SH, conversado um pouco com ele sobre a física das viagens no tempo e considerando o seu sentido de humor, entretenho, com um sorriso, a ideia que SH andou a brincar connosco. De facto a sua festa teve um viajante no tempo. Um visionário na ciência; um exemplo humano de tenacidade e resiliência; alguém que sempre se importou

em devolver à sociedade, na forma do seu conhecimento digerido e simplificado, a oportunidade que a sociedade lhe deu de explorar o espaço-tempo. Um Homem para além do seu tempo, portanto, um Homem do futuro.



Livros



A Ciência e os Seus Inimigos

Carlos Fiolhais e David Marçal

Editorial Gradiva, 2017

282 pp.

ISBN: 978-989-616-799-8

José Braga Costa

O número 224 da prestigiada coleção «Ciência Aberta» da Editora Gradiva debruça-se sobre alguns perigos com que se confronta a Ciência na sociedade atual, em particular a portuguesa. É da autoria de dois experientes divulgadores científicos, o físico Carlos Fiolhais e o bioquímico David Marçal, que com este livro prosseguem o trabalho de aumento da cultura científica nacional realizado em obras anteriores.

O livro possui sete capítulos, a que se acrescentam um «A abrir», um «A fechar» e «Referências e notas». Esta última secção também deve ser visitada, pois fornece uma lista útil de trabalhos, muitos de fácil aquisição, valiosos a quem se interessa pela História e Filosofia da Ciência.

Como os autores explicam, inspiram-se numa obra de Karl Popper sobre a Democracia para formularem o título do livro. Sustentam que «A ciência (...) é um meio muito eficaz de encontrarmos e ultrapassarmos erros, tal como a democracia é um meio de ultrapassarmos impasses sociais.» (p. 11). Esta relação da Ciência com a liberdade democrática é sublinhada, já que esta atividade superior do espírito humano,

como a Arte ou a Literatura, ganha relevância em ambientes onde é possível a crítica, perdendo-a em meios totalitários. Traçam depois uma breve história da anticiência, destacando que a boa Ciência é realizada com pensamento crítico, resulta de um trabalho continuado e integra-se na Cultura embora sendo imperfeita, como todas as atividades humanas.

O corpo do livro identifica aqueles que são os sete inimigos fundamentais da Ciência na visão dos autores, caracterizando-os e pintando-os com exemplos da História e Filosofia da Ciência. O primeiro dos inimigos são «Os ditadores», a falta de liberdade que coarta o pensamento crítico. É chamada a atenção para a «Ciência alemã» do período nazi, em que nem a Teoria da Relatividade nem a Teoria Quântica tinham espaço dado não possuírem origem “rácica” adequada. Eram substituídas pelas Teorias do Mundo Congelado e da Terra Oca que o leitor poderá conhecer: a Pseudociência medra em ambientes autoritários. As experiências eugénicas nazis não são esquecidas, sendo contextualizadas nos movimentos de “engenharia social” infelizmente difundidos nas primeiras décadas do século XX. Mas a URSS também serve de exemplo. É explorada a vida e obra de Trofim Lysenko e o Michurianismo que tanto mal fizeram à agricultura soviética. Os exemplos no nosso país são dados através das vidas de Aurélio

Quintanilha, Bento Jesus Caraça ou Mário Silva que viram as suas carreiras académicas afetadas durante o Estado Novo.

Em «Os ignorantes», é dado o exemplo do atual presidente dos EUA, Donald John Trump e do papel que teve na retirada do seu país do Tratado de Paris, relativo às alterações climáticas. Juntamente com o papel deste político no movimento antivacina, ilustra-se como as convicções de um só indivíduo poderoso, recusando cercar-se de técnicos competentes, podem afetar todo um planeta.

«Os fundamentalistas» debruça-se sobre o Criacionismo e o Evolucionismo para abordar as relações entre Ciência e Religião, sistematizando quatro posições possíveis para essa, a partir de exemplos de cientistas crentes e não crentes. Os autores concluem que «(...) a religião e a ciência não têm que ser inimigas. São as visões fanáticas e distorcidas acerca do papel de uma e outra no mundo que as podem pôr, como já aconteceu e nalguns contextos ainda acontece, em posição de confronto e incompatibilidade.» (p. 127).

Os interesses económicos em torno da Pseudociência são o tema do capítulo «Os vendilhões». Com efeito, os resultados da Ciência a resolver problemas, especialmente de saúde, são tão bons, que muitos aproveitam-se deles para as suas próprias agendas. É o caso das modas dos livros de auto ajuda, «produtos naturais (seja lá o que isso for)», dos produtos sem glúten, dos suplementos alimentares ou de alguns cosméticos caros. Os autores alertam, e bem, para os malefícios que alguns destes vendilhões podem causar.

«Os exploradores do medo» parte das representações dos cientistas existentes na sociedade para sensibilizar em relação a alguns supostos perigos que a Ciência e a tecnologia colocam nas nossas vidas, caso das redes sem fios, do medo das vacinas e dos Organismos Geneticamente Modificados. O papel de alguma comunicação social ao divulgar factos mal avaliados é abordado, concluindo-se que o alarmismo, junto com a precaução que temos de possuir quando se trata de nós e da nossa família, vende bem. Esta atitude deve-se combater com o aumento da literacia científica, só possível com boa comunicação de Ciência.

O capítulo seguinte trata de gente que, dotada de posição social relevante, usa o respetivo poder para tornar equivalente a Ciência e outras atividades humanas com interesses económicos por detrás. São «Os obscurantistas». Os autores denunciam o absurdo das terapias alternativas, baseadas no efeito placebo, terem cobertura legal, e mesmo académica, desde que foram publicadas em Diário da República (!) portarias conferindo o grau de licenciatura a quem as deseja praticar, colocando-as no mesmo patamar legal que a Medicina baseada na Ciência.

O papel da comunicação social na projeção de ideias anticientíficas volta a não ser esquecido.

No último capítulo, os autores têm a coragem de denunciar «Cientistas tresmalhados», cientistas que cometem plágio, falsificam ou fabricam dados. A causa apontada é o aumento de cientistas e da produção científica. Note-se que, se o aumento da prática científica cria o problema, também traz a solução, pois a Ciência autocorrigem-se. Os maus cientistas vêm o seu trabalho criticado, perdem a sua credibilidade e, portanto, deixam a prática profissional. A visão de Fiolhais e Marçal é ilustrada com dez exemplos de «fraudes históricas», das quais, curiosamente, até surgiram contributos relevantes para a Ciência. É curiosa a forma como a Ciência decanta factos corretos de uma amálgama heterogénea...

O livro encerra com um apelo à criação de espírito cético, realçando que «A ciência avança por pequenos passos, tornados possíveis pelo confronto da imaginação humana com a realidade, um confronto onde o espírito crítico é essencial» (p. 256).

Apesar de não possuir figuras (de alguns cientistas, por exemplo), trata-se de um bom livro de divulgação científica, assente em casos da História e Filosofia da Ciência documentados. É um contributo para o aumento da cultura científica no nosso país e um estímulo ao desenvolvimento do espírito científico, pois desmonta posições dos que procuram reduzir o valor da Ciência.

Com prosa cativante, lê-se agradavelmente numa tarde de inverno.

notícias

Aconteceu

O 13.^o **CHERNE** (*Cooperation for Higher Education on Radiological and Nuclear Engineering*) Workshop realizou-se na Covilhã de 22 a 25 de maio de 2017. Neste workshop, que contou com a presença dos representantes das várias instituições parceiras, foram analisados e discutidos os trabalhos desenvolvidos pelos membros da rede. Tendo em conta a necessidade, de cada Estado Membro, transpor, para cada país, a Diretiva Europeia 2013/59/EURATOM até fevereiro de 2018 foi organizada, pela primeira vez, uma sessão destinada à discussão dos requisitos sobre a educação e formação em proteção radiológica na Europa. Nesta sessão foram apresentadas as atividades desenvolvidas pela ENETRAP (*European Network on Education and Training in Radiological Protection*), EUTERP (*European Training and Education in Radiation Protection Foundation*), IRPA (*International Radiation Protection Association*), APA (*Agência Portuguesa do Ambiente*), DFM (*Divisão de Física Médica da SPF*), ERA (*European Radon Association*), SPPCR (*Sociedade Portuguesa de Proteção Contra as Radiações*) e da EAN (*European ALARA Network*).

Nota: O **CHERNE** é uma rede europeia aberta cujo principal foco consiste no desenvolvimento da cooperação educacional e científica entre os seus membros, na área da física nuclear e das radiações. Os tópicos de interesse abrangem a educação e a investigação em todas as áreas da engenharia nuclear e radiológica, incluindo, entre outras, a proteção contra as radiações; as aplicações da radiação e de radionuclídeos na indústria, medicina e investigação; a radioatividade ambiental e a radioquímica; o transporte de radiação e a aplicação de métodos de Monte Carlo; a física de reatores e a segurança nuclear.

FÍSICA2018

21.^a Conferência Nacional de Física e 28.^o Encontro Ibérico para o Ensino da Física

NA FÍSICA2018 – 21.^a Conferência Nacional de Física e 28.^o Encontro Ibérico para o Ensino da Física, realiza-se na Universidade da Beira Interior,



na Faculdade de Ciências da Saúde, de 29 de agosto a 1 de setembro de 2018.

Nesta edição comemoram-se 40 anos desde a realização da 1.^a Conferência Nacional de Física, realizada na Fundação Calouste Gulbenkian em fevereiro de 1978.

A FÍSICA2018 consta de sessões plenárias, sessões paralelas, oficinas, minicursos e uma Mesa Redonda aberta à população dedicada ao tema: "O impacto da Física Nuclear na vida do dia a dia". Será dado relevo, em duas sessões Plenárias, aos temas dos prémios Nobel da Física de 2016 e 2017:

- transição da matéria para estados exóticos
- ondas gravitacionais

O 28.^o Encontro Ibérico para o Ensino da Física está submetido para acreditação na Entidade de Formação Contínua como curso de formação para professores. O Curso inclui Oficinas que funcionarão na tarde de 29 de agosto. Cada uma das oficinas e minicursos têm um número limite de participantes. Assim, é recomendado efetuar a respetiva inscrição o mais cedo possível, para ter acesso às que mais possam interessar.

A submissão de comunicações orais e pósteres encontra-se aberta de 1 de março a 15 de maio 2018.

Para mais informação consultar em <https://eventos.spf.pt/fisica2018>.

Radioterapia em *workshop* realizado em Coimbra

No passado sábado, dia 10 de março, realizou-se no IPO de Coimbra o *workshop* de arranque do "Projeto nacional de auditoria em IMRT". Este é um projeto da Divisão de Física Médica da Sociedade Portuguesa de Física, em colaboração com a Agência Internacional de Energia Atómica (IAEA), apoiado pela Direção-Geral de Saúde e pelo *National Liaison Officer* da IAEA em Portugal.

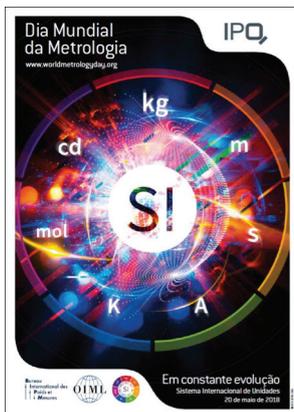
Este projeto nacional tem o IPO de Coimbra como centro



piloto e como coordenadora nacional a Doutora Maria do Carmo Lopes, diretora do Serviço de Física Médica do IPO de Coimbra. A auditora nacional será a mestre Tânia Santos, que realiza no âmbito deste projeto a sua tese de doutoramento em Engenharia Física pela FCTUC.

A tecnologia associada à radioterapia tem sofrido contínuos avanços e desenvolvimentos ao longo das últimas décadas. Novas técnicas de tratamento, tal como a radioterapia de intensidade modulada (IMRT) têm-se tornado comuns na maioria dos centros de radioterapia. A fim de garantir a qualidade dos protocolos, a IAEA desenvolveu um programa de auditoria dosimétrica com o objetivo de contribuir para a utilização otimizada das técnicas complexas de IMRT.

20 de maio, dia mundial da metrologia: "Em constante evolução, o sistema internacional de unidades"



À semelhança dos anos anteriores, o Bureau Internacional dos Pesos e Medidas (BIPM) e a Organização Internacional de Metrologia Legal (OIML) celebram, no próximo dia 20 de maio, a assinatura da Convenção do Metro por meio do "Dia Mundial da Metrologia". Com efeito, a 20 de maio de 1875, em Paris, a Convenção do Metro, um tratado diplomático, criou o BIPM com representantes de dezassete países, entre os

quais Portugal. Esta Convenção consagrou o Sistema Métrico decimal, designado por Sistema Internacional de unidades (SI), na 11.ª Conferência Geral dos Pesos e Medidas (CGPM) em 1960, e que foi adotado em Portugal em 1983.

A Convenção do Metro tem agora 59 países membros e 41 associados, tendo, cada estado, a própria infraestrutura de metrologia com Laboratório(s) Designado(s) (DI) e um Laboratório Nacional de Metrologia (LNM). Eles são responsáveis pelos padrões de medição nacionais e através da ligação com o BIPM, garantem a rastreabilidade dos

padrões ao sistema SI e a equivalência com os padrões nacionais dos outros países. Assim, em 1999, um Acordo de Reconhecimento Mútuo (MRA) consagrou o reconhecimento dos padrões de medição nacionais e a equivalência dos certificados de calibração emitidos pelos LNM e DI desses países, desde que participem em comparações interlaboratoriais regulares e tenham sistemas da qualidade segundo normas internacionais.

Em Portugal, o Laboratório Nacional de Metrologia do Instituto Português da Qualidade (IPQ) é o LNM responsável pelas grandezas de base: comprimento, massa, tempo, corrente elétrica, temperatura termodinâmica, quantidade de matéria e intensidade luminosa e diversas grandezas derivadas num total de 32 grandezas. Por sua vez, Laboratório de Metrologia das Radiações Ionizantes do Instituto Superior Técnico / Instituto Tecnológico e Nuclear (IST/ITN) é o DI responsável pelas grandezas derivadas do domínio das radiações ionizantes.

Representante de Portugal no BIPM e na OIML, o IPQ associa-se ao Dia Mundial da Metrologia, na segunda-feira 21 de maio, através de um Dia Aberto, com palestras e visitas de laboratórios, e visitas ao museu de metrologia, como pode ser consultado no sítio internet: <http://www.ipq.pt>. O tema deste ano do Dia Mundial da Metrologia é "Em constante evolução, o Sistema Internacional de Unidades".

Atualmente, está previsto que, na próxima reunião da CGPM, em novembro de 2018, seja aprovada uma das maiores modificações do SI cujas unidades de base passarão a ser definidas a partir de leis da Física, e não de objetos materiais. Essas novas definições são o resultado de muitos anos de trabalho de investigação científica por parte dos LNM e centros de investigação de vários países e do BIPM, baseando-se em fenómenos quânticos como padrões fundamentais e com o cuidado de garantir a compatibilidade dessas definições com as que se encontram em vigor na altura da revisão do SI.

Tal como tinha acontecido em 1967 e em 1983, para a redefinição do segundo e do metro, respetivamente, a partir de constantes atómica e eletromagnética, cujos valores foram consequentemente estabelecidos exatamente por convenção, o novo SI resultará na atribuição de valores exatos à constante de Planck, à carga elementar, à constante de Boltzmann e à constante de Avogadro.

Esses valores estão disponíveis gratuitamente na revista *Metrologia* em: <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1681-7575/aa950a>

TABELA DE PUBLICIDADE 2018



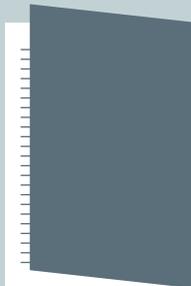
A) verso da capa



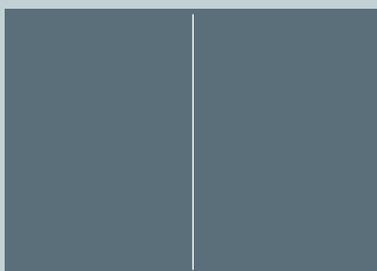
B) destacável/folha



C) verso da contracapa



D) contracapa



E) página dupla



F) página inteira



G)
coluna ou
1/2 página

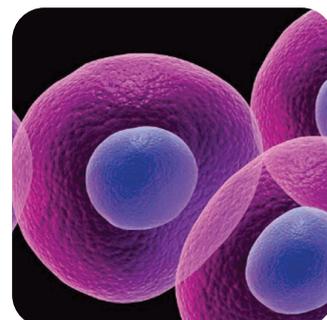
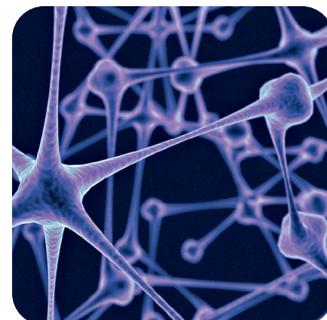
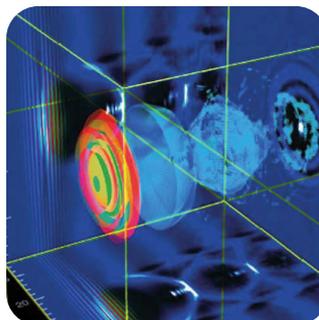
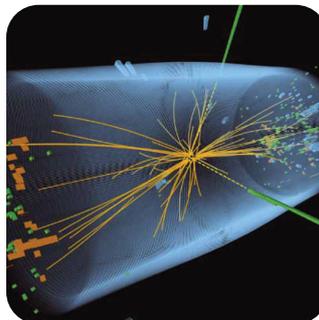


H)
1/4 página
ou faixa

| Posição | Preço (Euros) | |
|----------------|---------------|-----|
| | Ímpar | Par |
| A | 1500 | |
| B | 1500 | |
| C | 1500 | |
| D | 2000 | |
| E | 2000 | |
| F | 1000 | 900 |
| G | 650 | 550 |
| H | 400 | 350 |
| banner website | 100/mês | |



Para os físicos e amigos da física.
WWW.GAZETADEFISICA.SPF.PT



Aos preços da tabela acresce o IVA à taxa em vigor

Descontos de quantidade:
2X: -20% 3X: -25% 4X: -30%

Tiragem anual 2018:
3000 exemplares

Contactos:
Sociedade Portuguesa de Física
Av. República 45, 3ª esq. 1050-187 Lisboa
Tel: 351 21 799 36 65; *spf@spf.pt

21ª Conferência Nacional de Física

28º Encontro Ibérico para o Ensino da Física

Física 2018

Transições de Fase Topológicas

por **Jonh M. Kosterlitz**, prémio Nobel 2016

Ondas Gravitacionais

Física Nuclear no dia a dia

Ensino e História da Física

Física Médica

Óptica, Lasers e Plasmas

Geofísica, Oceanografia e Meteorologia

*30 de Agosto a
1 de Setembro*



Covilhã: Faculdade de Ciências da Saúde

Mais informações: <http://eventos.spf.pt/FISICA2018>