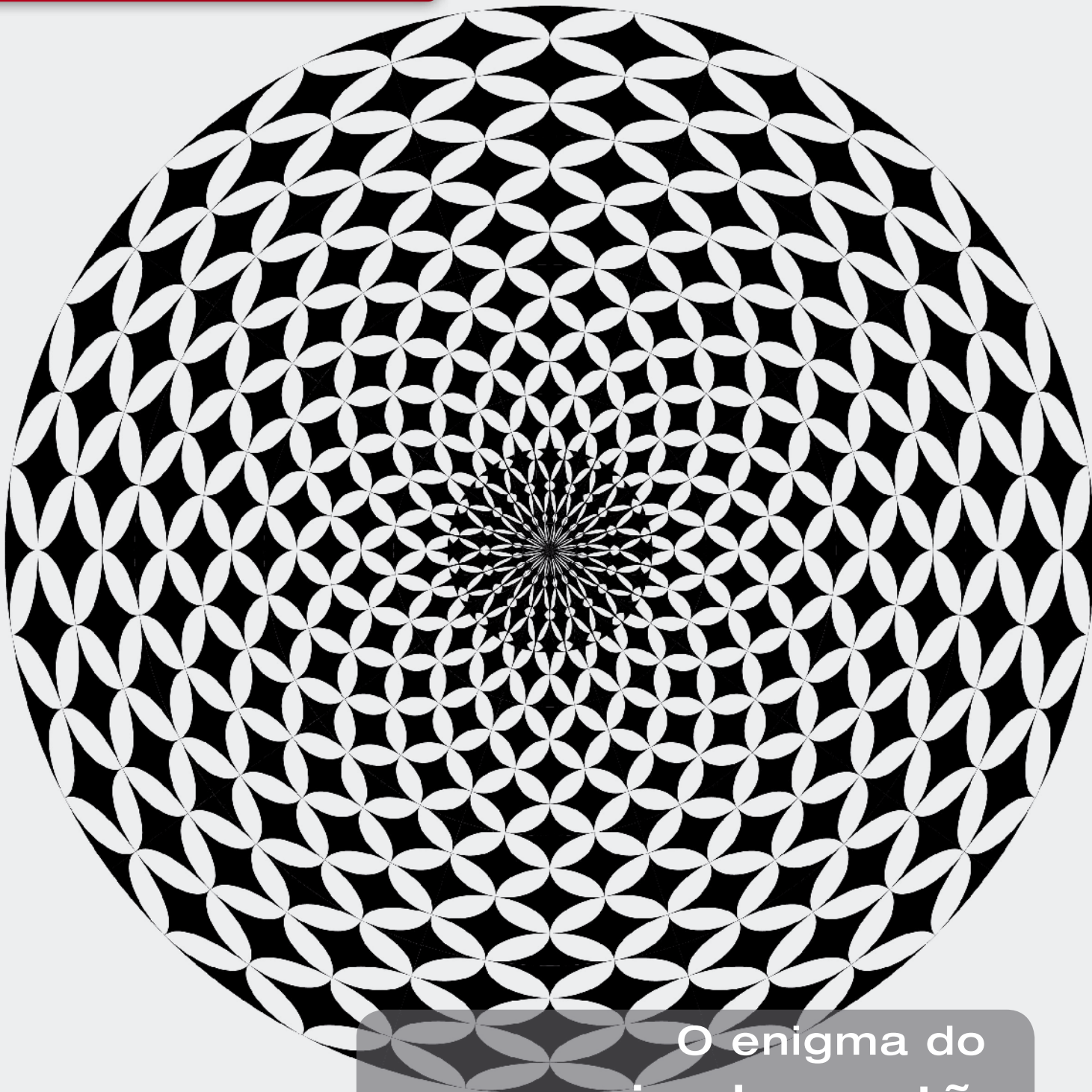


GAZETA DE  
física

Para os físicos e amigos da física.

WWW.GAZETADEFISICA.SPF.PT

SOCIEDADE PORTUGUESA DE FÍSICA / VOL. 36 - N.º 1 / 2013 / Publicação Trimestral / €5,00



O enigma do  
raio do próton

Olimpíadas Regionais de Física

# Índice

artigo geral  
2 **O enigma** do raio do próton  
Luís M. P. Fernandes

física e sociedade  
6 **A importância** da metrologia na  
saúde  
Maria do Céu Ferreira

crónicas  
10 **Os cem anos** do “aha” de Bohr  
Carlos Fiolhais

notícias  
11 **Notícias**  
Ana Costa, Fernando Nogueira, Horácio Fernandes, Juan Nolasco, Olivier Pellegrino,  
Rita Guerra

sala de professores  
18 **Reflexão** e absorção do som  
Carlos Saraiva

gazeta ao laboratório  
21 **Como queimar um papel**  
à luz de Sírio  
Guilherme de Almeida

25 **Estações laboratoriais:** uma aposta  
no ensino experimental  
Ana Mota, José Manuel Lopes, J. M. B. Lopes dos Santos

vamos experimentar  
30 **Como medir a espessura** de um  
filme de óleo?  
Constança Providência

## Uma nova viagem

Richard Feynman chamou-lhe a “jóia da física”: uma construção teórica elegante e poderosa, fruto de décadas de inspiração e trabalho de mentes brilhantes, capaz de descrever a interacção entre a luz e a matéria com uma precisão sem precedentes. Falo da electrodinâmica quântica (ou QED, do inglês *Quantum Electrodynamics*), uma teoria que combina com sucesso a mecânica quântica e a relatividade restrita, e que permite prever e explicar todos os fenómenos conhecidos envolvendo partículas carregadas e fótons. Feynman devia saber do que falava, já que partilhou com outros dois colegas o prémio Nobel da Física de 1965, pelas suas contribuições para o desenvolvimento desta teoria.

Um dos principais feitos da QED consiste na explicação do desvio de Lamb dos níveis de energia do hidrogénio – uma pequena diferença energética que surge no contexto desta teoria, e que não é previsível usando a mecânica quântica tradicional. De facto, a medição precisa deste desvio possibilita inferir uma propriedade muito mais íntima da escala atómica: o raio do próton.

Há três anos demos conta na Gazeta de uma colaboração internacional contando com participação portuguesa, que pretendia efectuar uma medição extremamente precisa daquela grandeza. Dessa experiência resultou a conclusão surpreendente de que o raio do próton era um pouco mais pequeno do que o valor tido por correcto até então, e que tinha sido obtido por outro método experimental: a dispersão de electrões no núcleo. Apenas um pouco, mas o suficiente para que se lançassem interrogações sobre a perfeição da jóia da física. O tema apareceu na capa da *Nature*, e levou a equipa a decidir que a experiência teria que ser repetida.

A nova experiência teve lugar em 2012, e os resultados foram conhecidos recentemente: depois de cuidados redobrados e análises exaustivas de dados, o valor medido do raio do próton continua a ser mais pequeno. E ninguém sabe – ainda – explicar porquê. Entre as várias possibilidades, conta-se a mais herética: a de que a QED não esteja ainda completa, e haja nova física a espreitar por trás desta pequena nuvem. No nosso artigo convidado deste número, Luís Fernandes, membro da equipa da Universidade de Coimbra que participou em ambas as experiências, dá-nos conta deste enigma.

Haverá coisa mais estimulante para um cientista que o confronto com o inexplicado ou o desconhecido? Quando olhamos para trás e para as grandes descobertas da ciência, vemos que não raras vezes elas nascem dessa inquietude do intelecto, dessa impossibilidade de se conformar com um ponto de interrogação em aberto. Hoje olhamos para o Universo e para o interior das partículas tal como há meio milénio contemplávamos o Atlântico – felizmente estamos mais bem equipados, mas é a mesma curiosidade que nos impele.

Este número marca também a minha estreia ao leme da Gazeta, depois de cinco anos a trabalhar na anterior equipa, coordenada pela Teresa Peña, que foi recentemente eleita presidente da Sociedade Portuguesa de Física. O entusiasmo e o dinamismo dela foram sempre uma fonte de motivação para mim. Sinto-me honrado de pertencer a esta “família”, que há quase 70 anos mantém uma revista de física em português, de e para os físicos e os amigos da física. Conto com a vossa colaboração em cada uma das viagens que temos pela frente.

Gonçalo Figueira

(Nota: por opção do autor, este texto não segue o Acordo Ortográfico)

## Ficha Técnica

### Propriedade

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

### Equipa

Gonçalo Figueira (Director Editorial)  
Carlos Herdeiro (Editor)  
Filipe Moura (Editor)

### Secretariado

Maria José Couceiro - mjose@spf.pt

### Colunistas e Colaboradores regulares

Ana Simões, Carlos Fiolhais, Constança Providência

### Colaboraram também neste número

Ana Costa, Ana Mota, Carlos Saraiva, Fernando Nogueira, Guilherme de Almeida, Horácio Fernandes, J. M. B. Lopes dos Santos, José Manuel Lopes, Juan Nolasco, Luís M. P. Fernandes, Maria do Céu Ferreira, Olivier Pellegrino, Rita Guerra

### Design / Produção Gráfica

Dossier, Comunicação e Imagem  
www.dossier.com.pt  
NIPC 501094628

Registo ICS 110856

ISSN 0396-3561

Depósito Legal 51419/91

Tiragem 1.800 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.

# O enigma do raio do próton

Luis M. P. Fernandes

Dep. Física, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade de Coimbra, Rua Larga, 3004-516 Coimbra

pancho@gian.fis.uc.pt

## Resumo

Um artigo recentemente publicado na revista *Science* veio reforçar a controvérsia em torno do valor do raio do próton. O enigma foi gerado em 2010 quando a colaboração CREMA publicou na revista *Nature* os resultados da experiência de espectroscopia laser do hidrogénio muónico. Através da medição do desvio de Lamb, foi estimado um novo valor para o raio do próton, muito desfasado do valor previamente conhecido. Este valor foi recalculado, após uma exaustiva análise de dados. O novo valor obtido confirma a grande discrepância em relação ao valor recomendado anteriormente.

## Introdução

Qual o valor do raio do próton, a partícula de carga positiva que encontramos no núcleo dos átomos? O valor estabelecido internacionalmente aponta para 0,8768(69) femtômetros (1 fm =  $10^{-15}$  m), cerca de 30 mil vezes mais pequeno que o raio do átomo de hidrogénio. Mas numa experiência internacional realizada em 2009, com significativa participação portuguesa, chegou-se ao valor 0,84184 fm, cerca de 4 % mais pequeno, resultado este publicado na revista *Nature* em 2010<sup>1</sup>. A comunidade científica foi surpreendida por esta discrepância: apesar de pequena, a ser verdade teria implicações problemáticas para a Electrodinâmica Quântica (QED), uma das principais teorias da física moderna. Três anos depois, a mesma equipa veio confirmar o resultado das medições originais, através de nova publicação, agora na revista *Science*.

A técnica utilizada para medir o raio do próton nestas experiências recorre a uma variante do átomo de hidrogénio (H), o hidrogénio muónico ( $\mu\text{p}$ ), que é constituído por um próton e um múon negativo. O múon tem uma massa 207 vezes maior que a do eletrão, e o seu raio orbital no átomo de  $\mu\text{p}$  é 186 vezes menor que o do eletrão no átomo de hidrogénio. Por esse motivo, a sobreposição entre a função de onda<sup>2</sup> do múon e o próton é cerca de  $10^7$  vezes superior ao caso do hidrogénio eletrónico. Os níveis energéticos nos átomos de  $\mu\text{p}$  são assim muito mais influenciados pela

estrutura do núcleo. Em particular, o raio do próton contribui em cerca de 2 % para a diferença de energia entre os estados 2S e 2P, o chamado desvio de Lamb. Este desvio energético é devido ao momento magnético do eletrão e foi descoberto em 1947 por Willis E. Lamb e R. Retherford [1]. Usando espectroscopia de alta precisão no átomo de hidrogénio, aqueles autores mostraram que a descrição teórica do átomo de hidrogénio existente (teoria de Dirac) era incompleta, pois previa a mesma energia para os dois estados 2S e 2P do átomo H, vindo a dar origem à nova teoria QED.

Esta teoria descreve a interação da radiação eletromagnética com a matéria, sendo uma das teorias mais precisas da Física. Nas últimas décadas, têm sido realizadas medidas precisas das transições electrónicas no átomo de hidrogénio por espectroscopia laser. Contudo, não tem havido avanço significativo na precisão das experiências de espectroscopia nem na teoria (QED) uma vez que a comparação entre teoria e experiência é comprometida pelo conhecimento reduzido da estrutura do próton. Esta estrutura é importante porque um eletrão no estado 2S tem uma probabilidade de estar dentro do próton, o que faz reduzir a força de atração entre ambos. Esta é a razão pela qual as transições entre estados dependem do tamanho do próton.

A espectroscopia laser no hidrogénio muónico possibilita determinar o desvio de Lamb  $\Delta E$  neste átomo, e estimar o raio de carga do próton através da seguinte relação da teoria QED [2], expresso em meV:

$$\Delta E_{2S-2P} = 206,0573(45) - 5,2262 r_p^2 + 0,0347 r_p^3 \quad (1)$$

<sup>1</sup> Ver *Gazeta de Física* 33(2), 24 (2010)

<sup>2</sup> Medida da probabilidade de encontrar, em determinada posição espacial, uma partícula num dado sistema.

Na equação (1),  $r_p$  representa o valor quadrático médio<sup>3</sup> (rms) do raio da distribuição de carga do próton, em unidades fm. A incerteza de 0,0045 meV deve-se às várias contribuições da teoria QED calculadas por diversos autores para o desvio de Lamb no hidrogénio muónico. Esta incerteza é dominada pela polarizabilidade do próton.

## A experiência

A experiência de espectroscopia laser do hidrogénio muónico foi realizada pela colaboração CREMA no acelerador de prótons do Instituto Paul Scherrer (PSI, Suíça). O objetivo da experiência era medir o desvio de Lamb no hidrogénio muónico com uma precisão de 30 ppm e melhorar a incerteza no raio do próton. Durante décadas, esta medida foi considerada uma experiência fundamental em espectroscopia atómica, mas só o recente progresso na tecnologia de feixes de muões e de lasers tornou possível a sua realização.

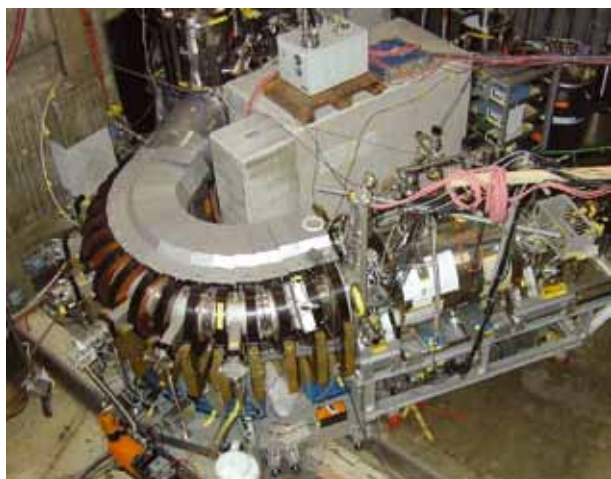


Fig. 1 - Sistema experimental usado na espectroscopia laser do hidrogénio muónico.

A realização da experiência foi possível devido ao cumprimento de vários requisitos do sistema experimental (ver Figura 1): um acelerador de prótons incorporado com um dispositivo para produção e detecção de muões de baixa energia, um alvo gasoso com hidrogénio a baixa pressão (1 mbar) no interior de um solenóide a operar sob um campo magnético de 5 teslas, um sistema laser capaz de

### A colaboração CREMA (Charge Radius Experiments with Muonic Atoms)

- Paul Scherrer Institute (PSI, Suíça)
- Max Plank Institut für Quantenoptik (MPQ, Alemanha)
- Lab. Kastler Brossel (LKB, Universidade Pierre et Marie Curie, Paris, França)
- Institut für Strahlwerkzeuge (Universidade de Estugarda, Alemanha)
- Centro de Instrumentação (Departamento de Física, Universidade de Coimbra, Portugal)

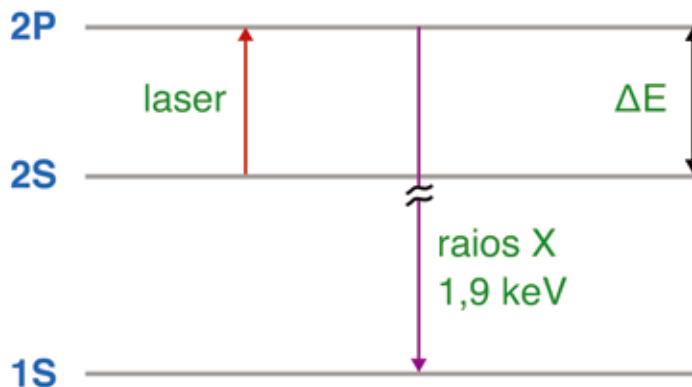


Fig. 2 - Princípio da experiência de espectroscopia laser do hidrogénio muónico.

produzir um feixe intenso de luz com comprimento de onda ajustável à volta de  $6 \mu\text{m}$ , uma cavidade ótica para concentrar a luz em todo o volume gasoso, e detetores de raios x de 1,9 keV com resposta temporal rápida e resolução em energia adequada à experiência.

O princípio da experiência está esquematizado na Figura 2. Muões negativos produzidos na área  $\pi\text{E5}$  do PSI são feitos parar num alvo de hidrogénio, produzindo átomos de  $\mu\text{p}$  altamente excitados. A maioria destes átomos decai imediatamente para o estado fundamental 1S, mas cerca de 1 % atinge o estado metastável 2S (com tempo de vida de  $1 \mu\text{s}$ ). Cada muão que entra no alvo faz disparar o sistema laser de tal forma que impulsos de luz com comprimento de onda à volta de  $6 \mu\text{m}$  iluminam os átomos de  $\mu\text{p}$ . A transição 2S-2P é induzida se o laser estiver em ressonância. Raios x de 1,9 keV são emitidos em resultado da desexcitação 2P-1S. O número de coincidências entre os raios x detetados e os impulsos laser é determinado para cada frequência do laser, originando uma curva de ressonância a partir da qual o desvio de Lamb é determinado.

## Resultados da experiência

A experiência original foi realizada em 2009. Analisando os espectros de tempo ao efetuar um varrimento da frequência do laser, verificou-se que o número de raios X detetados em coincidência com o laser distinguia-se do fundo dos espectros para uma estreita gama de frequências. Após uma primeira análise dos dados, foi obtida uma curva de ressonância com a forma de uma função Lorentziana sobreposta a um fundo plano. A curva foi publicada na revista *Nature* [2] e está representada na Figura 3.

Para além da incerteza estatística de 700 MHz associado ao centroide da curva da Fig. 3, foi adicionada uma incerteza de 300 MHz associada à calibração do comprimento de onda do laser, resultando um centroide de  $(49881,88 \pm 0,76)$  GHz. Este valor corresponde a um desvio de Lamb  $\Delta E = (206,2949 \pm 0,0032)$  meV, que apresenta uma precisão relativa de 15 ppm.

Por fim, a partir da equação (1), obteve-se o valor rms para o raio do próton:  $0,84091(68)$  fm. Este valor é dez vezes

<sup>3</sup> Root mean square, um valor médio aqui usado porque a distribuição de carga não é uniforme.

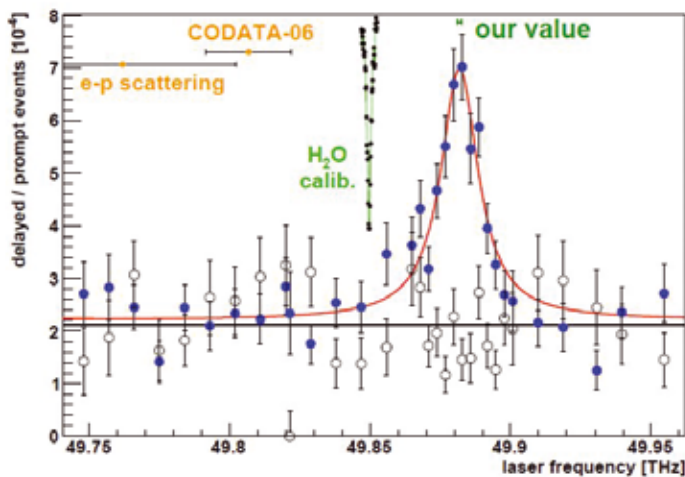


Fig. 3 - Curva de ressonância obtida na experiência de espectroscopia laser do hidrogênio muônico, de onde se obtém o desvio de Lamb no hidrogênio muônico em unidades de frequência,  $\Delta f = (49881,88 \pm 0,70)$  GHz [2].

mais preciso e cinco desvios padrão afastado (4 % mais pequeno) do valor anteriormente aceite, 0,8768(69) fm, recomendado pelo Committee on Data for Science and Technology (CODATA, 2006). A origem da grande discrepância entre os dois valores não é ainda conhecida, tendo gerado grande controvérsia na comunidade científica.

A transição entre os estados 2S e 2P do hidrogênio muônico que permitiu deduzir o raio do protão foi  $2S_{1/2}(F=1) \rightarrow 2P_{3/2}(F=2)$ . Para além desta transição foi medida uma outra transição,  $2S_{1/2}(F=0) \rightarrow 2P_{3/2}(F=1)$ , ajustando o comprimento de onda do laser à volta de 5,5  $\mu\text{m}$ . O valor obtido,  $\Delta f = (54611,16 \pm 1,05)$  GHz, permitiu estimar do raio magnético do protão. O valor assim obtido, 0,87(6) fm, está em boa concordância com os valores anteriormente conhecidos, apesar da precisão não ter melhorado. No futuro, a espectroscopia laser do hidrogênio muônico tem potencial para melhorar significativamente a precisão destas medições.

Ao mesmo tempo, foi reavaliada a primeira transição, resultando  $\Delta f = (49881,35 \pm 0,65)$  GHz. O novo valor estimado para o raio de carga do protão [0,84087(39) fm] é mais preciso mas está sete desvios padrão afastado do valor recomendado por CODATA 2010 [0,8775(51) fm] baseado em experiências de espectroscopia do átomo de hidrogênio e de dispersão elétron-protão. Estes resultados foram recentemente publicados na revista *Science* [3], reforçando o enigma à volta do raio do protão.

### O enigma do raio do protão

A discrepância entre o valor do raio do protão determinada pela colaboração CREMA e os valores anteriormente aceites (CODATA) gerou grande controvérsia científica desde a sua publicação em 2010. A experiência realizada no PSI fornece um teste rigoroso à teoria QED. Apesar desta teoria ter fornecido as mais precisas previsões numéricas de qualquer teoria física, este novo resultado experimental pode indiciar nova física não prevista na teoria. A medida efetuada pela colaboração CREMA usa um novo método mais sensível do que os métodos anteriores, mas origina um resultado muito discrepante, pondo em dúvida os cálculos de QED subja-

centes a ambos os métodos.

A origem da discrepância não é ainda conhecida. O método de dispersão eletrónica é em princípio mais direto, mas a interpretação dos dados é duvidosa. Em ambos os casos, H e  $\mu\text{p}$ , são necessários cálculos detalhados de QED para deduzir o raio do protão a partir dos dados experimentais. Outras questões que têm sido abordadas tendo em vista a solução deste enigma são a estrutura do protão, a constante de Rydberg e a possibilidade de nova Física.

Vários estudos confirmaram a teoria do desvio de Lamb no hidrogênio muônico, em particular as contribuições da estrutura do protão. O efeito da forma da distribuição de carga foi posto de lado uma vez que o efeito é muito pequeno relativamente à discrepância obtida. Por outro lado, sendo a constante de Rydberg necessária para deduzir o raio do protão a partir da transição 1S-2S no átomo H, tem havido um esforço intenso para melhorar a determinação daquela constante de modo a verificar os desvios sistemáticos observados nas medidas anteriores.

Foram realizadas novas medições de dispersão eletrónica no átomo de hidrogênio, originando valores do raio do protão em discordância com o valor obtido com hidrogênio muônico [4,5]. Novas medições espectroscópicas no átomo de hidrogênio estão igualmente em curso em vários centros de investigação. Do lado teórico, tem havido muita atividade na tentativa de explicar a discrepância. Uma das hipóteses mais frequentes sugere que a interação muão-protão é diferente da interação elétron-protão, portanto nova Física para além do Modelo Padrão. Esta hipótese mantém-se contudo pouco provável devido à multiplicidade de experiências de baixa energia já realizadas com diversas partículas [6]. Contudo, foram propostos modelos usando novos transportadores de força entre o muão e o protão, podendo explicar o enigma sem criar conflito com as observações experimentais [6,7].

Uma experiência de dispersão de muões no hidrogênio está a ser planeada no PSI, com potencialidade para esclarecer a hipótese anterior. E a espectroscopia de átomos muônicos prossegue, estando em curso a montagem da experiência de espectroscopia laser no hélio muônico, pela mesma equipa de investigação (colaboração CREMA), onde se pretende medir o desvio de Lamb no hélio muônico até final do corrente ano.



### Luis M. P. Fernandes

Licenciado em Engenharia Física em 1999 e Doutoramento em Física, especialidade de Física Tecnológica, desde 2005, é atualmente investigador auxiliar no Centro de Instrumenta-

ção da Universidade de Coimbra. A sua atividade de investigação está relacionada com o desenvolvimento de detectores gasosos e de estado sólido para detecção de radiação. Desde o início do seu doutoramento dedicou muito tempo à colaboração CREMA, que concluiu com êxito em 2009 a medida do desvio de Lamb no hidrogénio muónico, experiência que vinha a ser preparada há dez anos. Foi o investigador responsável por dois projetos financiados pelo FEDER e pela FCT no âmbito da colaboração CREMA, sendo atualmente o investigador responsável pelo novo projeto para a espectroscopia laser no hélio muónico.

### Referências

1. W.E. Lamb Jr. e R.C. Retherford, "Fine structure of the hydrogen atom by a microwave method", *Phys. Rev.* 72, 241-243 (1947).
2. R. Pohl *et al.*, "The size of the proton", *Nature* 466, 213-216 (2010).
3. A. Antognini *et al.*, "Proton structure from the measurement of 2S-2P transition frequencies of muonic hydrogen", *Science* 39, 417-420 (2013).
4. J.C. Bernauer *et al.*, "High-precision determination of the electric and magnetic form factors of the proton", *Phys. Rev. Lett.* 105, 242001 (2010).
5. X. Zhan *et al.*, "High-precision measurement of the proton elastic form factor ratio  $\mu p_{GE}/GM$  at low  $Q^2$ ", *Phys. Lett. B* 705, 59-64 (2011).
6. C.E. Carlson e B.C. Rislw, "New physics and the proton radius problem", *Phys. Rev. D* 86, 035013 (2012).
7. B. Batell, D. McKeen e M. Pospelov, "New parity-violating muonic forces and the proton charge radius", *Phys. Rev. Lett.* 107, 011803 (2011).

# A importância da metrologia na saúde

Maria do Céu Ferreira

Instituto Português da Qualidade - Departamento de Metrologia

mcferreira@ipq.pt

As medições físicas, químicas e biológicas são fundamentais no diagnóstico, na prevenção e tratamento de doenças, na avaliação do risco e na monitorização dos pacientes. Neste contexto, os resultados das medições são de uma relevância inquestionável, devendo ser exatos, reais e comparáveis. Este artigo apresenta o enquadramento legal dos equipamentos médicos com função de medição, em Portugal e no contexto Europeu, e conseqüente relevância da rastreabilidade metrológica das medições realizadas com os mesmos.

## 1. Introdução

A medição, como domínio da atividade técnico-científica, dispõe de um conjunto de atividades que visam a determinação do valor das grandezas. O contexto científico que serve de inserção a essas atividades é denominado por Metrologia [1].

A ciência da medição, ou simplesmente Metrologia, apresenta-se de uma forma transversal em todos os sectores da sociedade, sendo um pilar do desenvolvimento sustentável da sociedade. Entre as várias atribuições da Metrologia, destaca-se a missão primordial na definição das unidades de medida internacionalmente aceites. Inclui também os padrões e instrumentos de medição, bem como todos os assuntos que estão relacionados com as medições.

Identificam-se três vertentes principais na Metrologia: a científica, a aplicada e a legal.

A vertente científica inclui a realização dos padrões e das unidades de medida; a aplicada (também designada por industrial) ocupa-se da aplicação metrológica na produção e no seu controlo, bem como no cumprimento dos requisitos de garantia da qualidade e de qualificação; e a metrologia legal abrange as aplicações comerciais, fiscais, de proteção do ambiente, da conservação da energia, da saúde, da segurança, etc., que cada Estado entende regulamentar no seu território.

Habitualmente, a metrologia científica e a legal apresentam-se como uma missão do Estado, em termos de soberania. A Metrologia aplicada é do domínio voluntário e intervém em



toda a sociedade: organismos do Estado, entidades privadas e laboratórios, de acordo com procedimentos e normas internacionalmente reconhecidos.

## 2. Dispositivos médicos

A integração económica da União Europeia veio impor que as Diretivas comunitárias passassem a definir requisitos essenciais de saúde, segurança, proteção e bem-estar, com a progressiva eliminação das barreiras às trocas comerciais entre os países membros. Esta metodologia prende-se com a harmonização da legislação dos Estados-membros, desempenhando um papel importante na edificação do mercado único e na garantia da livre circulação. Efetivamente, este cenário foi conseguido através da Resolução do Conselho Europeu aprovada em Maio de 1985, que ficou conhecida por *Nova Abordagem*.

Nos termos da *Nova Abordagem*, as Diretivas definem os requisitos essenciais que os produtos/dispositivos têm de cumprir para serem comercializados ou utilizados, remetendo para Normas as especificações técnicas e de ensaio, indispensáveis para que os produtos estejam em conformidade com os requisitos regulamentares.

No sector da saúde, as tecnologias oferecem um vasto leque de produtos que a regulamentação comunitária e a legislação que a transpôs para o direito nacional designam por dispositivos médicos. Este sector conta com aproximadamente dez mil produtos, sendo esta indústria uma relevante entidade empregadora da zona euro [2].

Em Portugal, a indústria de equipamentos médicos é reduzida, mas as trocas comerciais realizadas neste setor de atividade contribuem de forma significativa para a economia nacional [3].

### 2.1 Suporte legislativo

O Decreto-lei 145/2009 [4] veio estabelecer as regras a que devem obedecer a investigação, o fabrico, a comercialização, a entrada em serviço, a



vigilância e a publicidade dos dispositivos médicos e respetivos acessórios, definindo os conceitos e estabelecendo o respetivo âmbito de aplicação, transpondo para a legislação Nacional as Diretivas Europeias, designadamente:

- a) Diretiva 90/385/CE relativa aos dispositivos médicos implantáveis ativos [5],
- b) Diretiva 93/42/CE relativa aos dispositivos médicos não ativos [6],
- c) Diretiva 98/79/CE relativa aos dispositivos médicos para diagnóstico *in vitro* [7].

Os dispositivos médicos implantáveis ativos [5] são aqueles que dependem, para o seu funcionamento, duma fonte de energia elétrica ou de outra fonte de energia, diferente da gerada diretamente pelo corpo humano ou pela gravidade, e que seja concebido para ser total ou parcialmente introduzido no corpo humano através de uma intervenção cirúrgica ou médica ou, por intervenção médica, num orifício natural e destinado a ficar implantado.

Os dispositivos médicos *in vitro* [7] consistem num reagente, calibrador, material de controlo, instrumento, equipamento ou sistema, utilizado isolada ou conjuntamente, destinado pelo fabricante a ser utilizado *in vitro* para a análise de amostras provenientes do corpo humano, incluindo sangue e tecidos doados, exclusiva ou principalmente com o objetivo de obter dados.

Os dispositivos médicos não contemplados pelas diretivas 90/385/CE e 98/78/CE são todos aqueles que ficam abrangidos pela diretiva 93/42/CE e que adiante são designados por dispositivos médicos. Esta Diretiva veio reunir num mesmo diploma todas as normas harmonizadas relativas ao fabrico, colocação no mercado e entrada em serviço de produtos, bem como a criação do sistema de vigilância do mercado na fase de pós-comercialização, cujas referências são publicadas no Jornal Oficial das Comunidades Europeias [8,9]. A Diretiva foi transposta para lei nacional através do Decreto-Lei 273/95 [10].

O Decreto-Lei n.º 145/2009 de 17 de junho, apresenta-se como um documento que reúne num único diploma os requisitos regulamentares das Diretivas Europeias aplicáveis aos dispositivos médicos, transpondo para a ordem jurídica interna a Diretiva n.º 2007/47/CE [11].

O impacto socioeconómico das novas tecnologias desafiou a atual estrutura de mercado, disputando a eventual necessidade de atualização do atual quadro jurídico. Neste sentido, a Comissão Europeia preparou em 2008 uma consulta pública [12,13] sob a forma de um questionário, em que as partes interessadas manifestaram as suas opiniões. As questões abordaram temas relacionados com o impacto da alteração da legislação nos cuidados de saúde, em particular na proteção e segurança da saúde



dos pacientes, profissionais e de outros utilizadores, considerando o mercado interno e a concorrência da indústria.

É provável que a revisão da atual legislação aconteça num futuro próximo.

### 3. Rastreabilidade das medições realizadas com os dispositivos médicos

A necessidade de conhecer com rigor o resultado de uma medição é uma condição fundamental para a credibilidade de um sistema. Para garantir a qualidade desses resultados são necessários padrões, métodos de referência, materiais de referência certificados e calibrações devidamente rastreadas<sup>1</sup>.

Sendo as medições físicas, químicas e biológicas essências no diagnóstico médico, na prevenção e tratamento de doenças, na avaliação do risco e na monitorização dos pacientes, os seus resultados são muito relevantes em medicina, devendo ser exatos e comparáveis em diferentes locais e ao longo do tempo.

Baseada numa nova abordagem, as regras relacionadas com a segurança e desempenho dos equipamentos médicos foram harmonizadas pela Comissão Europeia no início da década de 90. As Diretivas Europeias que se aplicam ao sector (anteriormente referidas) regulam os procedimentos aplicados, desde a concepção dos instrumentos até à sua colocação em serviço [14]. Como esta esfera de regulamentação remete para cada Estado-membro medidas consideradas adicionais, numa ótica de proteção da saúde pública e do cidadão em geral, as questões relacionadas com o desempenho metrológico dos instrumentos de medição utilizados neste sector da sociedade têm ficado a descoberto, designadamente no domínio do controlo metrológico [15] dos instrumentos em utilização.

Em Portugal, os equipamentos médicos englobam um vasto conjunto de instrumentos, que são maioritariamente importados. De acordo com as atuais disposições regulamentares, aos diferentes intervenientes no processo de circulação (fabricantes, distribuidores, utilizadores e autoridades competentes) é imposto um conjunto de procedimentos e obrigações, no sentido de garantir a qualidade e segurança dos equipamentos e produtos. Contudo, a garantia metrológica, constituindo um requisito de qualidade, fica à margem

<sup>1</sup> Para consultar a definição dos vocábulos, sugere-se a leitura do VIM [1]



de todo este processo. Nesta matéria, efetivamente verifica-se que Portugal não tem dedicado a devida preocupação aos instrumentos de medição colocados no mercado nacional.

De acordo com a legislação em vigor aplicável ao sector da saúde Nacional no setor da saúde, apenas os instrumentos de pesagem não automática (balanças com aplicação clínica) e à exceção dos instrumentos de medição de radiações ionizantes apresentam regulamentação para o controlo metrológico. O atual cenário remete para os proprietários e utilizadores a preocupação de zelar pela sua boa conservação e estado de funcionamento.

Considerando a analogia com outros setores da sociedade, em que a prática legal de controlo metrológico é obrigatória, também o setor da saúde não deveria continuar a ficar à margem das verificações metrológicas. Vários estudos têm sido desenvolvidos no sentido de demonstrar o impacto da rastreabilidade metrológica dos equipamentos médicos na saúde do cidadão e as conclusões são dignas de divulgação e reflexão [16–23]. Entre os estudos em referência, Minyailik [19] realça a importância da avaliação da conformidade metrológica dos equipamentos médicos e respetivas implicações na obtenção de resultados viáveis e rastreáveis. Investigadores norte-americanos [23] publicaram guias orientativos para reforçar a importância da calibração dos instrumentos e existência de padrões de referência em medicina, nomeadamente em áreas muito específicas e complexas (ex. neurociência).

Também a Organização Mundial de Saúde (OMS) [24] tem publicado informação nesta temática, promovendo ações de boas práticas para a utilização dos equipamentos médicos.

Face ao exposto, importa desenvolver em Portugal mecanismos que permitam implementar e monitorizar o desempenho metrológico dos equipamentos de medição utilizados no setor da Saúde.

#### 4. Estado da arte

Atualmente, verifica-se que em Portugal a maior parte dos equipamentos médicos não apresenta rastreabilidade das medições a padrões primários, contrastando com o cenário internacional.

Constatou-se que vários países adaptaram as recomendações da Organização Internacional de Metrologia Legal (OIML) e desenvolveram regulamentação própria. Essa regulação passa pela implementação de controlo metrológico legal, mas também pode ser encarada como um ato voluntário, no caso das calibrações.

Também verifica-se que o 10º item do Anexo I da Diretiva 93/42/CEE, referente aos requisitos dos dispositivos, refere que aqueles que apresentem funções de medição devem ser

concebidos de forma a assegurarem a exatidão das mesmas. Este requisito é referido ao longo do texto da Diretiva, em diferentes anexos e itens. No âmbito da garantia da qualidade, esta Diretiva é bastante exigente, sendo a ISO 13485 [25] o referencial normativo para os requisitos de regulamentação. A norma apresenta no item 8º os requisitos para os sistemas de medição, sendo efetivamente pouco exigente. Contudo, o documento ISO/TR 14969 [26] apresenta-se como um complemento orientador, que aprofunda a questão da medição. Assim, assiste-se a uma preocupação nesta matéria, o que representa um contributo para esta temática.

Existe a clara necessidade de uma intervenção pró-ativa no sentido de promover a monitorização e o equilíbrio entre o acesso à inovação e o nível adequado de proteção da saúde. Contudo, como pilar fundamental de toda esta questão encontra-se a consolidação de uma cultura metrológica, que deveria apresentar-se como uma estratégia permanente das organizações. Naturalmente que, no domínio da saúde, o desenvolvimento desta cultura e consequente aplicabilidade nos aspetos de segurança e desempenho dos instrumentos requererá ações duradouras, de longo prazo, com uma ampla difusão dos valores e de acompanhamento, em toda a comunidade. Provavelmente, este aspeto de disseminação cultural será tão importante como a preocupação com os aspetos técnicos e legais.

Assim, considerando que um instrumento com erros e incertezas não avaliadas poderá constituir uma fonte de custo adicional, é fundamental sensibilizar, desenvolver e implementar mecanismos que permitam alargar a rastreabilidade das medições aos equipamentos médicos com função de medição.

#### 5. Conclusão

O atual cenário permite concluir que em Portugal, a metrologia não está devidamente implementada e desenvolvida nas medições em saúde, sendo a Diretiva 93/42/CE omissa nesse aspeto. Existem vários motivos, entre os quais se destaca o forte afastamento entre os conceitos da *ciência da medição* e os conceitos relacionados com a *arte da cura*.

Nos diferentes domínios de aplicação, existem em território Nacional padrões primários (para alguns setores) e padrões secundários, maioritariamente. Constatou-se também que, em vários setores (fora do âmbito da Diretiva em apreço), poderia ser avaliada a possibilidade de garantir rastreabilidade aos métodos de medição não quantitativos que, em saúde, representam uma importante área de atuação.

Por tudo o que foi exposto, acredita-se que há uma forte necessidade de serem desenvolvidos e implementados novos procedimentos e atitudes.

A metrologia na saúde é uma condição prévia a assegurar para que os resultados de medições

relevantes ao diagnóstico médico sejam exatos, de confiança, e comparáveis. Com esta finalidade, são absolutamente necessárias a implementação de ferramentas que permitam garantir a rastreabilidade metroológica das medições e dos instrumentos de medição utilizados em contexto clínico.

**Maria do Céu Ferreira** é Técnica Superior no Departamento de Metrologia do Instituto Português da Qualidade (IPQ) desde 1994, tendo desenvolvido as suas atividades nas vertentes da metrologia científica, aplicada e legal. Atualmente desempenha funções na Unidade de Metrologia Legal, no domínio da qualificação de entidades e controlo metroológico de instrumentos de medição. Exerce funções de docência no ensino superior na vertente das tecnologias da saúde. Tem representado o IPQ em várias organizações nacionais e internacionais tais como o BIPM, Euramet, Eurachem, ISO e Welmeq. É autora de diversos artigos sobre metrologia publicados em revistas e/ou divulgados em conferências da especialidade. Doutoranda em Engenharia Industrial, Mestre em Engenharia Industrial, Licenciada em Engenharia Química, Bacharel em Radiologia.

#### Referências

1. Instituto Português da Qualidade (2012), Vocabulário Internacional de Metrologia (VIM). 1ª edição Luso-Brasileira. Monte de Caparica. IPQ.
2. EUDAMED: European Database on Medical Devices. <http://ec.europa.eu/idabc/en/document/2256/5637>
3. Alto Comissariado da Saúde. Plano Nacional de Saúde 2011-2016. Análise - política do medicamento, dispositivos médicos e avaliação de tecnologias em saúde. <http://pns.dgs.pt/files/2010/11/PM1.pdf>
4. Decreto-Lei 145/2009 de 17 de junho. Diário da República nº 115, I Série.
5. Diretiva 90/385/CE. Jornal Oficial da União Europeia nº L 189 de 1990-07-20 p. 0017-0036. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:31990L0385:PT:HTML>
6. Diretiva 93/42/CE. Jornal Oficial da União Europeia nº L 169 de 1993-07-12, p. 1. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:1993L0042:20071011:pt:PDF>

7. Diretiva 98/79/CE. Jornal Oficial da União Europeia nº L331, de 1998-12-7. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:1998:331:0001:0037:PT:PDF>
8. Listagem de normas para dispositivos médicos. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:C:2009:293:FULL:EN:PDF>
9. [http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/medical-devices/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/medical-devices/index_en.htm)
10. Decreto-Lei 273/95, Diário da República nº 245, I-A Série
11. Diretiva 2007/47/CE, Jornal Oficial da União Europeia L 247/21, de 2007-07-29.
12. European commission, Invitation for Public Comment, 6May 2008. [http://ec.europa.eu/enterprise/medical\\_devices](http://ec.europa.eu/enterprise/medical_devices).
13. European commission Recast of the Medical Devices Directives: Public consultation, 6 May 2008. [http://ec.europa.eu/enterprise/medical\\_devices](http://ec.europa.eu/enterprise/medical_devices)
14. The Council Directive 93/42/EEC on Medical Devices [http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/medical-devices/files/meddev/2\\_4\\_1\\_rev\\_9\\_classification\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/medical-devices/files/meddev/2_4_1_rev_9_classification_en.pdf)
15. Decreto-Lei 291/90 de 20 de setembro, Diário da República n.º 218, I- Série.
16. Chião et al (2008). Metrology and Standards Needs for Some Categories of Medical Device. J. Res. Natl. Inst. Stand. Technol. 113, 121-129. <http://www.nist.gov/jres>
17. V. P. Gundarov, G. I. Kavalero "Standardization and certification of quality of medical devices", Biomedical engineering 35(3) 123-126 (2001).
18. M. V. Lucatelli et al., "Engenharia clínica e a metrologia em equipamentos eletromédicos", in "Metrologia para a Vida", Sociedade Brasileira de Metrologia (SBM), 1-5 Set. 2003, Recife, Pernambuco, Brasil (2003).
19. G. M. Minyailik "Standardization and certification of medical devices: results and prospects" Biomedical Engineering 35(3), 121-122 (2001). [Traduzido de Meditsinskaya Tekhnika 35(3), 3-4 (2001)]
20. E.C. Monteiro e M.L. Lessa, "A metrologia na área de saúde: garantia da segurança e da qualidade dos equipamentos electromédicos", Engevista, 7(2), 51-60 (2005).
21. R. D. Sriram e S. J. Fenves, "Manufacturing Metrology and standards for the health care enterprise program summary". National Institute of Standards and Technology. NISTIR 7487 (2008).
22. M. J. Turner, P. C. Kam, A. B. Baker "Metrology in Medicine", Department of Anesthetics, University of Sydney (2004). [http://www.personal.usyd.edu.au/~mjturner/metrology\\_in\\_med\\_msa\\_2004.pdf](http://www.personal.usyd.edu.au/~mjturner/metrology_in_med_msa_2004.pdf).
23. R. M. Wilson, B. T. Harrison, R. W. Gibberd, e J. D. Hamilton, "An analysis of the causes of adverse events from the Quality in Australian Health Care Study", Med. J. Aust. 170(9), 411-415 (1999).
24. World Health Organization, "Medical Device Regulations: global overview and guiding principles", WHO, Geneva ISBN 9241546182 (2003). [http://www.who.int/medical\\_devices/en/](http://www.who.int/medical_devices/en/)
25. ISO 13485:2003, Medical devices - Quality management systems - Requirements for regulatory purposes (2003).
26. ISO/TR 14969:2004, Medical devices - Quality management systems - Guidance on the application of ISO 13485:2003 (2004).
27. Decision No. 912/2009/EC of the European Parliament and the Council of 16 September 2009. Official Journal of the European Union L257/12. doi:10.3000/17252555.L\_2009.257.eng

# Os cem anos do “aha” de Bohr

Carlos Fiolhais

Estão a passar cem anos desde que Niels Bohr publicou a primeira parte do seu artigo seminal “Sobre a Constituição de Átomos e Moléculas”, na *Philosophical Magazine*, com a benção de Ernest Rutherford, em cujo laboratório o autor tinha trabalhado em 1912. Bohr quando teve o “aha” extraordinário da quantização das orbitais atómicas só tinha 28 anos. Tinha completado o doutoramento com uma tese sobre teoria de metais em 1911, quando Rutherford anunciou ao mundo o núcleo atómico que obrigava ao modelo dos electrões planetários. A física mais revolucionária costuma surgir de mentes jovens. Já Einstein tinha proposto a teoria da relatividade e a explicação quântica do efeito fotoeléctrico com apenas 26 anos. E o mesmo haveria de acontecer no ano “mágico” de 1926, com Heisenberg e Dirac, que, com 25 e 24 anos respectivamente, substituíram a mecânica quântica antiga de Bohr pela mecânica quântica que sobreviveu até hoje.

Em 1913, Rutherford, com 42 anos, estava em Manchester no auge da sua glória. Em contraste, um dos pais da física moderna, J. J. Thomson, com 56 anos, estava anquilosado. Pelo menos deve ter sido essa a impressão de Bohr que, doutorado de fresco, foi ao seu encontro em Cambridge e quase não conseguiu comunicar com ele. Por um lado, o inglês de Bohr era muito deficiente e, por outro e principalmente, Thomson não quis saber dos erros nos seus escritos que o jovem doutor lhe apontava. A mudança para o laboratório de Rutherford foi a solução apesar de Bohr ter sido obrigado a reprimir a sua vocação teórica para fazer trabalho experimental, na companhia entre outros de Charles Darwin, não obviamente o famoso naturalista mas um seu neto.

Rutherford gostava de pôr as mãos na massa, não sendo dado a devaneios teóricos. Mas percebeu e encorajou o “aha” de Bohr, que com duas hipóteses revolucionárias (estacionaridade de certas órbitas electrónicas e “saltos quânticos” entre elas, com emissão ou absorção luz) fixou as bases do modelo atómico actual. Em Março de 1913 Bohr



informava Rutherford do bom acordo com a experiência do seu modelo: “Tentei demonstrar que... parece possível dar uma interpretação simples da lei do espectro do hidrogénio e que do cálculo resulta um acordo quantitativo íntimo com a experiência.” E mais adiante: “Espero que concorde em que adoptei um ponto de vista razoável em relação à delicada questão da utilização simultânea da antiga mecânica e dos novos pressupostos introduzidos pela teoria da radiação de Planck. Estou ansioso por saber o que pensa disto tudo.”

Como o acordo era inequívoco, Rutherford pensava bem, descontado o facto de que o “artigo era bastante denso e longo para uma só publicação”, pelo que ele acabou por sair em três partes, tendo a primeira e mais importante aparecido em Julho (estão publicadas entre nós em “Sobre a Constituição de Átomos e Moléculas”, Fundação Gulbenkian, 1969). Einstein, então a caminho da fama, também pensou bem, impressionado como Rutherford pela descrição dos espectros. Estavam ainda longe os tempos da sua famosa querela com Bohr. Thomson não pensou nada, mas a sua opinião pouco interessava.

O modelo de Bohr, aliando Rutherford e Planck, ainda hoje constitui não só um bom exemplo de como se faz física nova: intuição poderosa escorada em dados experimentais. Mas Rutherford colocou logo uma notável questão: como saberia um electrão numa órbita mais alta para que órbita cair? O indeterminismo estava escondido na nova mecânica.

# notícias

## Aconteceu

### Sociedade Portuguesa de Física tem nova Direção

A Sociedade Portuguesa de Física (SPF) reuniu em assembleia geral no passado dia 25 de março para proceder à eleição dos seus órgãos diretivos, no seguimento do término de funções da direção anterior. Havendo apenas uma lista apresentada, esta foi eleita pela quase totalidade dos votos expressos, de acordo com a seguinte distribuição: 68 votos a favor, 1 voto em branco, 1 voto contra.

A nova Presidente da sociedade é Teresa Peña (na imagem), do Centro de Física Teórica de Partículas / Instituto Superior Técnico. Os dois vice-presidentes são José Marques, do Campus Tecnológico e Nuclear / Instituto Superior Técnico, e José António Paixão, da Universidade de Coimbra, que fica responsável pelo pelouro das relações da SPF com o Ensino Secundário, e como tesoureiro fica Rui Agostinho, da Universidade de Lisboa.

Foram ainda eleitos como sócios honorários os seguintes elementos: António Manuel Baptista, Izolett Maria Dias Pereira do Amaral, João José Pedroso Lima, Carlos Matos Ferreira, (Secretário Geral Adjunto da SPF de 1987 a 1989 e Secretário Geral da SPF de 1990 a 1999), e José Dias Urbano (Presidente da SPF entre 2001 e 2006).

Teresa Peña, que na direção anterior foi vice-presidente do Conselho Diretivo e diretora editorial da Gazeta de Física, transmite o lugar na direção desta revista a Gonçalo Figueira, do Instituto de Plasmas e Fusão Nuclear / Instituto Superior Técnico.



Teresa Peña, nova presidente da SPF.

### Olimpíadas Regionais de Física

**Fernando Nogueira**

Realizou-se no passado dia 20 de Abril a fase regional da XXIX edição das Olimpíadas de Física. As Olimpíadas Regionais de Física decorreram em

simultâneo em cinco locais distintos: os Departamentos de Física das Universidades do Porto e de Coimbra, o polo do Instituto Superior Técnico no Taguspark, a Universidade dos Açores, em Ponta Delgada, e a Universidade da Madeira, no Funchal.

Estiveram envolvidos nesta atividade 446 alunos do 9º ano, provenientes de 150 escolas diferentes e 371 alunos do 11º ano, oriundos de 143 escolas. Saliente-se em particular o caso dos Açores, onde o entusiasmo olímpico se estendeu a quase todas as ilhas, sendo aproximadamente dois terços dos participantes oriundos das ilhas de Graciosa, Terceira, São Jorge, Faial, Pico, e Santa Maria. Recorde-se que, embora as provas sejam as mesmas para todas as delegações da SPF, as escolas participam nesta fase das olimpíadas deslocando-se à delegação da SPF a que estão associadas. Os alunos realizam duas provas, uma teórica e uma experimental, sendo a participação no escalão B feita a título individual, enquanto no escalão A os alunos concorrem em equipas com um máximo de três elementos.

Enquanto decorriam as provas, e também após as mesmas, os professores que acompanharam os alunos puderam assistir a várias palestras ou visitar museus das universidades onde decorreram as olimpíadas. Durante a tarde, e já em contagem decrescente para o anúncio dos resultados finais, os alunos juntaram-se aos seus professores e participaram também nestas atividades. Assim, no Porto, decorreram as palestras: “Análise e tratamento de dados experimentais - discussão de algumas situações polémicas” (Paulo Simeão Carvalho e Adriano Sampaio - DFA/FCUP), “O Sol lá em casa” (João Lima - CAUP e DFA/FCUP), “Balanças e geometria” (João Nuno Tavares - DM/FCUP), “Ver um mundo em um grão de areia” (Orfeu Bertolami - CFP e DFA/FCUP), “Niels Bohr: espectros e quantum” (Eduardo Lage - CFP e DFA/FCUP). Em Coimbra, os professores puderam assistir à palestra “Sussurros do espaço-tempo” (Carlos Herdeiro - DF/UA) e, durante a tarde os professores e seus alunos puderam optar entre a palestra “Do céu caiu uma estrela” (Nuno Peixinho - OAUC e DM/FCTUC) e visitas guiadas ao Gabinete de Física, Museu da Ciência, Biblioteca Joanina e Sala dos Capelos, Jardim Botânico e Museu Nacional Machado de Castro. Já em Lisboa, os professores assistiram, de manhã, às palestras “Raios cósmicos e resultados recentes de AMS” (Fernando Barão - LIP e IST) e “Neutrinos em Lisboa?!” (Maria José Ribeiro Gomes - CFN/UL e FCUL) e à tarde participaram com os alunos em vários jogos no campus do IST. Em Ponta Delgada, alunos e professores assistiram aos seminários “A Universidade dos Açores –



Olimpíadas Regionais: Lisboa (cima), Coimbra (meio) e Açores (baixo).

oferta letiva” (Cristina Vasconcelos – DCTD/UAç) e “Ciência e tecnologia – projetos e futuro” (José Contente – Deputado Regional).

Os vencedores da etapa regional foram:

### Escalão B

#### Região Norte

1. Duarte Manuel Nogueira Magano  
(Colégio Luso-Francês, Porto)
2. João Daniel Linhares Moreira  
(Colégio Luso-Francês, Porto)
3. António Manuel Couto Carneiro (E.S. c/ 3º ciclo de Santa Maria da Feira, Santa Maria da Feira)  
António de Almeida Sousa Cardoso  
(E.S. c/ 3º ciclo Garcia de Orta, Porto)  
Catarina da Silva Pereira Borges  
(Colégio de Nossa Senhora da Esperança, Porto)



João Pedro Martins Ferreira  
(E.S. D. Afonso Henriques, Vila das Aves)

Luís Miguel Cardoso Ferreira  
(Grande Colégio Universal, Porto)

Luís Pedro Baptista Barros Ribeiro Dourado  
(Colégio Casa Mãe, Baltar – Paredes)

Manuel Azevedo (INED – Nevogilde, Porto)

Rui Pedro Cardoso Coelho  
(E.S. c/ 3º ciclo de Fafe, Fafe)

#### Região Centro

1. Diogo da Silva Duarte Cruz  
(E.S. Domingues Sequeira, Leiria)
2. Diogo Miguel Pereira Paula  
(E.S. c/ 3º ciclo Afonso de Albuquerque, Guarda)
3. Ricardo João Dias Ferreira  
(E.S. Alves Martins, Viseu)

Ana Margarida Mendes Antunes  
(E.S. Alves Martins, Viseu)

Catarina Sampaio Alves (Colégio de Nossa  
Senhora da Assunção, Anadia)

Glória Elisabeth Conceição Andrade Sá Pereira  
(E.S. c/ 3º ciclo Dr. Joaquim de Carvalho,  
Figueira da Foz)

João Beirão Valente Alves Rodrigues  
(E.S. c/ 3º ciclo Quinta das Palmeiras, Covilhã)

José António Costa Coelho  
(E.S. Emídio Navarro, Viseu)

Leonardo Ferreira Maia Moço  
(E.S. c/ 3º ciclo de Vagos, Vagos)

Maria Eduarda Marta  
(E.S. Infanta D. Maria, Coimbra)

### Região Sul

1. Rita Jesus de Mendonça e Costa  
(E.S. c/ 3.º ciclo Pedro Nunes, Lisboa)

2. Beatriz Ribeiro Lopes  
(E.S. c/ 3.º ciclo Pedro Nunes, Lisboa)

3. António João Caeiro Heitor Coelho (E.B. 2,3/S  
Dr. Isidoro de Sousa, Viana do Alentejo)

André Tomaz de Menezes  
(E.S. Sebastião e Silva, Oeiras)

Francisco Miguel Marques Carvalho  
(E.S. c/ 3.º ciclo de Coruche, Coruche)

Inês Oliveira (E.S. Sebastião e Silva, Oeiras)

João Fragoso Melo (E.S. de Santa Maria, Sintra)

Patrick Santos Fernandes  
(E.S. c/ 3.º ciclo de Ferreira Dias, Cacém)

Rebeca Pires de Oliveira Santos  
(E.S. c/ 3.º ciclo do Restelo, Lisboa)

Tomás Bastos  
(Colégio Manuel Bernardes, Lisboa)

### Açores

1. Isabel Rego Raposo  
(E.S. Domingos Rebelo, Ponta Delgada)

2. Pedro do Rego Ponte  
(E.S. Antero de Quental, Ponta Delgada)

3. Sara Raposo  
(E.S. das Laranjeiras, Ponta Delgada)

### Madeira

1. Adriana Cristina Moura Monteiro  
(E.B.+S. da Calheta, Calheta)

2. Calvin Jesus Domingos Gonçalves  
(E.B.+S. da Calheta, Calheta)

3. Lina Andreia Gama Aveiro  
(E.B.+S. Gonçalves Zarco, Funchal)

### Escalão A

#### Região Norte

1. Eduardo Fonseca, Manuel Santos, Vasco Trigo  
(Externato das Escravas do Sagrado Coração de  
Jesus, Porto)

2. Diogo André Mesquita Teixeira, Gonçalo Benvindo  
Moreira Azevedo, João Carlos de Oliveira Rodrigues  
(E.B. 2,3 Frei João de Vila do Conde, Vila do Conde)

3. Guilherme José Ferreira Couto Fonseca da Silva, Jorge  
Rogério da Silva Morais, José Pedro Moreira Carvalho  
(E.S. c/ 3º ciclo de Lousada, Lousada)

#### Região Centro

1. Maria Luis Morão Patrício, Mafalda Patrícia Calado  
Mariano, José António da Fonseca Nave  
(E.S. c/ 3º ciclo Frei Heitor Pinto, Covilhã)

2. Mariana Santos Cruz, Mariana da Graça Almeida,  
Beatriz da Silva Fernandes  
(E.S. c/ 3º ciclo Dr. Jaime Magalhães Lima, Aveiro)

3. Laura Regalado, Eduardo Pereira, Pedro Miguel Silva  
(E.S. c/ 3º ciclo de Júlio Dinis, Ovar)

#### Região Sul

1. Madalena Zambujeiro, Pedro Martins, Tiago Mesquita  
(Colégio Pedro Arrupe, Sacavém)

2. Andreia Filipa Cunha Gomes, Ana Rita Prazeres Matos,  
Rafael Nuno Carrasco Paiva  
(E.B. 2,3 de Stª Iria de Azóia, Loures)

3. João Miguel Mello Fernandes, Pedro Incenso Latas,  
Raul Pacheco Sarkar  
(E.B.I de André de Resende, Évora)

#### Açores

1. Ana Sousa, Pedro Carvalho, Cláudia Chaves  
(E.B.I. dos Arrifes, Ponta Delgada)

2. João Daniel Duarte, Mariline Raposo da Silva,  
Gonçalo Miguel da Silva Brum  
(E.B.+S das Lajes do Pico, Lajes do Pico)

3. Sofia Silva, José Mendes, Sílvia Nascimento Ávila  
(E.B.+S. da Graciosa, Graciosa)

#### Madeira

1. Artur Telo Luís, Amélia Margarida Melo Calaça  
de Freitas, Diogo Miguel Figueira Nunes  
(E.B.+S Gonçalves Zarco, Funchal)

2. Eduardo Miguel Gouveia Vila, João Miguel Gouveia  
Figueiroa, Cláudia Patrícia Fernandes Vasconcelos  
(Colégio dos Salesianos, Funchal)

3. Cláudia Filipa Santos Fernandes, João Henrique  
Gonçalves Sousa, Francisco André Pereira da Silva  
(E.B 2,3 do Caniço, Caniço)

Todos estes alunos (exceto os vencedores, no escalão A, das medalhas de prata e bronze nas regiões autónomas) participarão na final nacional, que decorrerá no dia 8 de Junho em Lisboa, no Museu da Eletricidade. Os vencedores da prova nacional no escalão A ficam pré-selecionados para a XIII Olimpíada Europeia de Ciência (EUSO), que decorrerá em Março/Abril de 2015 na Eslováquia ou na Áustria (ainda não está decidido). Os 20 melhores classificados na prova nacional do escalão B ficam automaticamente inscritos na escola Quark! de 2014, que decorre no Departamento de Física da Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade de Coimbra. Desse grupo de alunos serão selecionados cinco para participar na XLV Olimpíada Internacional de Física (IPhO), que decorrerá em Julho de 2014 no Cazaquistão, e quatro para participar na XIX Olimpíada Ibero-americana de Física (OIbF), que terá lugar em Setembro de 2014 no Paraguai.

As Olimpíadas de Física são uma atividade promovida pela Sociedade Portuguesa de Física com o patrocínio do Ministério da Educação e Ciência, da Agência Ciência Viva e da Fundação EDP. A realização das provas nos Açores só foi possível com o apoio do Governo Regional dos Açores, EDA, SATA, Unileite, empresa construtora Civil Açores, e Câmara Municipal de Santa Maria. A DRSI agradece ainda ao Diretor da Escola Básica e Integrada dos Arrifes (Prof. José Freire) e à Universidade dos Açores (Prof.<sup>a</sup> Doutora Cristina Vasconcelos, do Departamento de Ciências, Tecnologias e Desenvolvimento), a inestimável ajuda na preparação da etapa açoriana das Olimpíadas de Física.

Na página internet das Olimpíadas Portuguesas de Física podem obter-se as provas e a lista dos alunos premiados nas várias fases das Olimpíadas Portuguesas e nas Olimpíadas Internacionais e Ibero-americanas de Física.

<http://olimpiadas.spf.pt/>

## Alunas açorianas vencem campeonato europeu de minissatélites – CANSAT 2013

Juan Nolasco

A equipa “Air Sat One Team”, da Escola Básica e Secundária de Santa Maria (Açores), foi a grande vencedora da final da competição CANSAT 2013 que decorreu na Holanda, de 10 a 14 de abril. A equipa é composta pelas alunas Mariana Sousa (Software) e Rute Silva (Eletrónica), Joana Baptista (Telecomunicações), e Francisca Coelho (Aerodinâmica), todas do 10º ano – Área de Ciências e Tecnologias (ver fotografia), e pelos professores coordenadores Juan Nolasco e Hélder Chaves.

Esta competição, organizada pela Agência Espacial Europeia (ESA), destina-se a estudantes do ensino secundário e divide-se em duas competições: Ca-





tegoria *Beginners* e categoria *Advanced*. O principal objetivo é construir e configurar um satélite miniaturizado (*CanSat*), literalmente da dimensão de uma lata de refrigerante, e que após ser lançado dos mil metros de altitude por um foguete, irá executar uma missão definida pelos alunos.

As quatro alunas, todas com idade de 15 anos, alcançaram o primeiro lugar da categoria *Advanced*, numa competição que reuniu um total de quinze equipas de países membros da ESA.



As alunas da equipa Air Sat One Team, vencedora da CANSAT 2013.

## Orfeu Bertolami é *Outstanding Referee* da Sociedade Americana de Física

Orfeu Bertolami, professor catedrático do Departamento de Física e Astronomia da Faculdade de Ciências, Universidade do Porto, foi recentemente eleito como *Outstanding Referee* pela Sociedade Americana de Física (APS). Esta distinção é atribuída a cientistas que realizaram um trabalho excepcional na revisão de artigos científicos para as revistas publicadas pela APS, entre as quais se encontram algumas das mais prestigiadas no mundo da física. Bertolami é o quinto representante português a integrar esta lista desde que foi criada em 2008, sendo o único em 2013.

O programa de *Outstanding Referees* da APS elege anualmente cerca de 150 cientistas de entre os mais de 60 mil que colaboram activamente na revisão de artigos.



Orfeu Bertolami.

## Alunos de escolas portuguesas descobrem 2 novos asteroides

Ana Costa

Alunos de 17 escolas portuguesas participaram na *All-Portugal Asteroid Search Campaign* de 13 de fevereiro a 20 de março de 2013, mas foi de Ponta Delgada, nos Açores, e de Matosinhos que nos chegaram as duas descobertas desta campanha.

Catarina Ramos, Rafael Cabral e Tatiana Teves (na fotografia), alunos do 11º ano da Escola Secundária Antero de Quental em Ponta Delgada nos Açores, descobriram o asteroide 2013 EZ7. Estes alunos participaram pela primeira vez em campanhas de pesquisa de asteroides sob a orientação do professor de Física e Química José Rebuge.

Os alunos do 7º A e 7º C da Escola Secundária Augusto Gomes, em Matosinhos, representados por Carina Gomes, Maria Inês Paiva, Marta Neto, Rita Rocha e Vasco Rodrigues, descobriram o asteroide 2013 EP5.

O professor de Física e Química, Duarte Nuno Januário, coordena desde 2009 as campanhas de pesquisa de asteroides nesta escola, onde já foram realizadas várias descobertas mas que nunca antes tinham sido confirmadas.

As designações provisórias 2013 EZ7 e 2013 EP5 foram atribuídas a estes objetos pelo Minor Planet Center, mas o nome definitivo destes asteroides será proposto pelos seus descobridores logo que as suas características e trajetórias forem suficientemente conhecidas.

As campanhas IASC (*International Astronomical Search Collaboration*) de pesquisa de asteroides têm como diretor o Professor Patrick Miller da Universidade Hardin-Simmons no Texas e são coordenadas em Portugal pelo NUCLIO – Núcleo Interactivo de Astronomia.



Descobridores de asteroides: Rafael Cabral, Tatiana Teves, Catarina Ramos, e o professor José Rebuge, Escola Secundária Antero de Quental, Ponta Delgada.



Asteróide 2013 EP5 (assinalado pela seta vermelha) descoberto pela equipa da Escola Secundária Augusto Gomes de Matosinhos.

## Acontece

### Dark Skies Rangers – Portugal: Vamos apagar as luzes para acender as estrelas!

Rita Guerra

Como seria se não existissem estrelas à noite? O que é que nós perdíamos?

O nosso planeta, visto da Estação Espacial Internacional, parece uma árvore de Natal. Esta iluminação, visível a partir do espaço, é poluição luminosa provocada por candeeiros e projetores exteriores que iluminam para cima ou para os lados, tornando o céu noturno mais claro.

O projeto internacional Dark Skies Rangers pretende promover a luta contra a poluição luminosa, alertando as populações para a possibilidade de haver soluções inteligentes de iluminação exterior, economicamente viáveis e em harmonia com o ambiente, e contribuir para devolver às pessoas e aos seres vivos o céu noturno, o maior património da Humanidade que deve ser preservado. A ideia é simples: se todas as escolas fizerem uma auditoria da sua região e entregarem os resultados e sugestões aos responsáveis locais, o problema da poluição luminosa poderá ser rapidamente resolvido.

A poluição luminosa é um problema global que precisa de ser combatido, pelas seguintes razões:

- É responsável pelo desperdício de energia e dinheiro;
- Contribui para as alterações climáticas;
- Afeta os seres vivos e a qualidade de vida das pessoas;
- Impede as pessoas de verem as estrelas e as observações astronómicas.



De modo a promover o projeto Dark Skies Rangers em Portugal, o NUCLIO – Núcleo Interactivo de Astronomia organiza o concurso Dark Skies Rangers para alunos e professores, em colaboração com o National Optical Astronomy Observatory, o Eco-Escolas e o *Galileo Teacher Training Program*, e no âmbito do projeto *Discover the COSMOS*.

Mais informações em: <http://dsr.nuclio.pt/>

### “O céu nas pontas dos dedos”, de Guilherme de Almeida



Através da Plátano Editora (Lisboa, Abril de 2013) chega-nos o mais recente livro de Guilherme de Almeida, conhecido divulgador de ciência e colaborador frequente da Gazeta de Física.

Este livro apresenta o céu noturno ao leitor, partindo de uma iniciação breve e eficaz, evoluindo rapidamente para situações práticas. Seguem-se os conselhos e apoio à interação direta do leitor com o céu, utilizando literalmente as pontas dos seus dedos, manejando o planisfério celeste que acompanha a obra.

O leitor poderá ajustar facilmente o planisfério celeste para que este mostre o céu na data e hora pretendidas, presentes, passadas ou futuras, mas permite fazer muito mais do que isso (24 modos de utilização explicados passo a passo). Válido por largas dezenas de anos.

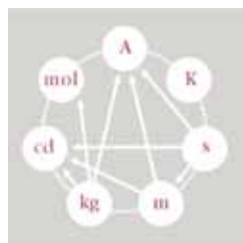
O leitor é convidado a praticar e a aventurar-se no conhecimento progressivo do firmamento. Isto também se aplica às pessoas que dizem nada conhecer do céu noturno. Mas quem já o conhece pode usar as capacidades do planisfério celeste para planear as suas oportunidades de observação. A obra foi concebida de modo a permitir progressão e diferentes níveis de utilização de acordo com o perfil, a idade e a experiência gradualmente adquirida de cada leitor.

# Vai acontecer

## Décimo aniversário da SPMet

Olivier Pellegrino

No dia 30 de maio de 2013, a Sociedade Portuguesa de Metrologia (SPMet) celebra 10 anos de existência. A SPMet, com cerca de uma centena de associados, é uma associação privada, sem fins lucrativos, que tem por objetivos promover o estudo, o desenvolvimento e a divulgação da Metrologia, contribuindo para a expansão do ensino neste domínio, estimular a investigação científica e a difusão de conhecimentos, promover a edição de publicações e estabelecer relações com outras sociedades científicas nacionais e internacionais, bem como a realização de encontros científicos em Portugal.



Assim, tem organizado anualmente, desde 2003, encontros científicos sobre temas associados à Metrologia, em diferentes localidades do território nacional.



No sítio internet da SPMet encontram-se informações tão diversas como os conceitos básicos de metrologia, a 1ª edição luso-brasileira do Vocabulário Internacional de Metrologia (VIM), o Sistema

Internacional de Unidades (SI), arquivos dos eventos organizados pela SPMet, bem todos os números da Revista Eletrónica quadrienal *Medições e Ensaios*, a qual completou já um ano de existência com o seu volume nº 4 em janeiro de 2013.

[www.spmet.pt](http://www.spmet.pt)

## PlasmaSurf 2013 – Escola de Verão em Física de Plasmas

Horácio Fernandes

O Instituto de Plasmas e Fusão Nuclear está a organizar uma escola internacional de verão em física de plasmas, a ter lugar de 7 a 13 de julho. A escola decorrerá em Oeiras, beneficiando da paisagem costeira da linha Lisboa-Cascais, e da proximidade de desportos aquáticos como o surf, o windsurf e a vela. O idioma a utilizar será o inglês.

O programa abordará os aspectos básicos da física de plasmas, fusão nuclear e lasers de alta potência. Funcionará como uma introdução à física de plasmas a um nível de mestrado, vocacionado para

estudantes de engenharia ou física que já completaram o 1º ciclo de Bolonha (200 ECTS) e estão a realizar o 2º ciclo. Os potenciais candidatos incluem finalistas em busca de um tema interessante para a sua tese de doutoramento, ou alunos simplesmente interessados em obter formação complementar em física.

As aulas serão oferecidas em módulos independentes, nas manhãs de segunda a sexta-feira. As tardes serão dedicadas a palestras práticas sobre temas como experimentação remota, análise de dados e computação. Os finais de tarde serão preenchidos com atividades de grupo e de *coaching*, algumas também envolvendo palestras.

Os principais tópicos abordados incluem: (i) introdução à física de plasmas, (ii) fusão nuclear magnética e inercial, (iii) descrição cinética e magneto-hidrodinâmica de um plasma, (iv) grandes experiências internacionais envolvendo ciência de plasmas, e (v) plasmas na Terra e no espaço profundo.

Um dos principais objetivos do curso é promover uma interação animada entre estudantes e professores nos intervalos e durante as visitas. Haverá uma palestra noturna convidada de especial destaque: “Física do surf e o meio ambiente” onde serão exploradas semelhanças entre surfistas e electrões.

Para mais informações: <http://www.ipfn.ist.utl.pt/plasmasurf>

## Ações de Formação IPFN 2013 – inscrições abertas

O Instituto de Plasmas e Fusão Nuclear (IPFN) organiza em 2013 duas Ações de Formação destinadas a Professores do Ensino Secundário, com os temas Lasers (8 a 12 de julho) e Fusão Nuclear (2 a 6 de setembro). As formações decorrerão no Instituto Superior Técnico, Lisboa, e incluem visitas a laboratórios estrangeiros, suportadas pelo IPFN. No caso da formação em lasers o destino é o Laboratório Rutherford Appleton, e na formação em fusão nuclear será visitado o Joint European Torus (JET), ambos perto de Oxford, Reino Unido.

As Ações de Formação promovidas pelo IPFN em 2013 são acreditadas pelo CCPFC e são gratuitas. Contam com o apoio do Instituto Superior Técnico, Ciência Viva, TAP Air Portugal, Sociedade Portuguesa de Física e Laserlab-Europe.

Inscrições e mais informações em:

[www.ipfn.ist.utl.pt/formacoes2013](http://www.ipfn.ist.utl.pt/formacoes2013)

# Reflexão e absorção do som

Carlos Saraiva

Agrupamento de Escolas de Trancoso - Rua Prof. Dr. Mota Pinto, N.º1 | 6420-229 Trancoso

carlos.saraiva1@gmail.com

O som é um conteúdo abordado nos programas do 8º e 11º anos. As atividades práticas que são propostas em alguns manuais para o estudo da reflexão e absorção do som não são exequíveis. Neste artigo usamos um software livre de edição de som, um microfone e um computador. Os restantes materiais são também simples e baratos. Deste modo é possível realizar atividades práticas para estudar a reflexão e absorção do som. Este trabalho pode ser reproduzido em qualquer escola.

## Introdução

O som é um conteúdo abordado nos programas do 8º e 11º anos [1,2]. No 8º ano os autores propõem que “os alunos devem investigar o que acontece ao som quando incide em diferentes superfícies” e “comparar diferentes materiais, realizando experiências simples (por exemplo, usando sensores)”. No entanto, nos manuais escolares alguns autores [3–5] propõem atividades que se forem realizadas conforme se apresentam não permitirão que os alunos tirem as conclusões que se esperam. Apresentamos exemplos (Figuras 1 e 2) de atividades em que os autores querem que os alunos detetem a reflexão e absorção do som. Nestas atividades usam relógios que funcionam como emissores e o ouvido dos alunos funciona como detetor. Algumas das limitações destas atividades são: os relógios não produzem sons com frequência nem intensidade constantes e usar o nosso ouvido como detetor para registar a intensidade não é aconselhável, porque a sensação auditiva é relativa. Tam-

bém como se vê nas figuras, parte do som emitido vai propagar-se no interior do tubo, mas há som que chega diretamente ao ouvido.

No clube de ciência da nossa escola, fizemos as atividades que se apresentam nas figuras anteriores e não conseguimos os resultados que eram esperados, isto é, os que seriam supostos os alunos obterem depois de realizarem as experiências propostas nos manuais escolares. Decidimos então realizar um trabalho prático para estudar a reflexão e absorção do som. O objetivo foi usar recursos e materiais simples.

**Material necessário:** 3 tubos de alumínio, 2 placas de alumínio, 2 placas de poliestireno expandido (esferovite), microfone, pilha, interruptor, fios, besouro, software de edição e gravação de som e computador.

## Procedimento

Usámos tubos (com a forma de prismas quadrangulares) que eram ocós, de comprimento igual a 25 cm, cujas extremidades abertas eram dois quadrados de lados iguais a 7 cm. Poderíamos usar tubos de PVC de forma cilíndrica. No entanto, os tubos usados são mais fáceis de “orientar” de modo a escolher o ângulo desejado com as placas. Os tubos foram colocados de modo a fazerem o mesmo

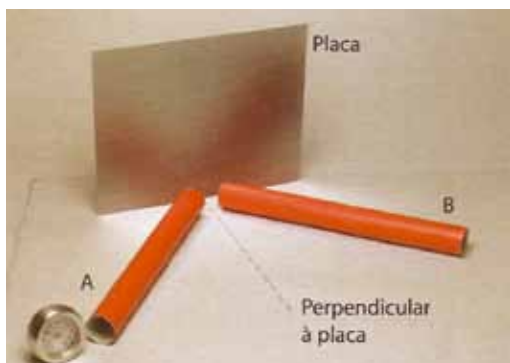


Fig. 1 - Reflexão e absorção do som (FQ 8, 8º ano, p. 7).



Fig. 2 - Reflexão e absorção do som (Universo da Matéria, 8º ano, p. 24).



Fig. 3 - Emissor de som puro (buzzer).

ângulo em relação ao plano das placas (vertical). No nosso caso o ângulo escolhido foi de 45 graus, mas poderia ser usado outro e também se poderiam usar mais tubos para ocorrerem mais reflexões e absorções.

O software usado para gravar o som é livre e pode ser obtido na internet no endereço que indicamos [6]. Este software designado por *audacity* é um programa de gravação e edição de som.

Um microfone foi usado como detetor do som. Um *buzzer* (Figura 3) também designado “besouro piezo” (Buzzer-Piezo) ao ser ligado a uma pilha, produz um som com frequência e intensidade constantes e vai funcionar como emissor [7]. Estes besouros são muito baratos, custam aproximadamente 3 euros! Usámos um osciloscópio virtual que foi instalado no computador e determinámos a frequência do emissor. Na Figura 5, pode ver-se que o período da onda ( $Dt$ ) é 0,269 ms e o som tem intensidade constante. Calculando a frequência,  $f = 1/T = 1/(0,000269 \text{ s}) \approx 3717 \text{ Hz}$ .

Na Ref. 20 explica-se em pormenor como se pode usar o osciloscópio virtual para medir a frequência do emissor.

As dimensões do emissor e detetor permitem que ambos sejam colocados no interior dos tubos e evitam o problema de o som ser detetado diretamente, isto é, só é detetado depois de sofrer duas absorções e duas reflexões.

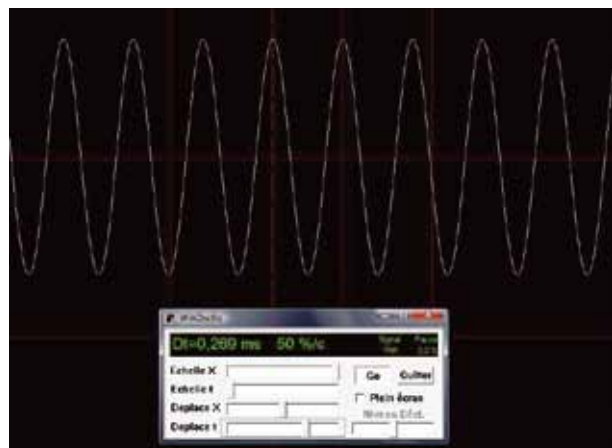


Fig. 4 - Som puro do besouro de frequência constante.

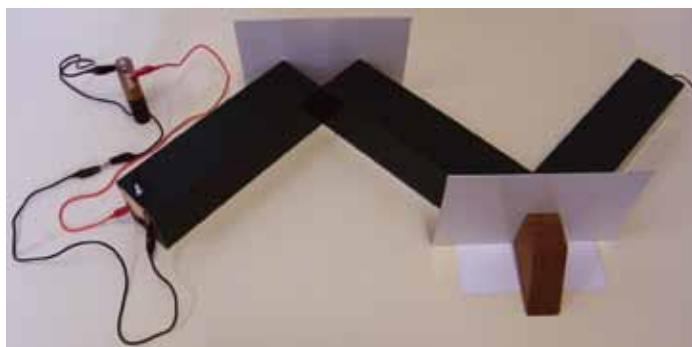


Fig. 5 - Fotografia da montagem da atividade.

## Resultados

Primeiro, usámos duas placas de alumínio. Ligámos o *audacity*, clicando em “Gravar” e depois o besouro. O som emitido propaga-se no interior do tubo, sofrendo absorção e reflexão na primeira placa como se pode ver na Figura 6. Depois, sofre outra absorção e reflexão na segunda placa, é detetado pelo microfone e gravado pelo *audacity*. Depois, clicámos em “Pause” e substituímos as placas de alumínio por placas de esferovite. Por fim, gravámos o som que resultou das absorções e reflexões. No computador o eixo horizontal indica o tempo, e o sinal obtido no eixo vertical é proporcional à intensidade do som. Podemos usar o *zoom* do programa para visualizar melhor a imagem.

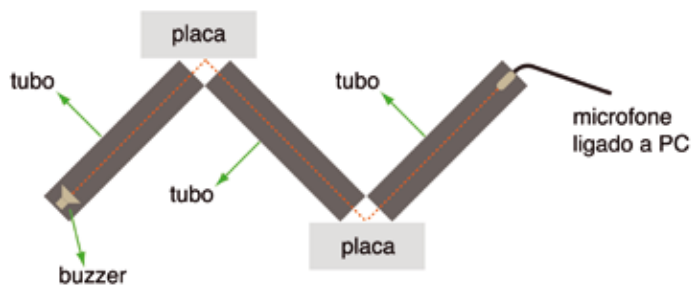


Fig. 6 - Reflexão e absorção do som nas placas.

A análise da Figura 7 permite verificar nitidamente que o tipo de superfícies foi alterado. O ficheiro áudio também foi usado para ouvirmos o som e notámos claramente que há duas situações distintas. Na primeira (até aos 4,342 s), quando usámos as placas de alumínio o som é mais intenso. Depois, com as placas de esferovite o som é menos intenso. Isto prova que o tipo de superfícies tem influência na absorção e que o som é menos absorvido no alumínio do que na esferovite.

Sempre que uma onda sonora atinge uma superfície, parte da energia é refletida, outra parte é absorvida, e parte é refratada. Estes fenómenos podem ocorrer simultaneamente. Os bons isoladores sonoros são materiais que absorvem bem o som (ex: cortiça, esferovite e lâ de vidro). Isto ocorre porque estes materiais são geralmente bastante porosos ou fibrosos. Ao incidir sobre eles uma onda sonora, tendem a vibrar, convertendo a energia cinética em calor (por fricção).

Os maus isoladores sonoros (bons refletos) são os materiais em que o som se propaga sem grande diminuição da sua intensidade (ex: metais, vidro e betão). Estes materiais muito densos, com superfícies lisas e duras, refletem bem o

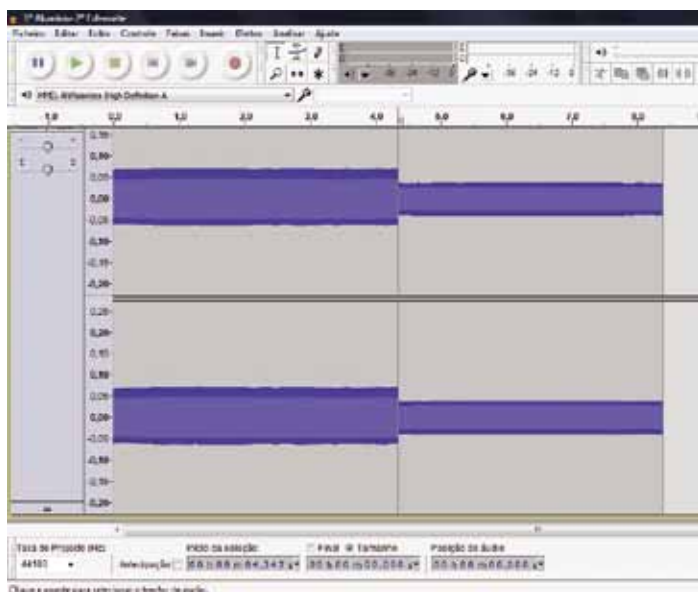


Fig. 5 - Fotografia da montagem da atividade.

som. Por isso, no caso do alumínio houve pouca absorção, mas na esferovite a absorção foi maior.

Podemos usar outros materiais com propriedades diferentes para prever o seu comportamento relativamente à absorção e reflexão do som. Por exemplo, materiais comuns como mármore ou granito polido, vidro, aglomerado de cortiça, fibras e lã de vidro. Isto permite uma discussão sobre o uso de materiais quando se revestem salas em que o isolamento acústico é muito importante, como é o caso de auditórios e estúdios.

O ficheiro áudio também foi usado numa aula “teórica” e os alunos concluíram facilmente que o som sofre reflexão e que a absorção depende do tipo de superfícies. Os resultados são de fácil interpretação mesmo para alunos que não tiveram possibilidade de realizar este trabalho prático. O software *audacity* é muito versátil e pode ser usado como sensor em experiências de som, luz e movimento [21-23].

Este trabalho foi preparado no clube de Física do Agrupamento de Escolas de Trancoso com a colaboração dos seguintes alunos: Beatriz Vaz, Ana Gomes, Pedro Correia, Diogo Martins, Adriano Abade, Mariana Saraiva e Margarida Ribeiro.

## Agradecimento

O Autor agradece ao colega Albino Pinto, do Agrupamento de Escolas da Lixa, pelas suas sugestões críticas.



**Carlos Saraiva** é Licenciado em Física pela Universidade de Coimbra, Mestre em Ensino de Física e Química pela Universidade de Aveiro e professor no Agrupamento de Escolas de Trancoso. Gosta de construir demonstrações com materiais do dia-a-dia para motivar os alunos. É autor de vários artigos publicados na *Gazeta de Física*, *Physics Education* e *The Physics Teacher* e coautor de simulações publicadas na *Casa das Ciências*.

## Referências

1. “Orientações curriculares, Ciências Físicas e Naturais, 3º Ciclo”, Cecília Galvão (Coordenadora), Ministério da Educação, Departamento da Educação Básica, Março de 2002.
2. “Programa de Física e Química A (11º ano)”, Helena Caldeira e Isabel Martins (Coordenadoras), Ministério da Educação, Departamento do ensino secundário, Março de 2003.
3. “FQ 8, 8º ano, Sustentabilidade na Terra”, Caderno de Atividades, M. Neli Cavaleiro e M. Domingas Beleza, Asa.
4. “Eu e o Planeta Azul, 8º Ano”, Noémia Maciel, Ana Miranda e M. Céu Marques, Porto Editora.
5. “Universo da Matéria, 8ºano”, Isabel Pires e Sandra Ribeiro, Santillana Constância.
6. Audacity (software livre de gravação e edição de som) disponível em: <http://audacity.sourceforge.net/>
7. Carlos Saraiva, “Simular uma combustão explosiva”, *Gazeta de Física*, Vol. 34, Nº 3/4, pp. 31-33.
8. “Ontem e Hoje, Física 11º ano”, Adelaide Bello e Helena Caldeira, Porto Editora.
9. “11F, Física 11º ano”, Graça Ventura, Manuel Fiolhais, Carlos Fiolhais, João Paiva e António Ferreira, Texto Editores.
10. “Física na Nossa Vida, Física 11º ano”, M. Margarida Rodrigues e Fernando Dias, Porto Editora.
11. “Física 11, Física 11º ano”, António Silva, Cláudia Simões, Fernanda Resende e Manuela Ribeiro, Areal Editores.
12. “Desafios da Física, Física 11º ano”, Daniel Silva, Lisboa Editora.
13. “Novo Ver +, Física 11º ano”, Alexandre Costa, Augusto Moisés e Francisco Caeiro, Plátano Editora.
14. “Energia em Movimento, Física 11º ano”, Rita Carriche e Teresa Veladas, Santillana Constância.
15. “Terra.lab, 8ºano”, Adelaide Rebelo e Filipe Rebelo, Lisboa Editora.
16. “Física e Química na Nossa Vida, Caderno de Atividades, 8ºano”, M. Margarida Rodrigues e Fernando Dias, Porto Editora.
17. “(CFQ) 8, 8º Ano”, António Silva, Cláudia Simões, Fernanda Resende e Manuela Ribeiro, Areal Editores.
18. “Sustentabilidade na Terra, 8º Ano”, Cremilde Caldeira, Jorge Valadares, Margarida Vicente e Margarida Neves, Didáctica Editora.
19. “8CFQ, 8º Ano”, Carlos Fiolhais, Manuel Fiolhais, Victor Gil, João Paiva, Carla Morais e Sandra Costa, Texto Editores.
20. Albino Pinto e Carlos Saraiva, “Software Livre para Visualização e Estudo do Som”, *Gazeta de Física* 36(1), 29-34 (2012).
21. “A time-of-flight method to measure the speed of sound using a stereo sound card”, Carlos C. Carvalho, J.M.B. Lopes dos Santos e M.B. Marques, *The Physics Teacher* 46, 428-431 (Out. 2008).
22. Luís Rodrigues, Leonardo Heidemann, Eloir Carlo e Lucas Silveira, “Descodificando o código de barras”, *Física na Escola* 12(2), 24-27 (2011).
23. Albino Pinto e Carlos Saraiva, “Determinação do valor da aceleração da gravidade”, *Gazeta de Física* 35(2), 27-29 (2012).



# Como queimar um papel à luz de Sírio

Guilherme de Almeida

g.almeida(a)vizzavi.pt

Todos nós já experimentámos incendiar um papel utilizando uma lupa. Escassos segundos bastam para o fazer, mesmo utilizando uma lupa de tamanho modesto. Que tamanho deveria ter uma lupa capaz de fazer o mesmo utilizando a luz da estrela Sírio ( $\alpha$  Canis Majoris)? Neste artigo propomo-nos determinar quantitativamente que características deveria ter essa lupa, que se adivinha gigantesca. Como é óbvio, trata-se de mera exploração conceptual, pois tal projecto revela-se — como o leitor verá — irrealizável por diversas razões.

## 1. A experiência tradicional

O papel queima devido à intensa concentração dos raios solares na sua superfície. Queima mais rápido se a superfície for escura, por exemplo uma página de jornal, escolhendo uma zona com uma fotografia. O papel branco demora mais tempo, dado que uma grande parte da energia é reflectida e só uma fracção dela é que é absorvida pelo papel. É por isso que o papel, se for branco, fica insuportavelmente brilhante quando a convergência se maximiza.

É um erro muito comum pensar que a luz solar, ao atravessar a lente vai convergir num ponto. Na verdade, a lente produz, no papel, quando se procura a mínima área iluminada, a imagem real do Sol. Se a lente tiver a distância focal  $f$ , tendo o Sol o diâmetro aparente  $\theta$  de cerca de  $0,5^\circ = 0,5 \pi/180$  radianos =  $8,727 \times 10^{-3}$  rad, o diâmetro da imagem solar será

$d = f \times \theta$ , com  $\theta$  expresso em radianos e  $d$  nas mesmas unidades de  $f$ . Por exemplo, se  $f = 15$  cm, obtemos

$$d = 15 \times 8,7270 \times 10^{-3} = 0,13095 \text{ cm} \approx 1,31 \text{ mm}.$$

Com lentes do mesmo diâmetro e distâncias focais sucessivamente maiores, o diâmetro da imagem solar será cada vez maior e a convergência acabará por ser insuficiente para incendiar o papel. Por exemplo, uma lente de 6 cm de diâmetro ( $D$ ) e 15 cm de distância focal<sup>1</sup> exposta ao Sol consegue incendiar um papel, dado que a luz que atravessou a lente cuja área é  $A_1 = \pi \times 3^2 \approx 28,27 \text{ cm}^2$  convergirá num pequeno círculo de 0,131 cm de diâmetro, de área muito menor,  $A_2 = \pi (0,0655)^2 \approx 0,0135 \text{ cm}^2$ . Neste caso,  $A_1/A_2 = 28,27/0,0135 \approx 2094$ . Consegue-se nesta situação aumentar a concentração de energia em mais de duas mil vezes.

Porém, se uma lente do mesmo diâmetro tiver, por exemplo, 1 m de distância focal (100 cm) muito dificilmente incendiará um papel, pois a imagem do Sol por ela produzida no papel terá o diâmetro  $d'$  dado por

$$d' = 100 \times 8,7270 \times 10^{-3} = 0,8727 \text{ cm} \approx 8,73 \text{ mm}.$$

<sup>1</sup> Um parâmetro útil é a relação focal  $f/D$ , quociente da distância focal da lente pelo diâmetro, expressos nas mesmas unidades. Neste exemplo, com  $f = 15$  cm e  $D = 6$  cm,  $f/D = 15/6 = 2,5$ . No caso de fontes luminosas não pontuais (como é o caso do Sol), e para uma dada fonte, a concentração de luz no plano focal é inversamente proporcional ao quadrado de  $f/D$ . Como é óbvio, esta grandeza é adimensional.

A concentração de energia no papel, na pequena área ocupada pela intensa imagem solar, seria  $(60/8,73)^2 = 47,24$  vezes superior àquela que chegaria à mesma área de papel sem o auxílio da convergência da lente: daí a maior dificuldade em incendiar o papel. Mas se a lente tivesse 2 m de distância focal (com o mesmo diâmetro), então o diâmetro da imagem solar seria  $2 \times 8,73$  mm e o factor de concentração valeria apenas 11,81: o papel não arderia de modo algum.

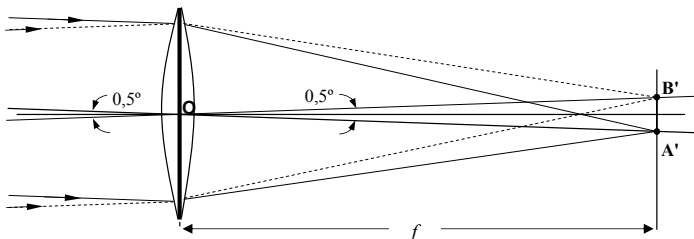


Fig. 1 - Os raios luminosos emitidos do bordo superior do Sol, A, e do bordo inferior, B, produzem no plano focal da lente as imagens conjugadas A' e B', respectivamente. A medida do segmento AB é o diâmetro da imagem do Sol. O ângulo A'ÔB' é evidentemente o diâmetro aparente do Sol (Guilherme de Almeida 2013).

## 2. O caso da estrela Sírio<sup>2</sup>

Será que, com uma lente adequada, se conseguiria incendiar um papel usando a luz de Sírio? É o que vamos ver. A magnitude aparente de Sírio é  $-1,5$  e a do Sol vale  $-26,8$  [1]. A razão entre os fluxos luminosos recebidos por unidade de área sobre a Terra (iluminações), para o Sol ( $E_{\text{Sol}}$ ) e para Sírio ( $E_{\text{Sírio}}$ ) será

$$\frac{E_{\text{Sol}}}{E_{\text{Sírio}}} = 2,512^{(m_{\text{Sírio}} - m_{\text{Sol}})} = 2,512^{[-1,5 - (-26,8)]} = 2,512^{25,3},$$

ou seja 
$$\frac{E_{\text{Sol}}}{E_{\text{Sírio}}} = 1,320 \times 10^{10} \quad (1)$$

Assim sendo, a lente necessária para se poder queimar o papel com a luz de Sírio deveria ter uma área colectora  $1,320 \times 10^{10}$  vezes maior do que aquela que queima um papel com a luz do Sol. E uma relação de áreas de  $1,320 \times 10^{10}$  significa uma relação de diâmetros de

$$\sqrt{1,320 \times 10^{10}} = 1,149 \times 10^5$$

Logo, se a menor lente que permite incendiar um papel com relativa rapidez tiver 6 cm de diâmetro, usando a luz do Sol, a lente capaz de fazer o mesmo com a luz de Sírio deveria ter um diâmetro

$$D' = 6 \times 1,149 \times 10^5 = 689\,348 \text{ cm} \approx 6,893 \text{ km.}$$

À parte a dificuldade construtiva, e pondo de lado a dificuldade em arranjar tanto vidro, essa enorme lente com cerca

<sup>2</sup> Sírio ( $\alpha$  do Cão Maior) é a estrela de maior brilho *aparente* em todo o céu, a seguir ao Sol. Trata-se pois da mais forte candidata, a seguir ao Sol, à experiência conceptual que pretendemos desenvolver. É uma das estrelas mais próximas de nós (está a 8,7 anos-luz) e é intrinsecamente 21 vezes mais brilhante do que a nossa estrela. Note-se que a distância de 8,7 anos-luz é 550 000 vezes maior do que a distância média da Terra ao Sol.

de 6,9 km de diâmetro incendiaria o nosso papel, e convém saber que a relação focal da lente gigante seria a mesma da lente pequena (porque o factor de escala é linear), assegurando os nossos resultados<sup>3</sup>. O problema parece resolvido. Mas estará mesmo resolvido?

## 3. Dificuldades inesperadas

Sendo pequena a lente usada para o Sol, a sua espessura é pouco significativa, da ordem de 0,8 cm. Quase não absorve radiação luminosa. Porém, ao passar para a “lente de Sírio”, aumentámos essa lente cerca de  $1,15 \times 10^5$  vezes em diâmetro, o que significa aumentar a sua espessura pelo mesmo factor, o que nos leva para uma espessura colossal de  $0,8 \times 1,15 \times 10^5$  cm, aproximadamente 90 000 cm (ou seja, 0,9 km). Como o vidro óptico mais vulgar, o *crown* absorve cerca de 1 % da radiação por cada centímetro de espessura (transmite 99 %). Uma espessura de 90 000 cm transmitirá

$$0,99^{90\,000} \approx 1,47 \times 10^{-393},$$

ou seja, uns míseros  $1,47 \times 10^{-393}$  %, ou ainda, dito de outra forma, apenas passará uma parte em  $6,8 \times 10^{392}$  ! A lente seria praticamente opaca, e para melhor nos apercebermos disso basta recordar que o filtro clássico para observação visual do Sol em luz branca transmite uma parte em  $10^5$ . Esta lente absorveria o equivalente a 79 filtros destes, colocados

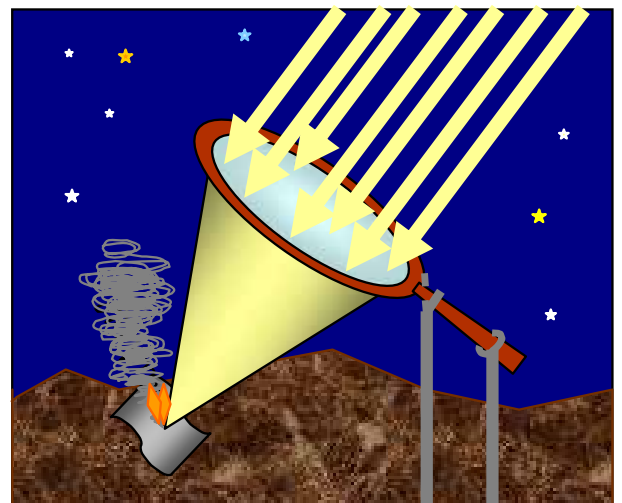


Fig. 2 - Uma lente colossal que resulta numa solução impossível (Guilherme de Almeida 2013).

<sup>3</sup> Em rigor, deveríamos incluir o diâmetro aparente de Sírio (visto da Terra) nos nossos cálculos. No entanto tal diâmetro aparente (ou diâmetro angular) é incrivelmente pequeno:  $0,005936''$ , ou seja, aproximadamente  $1/300\,000$  do diâmetro aparente do Sol. Nesse caso, a imagem de Sírio não será resolvida no plano focal da lente, pois o disco de Airy será muito maior do que a hipotética imagem de Sírio no plano focal. Assim sendo, e desprezando aberrações ópticas, a luz de Sírio iria concentrar-se num pequeno disco iluminado com o diâmetro do disco de Airy (e uma parte ainda menor, que desprezaremos, nos anéis de difracção). Como a lente é praticamente opaca, o problema deixa de se colocar. Mas retomaremos a questão mais adiante, na hipótese de usar um espelho côncavo.



em série à passagem da luz! Perante isto, podemos desprezar justificadamente as perdas por reflexão na primeira e segunda superfícies dessa lente, que são de uns meros 5 % por face! Sendo a lente praticamente opaca, apesar de ter a área colectora de luz necessária aos requisitos, é óbvio que não cumpriria os nossos objectivos, mesmo que pudesse ser construída. Esta solução revela-se impossível.

Tudo isto para não falar na massa de vidro necessária para fabricar essa lente, que será  $(1,15 \times 10^5)^3 \approx 1,5 \times 10^{15}$  vezes superior à massa da lente pequena. Valendo esta última uns modestos 60 g (isto é, 0,060 kg), a lente gigantesca teria, já pronta e desbastada,  $0,060 \times 1,5 \times 10^{15}$  kg, algo como 90 mil milhões de toneladas de vidro. Impossível segundo qualquer ponto de vista.

#### 4. Uma solução possível, pelo menos em princípio

Dada a impossibilidade funcional da lente acima referida, mesmo que fosse construída, por excessiva absorção da luz, resta a possibilidade de utilizar um enorme espelho parabólico. Esse espelho imenso precisaria de ter os referidos 6,9 km de diâmetro, ou seja, um diâmetro 22,6 vezes superior ao do gigantesco radiotelescópio de Arecibo (que tem 305 m de diâmetro). Para dar uma perspectiva mais realista, convém sublinhar que num círculo de 6,3 km de diâmetro cabem 5713 campos de futebol.

Não precisamos de nos preocupar com o diâmetro da imagem de Sírio no papel. Tal diâmetro nunca seria demasiado grande, pois o diâmetro *aparente* desta estrela é apenas 0,005936", ou seja, menos de 1/300 000 do diâmetro aparente do Sol (em rigor 1/303234). Portanto, a imagem de Sírio, focada no papel, seria sempre minúscula e na melhor das hipóteses determinada pela difracção e não pelo diâmetro aparente de Sírio. O diâmetro do disco<sup>4</sup> de difracção ( $\delta$ ) da imagem de uma estrela, no plano focal de um sistema óptico convergente, para o comprimento de onda  $\lambda$ , vale

$$\delta = \frac{2,44 \lambda f}{D}, \quad (2)$$

onde  $f$  é a distância focal do espelho e  $D$  o seu diâmetro [2].

A massa deste imenso espelho seria naturalmente colossal, não inferior à da lente acima referida (90 mil milhões de toneladas), exigindo recursos materiais imensos e dificuldades construtivas enormes. Se fosse possível construir esse espelho, incliná-lo apontando-o para Sírio e fazê-lo seguir esta estrela (outro desafio inesperado a ultrapassar, devido à sua enorme massa e dimensões), o sucesso seria

garantido, contrariamente à lente de que falamos antes. De facto, uma aluminização recente apresenta um factor de reflexão de 88 % seria eficaz, se pudesse ser construído.

#### 5. Refinando a solução, para uma conclusão mais realista

Na verdade, apurando o cálculo, o espelho não precisará de ser tão grande como acabámos de referir, pois (desprezando aberrações ópticas) a concentração de luz no plano focal será muito maior do que no caso do Sol visto que o disco de Airy é muitíssimo menor do que o diâmetro da imagem solar. Supondo  $f/D = 2,5$  e  $\lambda = 550 \text{ nm} = 550 \times 10^{-9} \text{ m}$ , o diâmetro do disco de Airy valerá

$$\delta = 2,44 \times 550 \times 10^{-9} \times 2,5 \text{ m} \approx 3,36 \times 10^{-6} \text{ m}.$$

Como o que nos interessa é a intensificação da concentração de energia e vimos que se requer que tal factor valha (a exemplo do verificado no início deste artigo) 2094, que *agora* deverá ser ainda multiplicado por  $1,320 \times 10^{10}$ , que é a razão entre o fluxo luminoso que chega a cada  $\text{cm}^2$  do espelho exposta à luz do Sol relativamente ao que sucede com igual área do espelho, exposta à luz de Sírio, para que se obtenha a mesma concentração final de energia, no papel (como se mostra na Eq. 1). A *área* do espelho (desprezando perdas por reflexão) deverá ser  $2094 \times 1,320 \times 10^{10} = 2,764 \times 10^{13}$  vezes superior à do disco de Airy, ou seja, o diâmetro do espelho deverá ser

$$D = \delta \sqrt{2,764 \times 10^{13}} \approx 5,26 \times 10^6 \delta, \quad (3)$$

o que nos conduziria a  $D \approx 17,8 \text{ m}$ .

Antes que nos entusiasmemos, empolgados com este resultado ideal, convém saber que a turbulência atmosférica, fazendo variar rapidamente a direcção dos raios luminosos, espalha-os no plano focal segundo um disco que raramente corresponderá a menos de 2" de diâmetro aparente no céu (correspondendo a resoluções da ordem de 1"), o que já nos coloca, por efeito da turbulência, na situação de fonte extensa, pelo que deveremos refazer o cálculo para um diâmetro aparente de 2" ( $2'' = 9,70 \times 10^{-6} \text{ rad}$ ) e já não para o disco de Airy. Por exemplo, para um espelho de 5 metros de distância focal, o disco de difusão no plano focal apresenta um diâmetro  $d''$ , de

$$d'' = 9,70 \times 10^{-6} \text{ rad} \times f = 9,70 \times 10^{-6} \times 5 \text{ m} = 4,85 \times 10^{-5} \text{ m}. \quad (4)$$

Para assegurar a concentração de energia requerida, o diâmetro do espelho deverá ter  $5,26 \times 10^6$  vezes superior a este, ou seja valerá

$$D'' = 5,26 \times 10^6 \times 4,85 \times 10^{-5} \text{ m} \approx 255 \text{ m}. \quad (5)$$

Como um espelho aluminizado apenas reflecte 88 % do fluxo luminoso nele incidente, precisaremos de o fazer um pouco maior, com o diâmetro  $D''' > D''$ , para compensar as perdas por reflexão e obter a concentração final de energia que desejamos. A sua nova área deverá ser  $1/0,88 \approx 1,14$

<sup>4</sup> Mais rigorosamente o diâmetro do primeiro anel escuro da figura de difracção. O conceito é abordado na Ref. [2].

vezes maior e o novo diâmetro<sup>5</sup>, deverá ser

$$D''' = \sqrt{1,14} D'' \approx 1,07 D'' . \text{ Obtemos então } D''' = 1,07 \times 255 \approx 273 \text{ m.}$$

Este espelho, embora já não seja tão gigantesco como o do primeiro cálculo, precisaria de ter uma distância focal muitíssimo pequena em relação ao seu diâmetro. Ou seja, uma relação focal  $f/D = 5/273 \approx 0,018$ . Seria extremamente “cavado” e praticamente impossível de construir. Para dar uma ideia concreta, basta referir que os espelhos de relação focal mais curta, que se fazem para telescópios têm  $f/D = 2$ . Não nos adianta aumentar-lhe a distância focal, pois o diâmetro do disco de maior concentração de energia aumentaria na mesma proporção (cf. Eq. 4), o que por sua vez iria obrigar-nos a aumentar o diâmetro do espelho de igual modo (cf. Eq. 5).

Se fosse possível construir este espelho, ultrapassando todos os factores complicativos no plano construtivo, seria finalmente possível queimar o tal papel à luz cintilante de Sírio, numa noite gélida de Inverno.

*Por decisão pessoal do autor, este artigo não está escrito segundo as regras do novo Acordo Ortográfico.*

<sup>5</sup> O leitor interessado pode refazer o cálculo relativo à lente, para caso de Sírio, tendo em conta o novo diâmetro da área de máxima concentração de luz, com ou sem turbulência (calculando para os diâmetros referidos). Chegará à conclusão de que essa lente teria um factor de transmissão tão baixo que ainda seria praticamente opaca.

## Referências

- [1] Ferreira, Máximo & Almeida, Guilherme de, “Introdução à Astronomia e às Observações Astronómicas”, Plátano Editora, Lisboa, 7.ª edição, 2004 (ISBN-978-972-770-267-1).
- [2] Almeida, Guilherme de, “Telescópios”, Plátano Editora, Lisboa, 2004 (ISBN-978-972-770-282-4).
- [3] Almeida, Guilherme de, “O Céu nas Pontas dos Dedos”, Plátano Editora, Lisboa, 2013 (ISBN-978-972-770-928-1). Para a localização de Sírio no céu nocturno.
- [4] Almeida, Guilherme de, “Roteiro do Céu”, Plátano Editora, Lisboa, 2010 (ISBN-978-972-770-243-5). Para a localização de Sírio no céu nocturno.



### Guilherme de Almeida

foi professor de Física e Química (até 2010) em cinco escolas secundárias e no Colégio Militar. Ensinou alunos de todos os níveis (8.º ao 12.º ano), principalmente 12.º ano. É autor de sete livros, nomeadamente “Sistema Internacional de Unidades”, “Roteiro do Céu”, “Telescópios”, “Galileu Galilei”

e “O Céu nas Pontas dos Dedos”, além de mais de 80 artigos. Interessa-se pela divulgação das observações astronómicas e da Física.

[www.platanoeditora.pt/?q=N/AUTHORSHOW/92&maid=292](http://www.platanoeditora.pt/?q=N/AUTHORSHOW/92&maid=292)

# Estações laboratoriais: uma aposta no ensino experimental

A. R. Mota<sup>1</sup>, José Manuel Lopes<sup>2</sup>, J. M. B. Lopes dos Santos<sup>1</sup>

<sup>1</sup> CFP e Departamento de Física e Astronomia, Faculdade de Ciências, Universidade do Porto

<sup>2</sup> Escola Secundária c/ 3.º ciclo Dr. Jaime Magalhães Lima - Esgueira

## Resumo

As aulas experimentais desempenham um papel central no ensino das Ciências. Contudo, vários estudos revelam subutilização e fraca envolvência procedimental e cognitiva dos alunos na sua realização. Foi desenvolvido e testado um modelo de ensino experimental baseado em estações laboratoriais. Neste artigo, caracterizam-se as estações laboratoriais, indicam-se as suas principais vantagens e apresentam-se alguns exemplos. São ainda analisadas as opiniões de 51 alunos do ensino básico sujeitos a este modelo, durante um ano letivo.

## I. Introdução

As atividades laboratoriais (AL's) têm um forte potencial no ensino da física [1,2], que importa rentabilizar. Vários modelos de aulas laboratoriais foram já estudados e testados no sentido de desenvolver nos alunos competências essenciais, como a capacidade de observar, testar hipóteses ou mesmo planificar e executar experiências que permitam investigar novos fenómenos e resolver problemas do quotidiano [2,3].

Contudo, vários estudos revelam que o trabalho laboratorial é pouco utilizado em sala de aula. Este fenómeno prende-se com vários fatores, entre os quais se destaca a falta de tempo por parte dos docentes para a sua preparação e implementação. A falta de material nas escolas é outro dos motivos apontados, assim como o tempo necessário para a sua realização comprometer o cumprimento dos programas. A estes fatores acresce a dificuldade sentida pelos professores em controlar e avaliar os alunos neste tipo de aulas.

Contrariamente ao preconizado no Ensino Secundário em Portugal, em que as AL's são de carácter obrigatório, no Ensino Básico a "liberdade" das orientações curriculares deixa antever um menor recurso a aulas laboratoriais. Por um lado, esta realidade compromete o desempenho dos alunos

no Ensino Secundário e, por outro, impossibilita alunos que não sigam o curso de Ciências e Tecnologias de desenvolverem competências essenciais que o ensino experimental promove.

As metas de aprendizagem, introduzidas em 2010 no Ensino Básico (EB), realçavam a importância das AL's, apelando à sua realização. No documento publicado pelo Ministério da Educação [4], esta aspiração torna-se visível ao sugerir-se que o aluno explique, "recorrendo também a simulações", revele "pensamento científico (prevendo, planificando, experimentando, ...)", interprete "em situações laboratoriais concretas" e planifique e execute um "miniprojeto prático" ou "explique, com base na planificação e realização de experiências".

## II. Estações laboratoriais

As dificuldades sentidas pelos professores na realização de AL's podem ser ultrapassadas se realizarem estações laboratoriais. Este modelo destaca-se pelo seu carácter dinâmico e plural, distanciando-se das clássicas aulas experimentais em que os alunos realizam simultaneamente a mesma atividade, o que exige repetição de material e limita a quantidade e qualidade de atividades ao longo do ano.

Neste modelo, o laboratório (sala de aula) é geralmente organizado em quatro bancadas (mesas), com uma estação laboratorial diferente. Os estudantes, divididos em grupos de três ou quatro elementos, percorrem sucessivamente as estações laboratoriais, durante uma só aula, cumprindo diferentes atividades/tarefas práticas previstas, ao mesmo tempo que apresentam as suas respostas numa ficha/documento orientador elaborada(o) pelo professor.

Por questões logísticas todas as estações devem ser independentes e ter aproximadamente a mesma duração para facilitar a rotação dos grupos. Por conseguinte, todas as estações têm um tempo pré-definido (geralmente de dez a quinze minutos) o que permite dinamizar a aula, intensificar a cooperação entre os elementos do grupo e a capacidade de decisão. A função do professor é monitorar o trabalho de cada grupo, ajudando os alunos sempre que necessário e procurando que estes se tornem independentes.



Fig. 1 - Em algumas estações laboratoriais, nomeadamente quando é necessário fazer simulações, torna-se imprescindível que a avaliação seja feita na própria aula. (a) O aluno encontra-se a simular um eclipse da Lua para um habitante dos EUA. O retroprojetor simula o Sol. (b) Os alunos dispõem os globos de forma a simular as estações do ano para um habitante no hemisfério norte.

Na ficha laboratorial são apresentadas as questões a responder, inseridas em contextos sócio-científicos e/ou situações-problema, eventuais procedimentos e indicações de perigos e segurança, entre outro tipo de informação. Algumas das respostas solicitadas aos alunos podem ser escritas ou incluir a realização de simulações e/ou produção de factos a apresentar oralmente ao professor que avalia, imediatamente, o desempenho do(s) aluno(s) e/ou do grupo (Fig. 1).

As respostas dadas, algumas em tempo real, informam o professor das aprendizagens conseguidas e/ou a necessitar de serem revisitadas por parte dos alunos em aulas posteriores. Por outro lado, o professor ao supervisionar os alunos nas diversas atividades, pode avaliar o modo como os alunos manipulam, interagem, discutem ideias, aplicam e constroem conhecimento, indicadores formativos importantíssimos e que, alguns deles, não se detectam e avaliam com testes de papel e lápis.

O material utilizado em cada estação laboratorial está organizado num *kit* específico que pode incluir a sua listagem e uma figura legendada com a montagem prática esperada, o que facilita a distribuição, arrumação e controlo do material aquando da sua recolha (Fig. 2). Os materiais comuns a várias estações laboratoriais, como por exemplo



Fig. 2 - Cada aula laboratorial tem um *kit* próprio, que está organizado por estações laboratoriais.

os instrumentos de medida, são colocados em *kits* ou armários próprios. Este material fica arrumado e pronto a ser usado em utilizações posteriores e por vários professores.

Na maioria das situações é suficiente um exemplar de cada aparelho/material uma vez que os alunos percorrem todas as estações. Este facto permite aprender ciência com pouco material e com ampla variedade de atividades, contribuindo para o desenvolvimento de diferentes competências e aumentando a probabilidade de ocorrerem e de se consolidarem aprendizagens. O material envolvido deve ser, sempre que possível:

- de baixo custo. No entanto, há instrumentos de medida ou materiais/equipamentos laboratoriais insubstituíveis;
- simples e conhecido do aluno, evitando que se centre em aspectos técnicos irrelevantes, desviando a atenção do aluno daquilo que é essencial e solicitado;
- de fácil manuseamento e que não ofereça elevados riscos de segurança. Quando isso não for possível devem constar no *kit* as instruções técnicas, se possível ilustradas, e informação essencial sobre riscos e regras de segurança a adoptar aquando do seu manuseamento.

Os alunos podem realizar tarefas simples, como manipular materiais e equipamentos, observar, medir, registar dados, aplicar técnicas laboratoriais, mas também proceder a tarefas mais complexas envolvendo todos os passos do raciocínio científico, como testar hipóteses ou mesmo planear e executar experiências para investigar um fenómeno, no sentido de dar resposta a uma questão-problema relevante. Seguem-se, como exemplo, três das quatro estações laboratoriais que compõem a atividade laboratorial: “Que lentes uso, Sr. Doutor?”, relacionada com o fenómeno da refração, para alunos do 3.º ciclo do EB. As estações apresentam diferentes

graus de abertura e cada uma tem duração de 10 minutos [5].

### Estação Laboratorial 1

1. As doenças dos olhos e do sistema visual afetam grande parte da população. Observa a montagem que tens na tua bancada (Fig. 3).

- 1.1 Que tipo de lente é o cristalino? Justifica.
- 1.2 Em que região do olho se forma a imagem dos objetos?
- 1.3 Qual o problema de visão apresentado na tua bancada?
- 1.4 Qual a principal consequência do problema anterior?
- 1.5 Mede a distância focal no exemplo apresentado.
- 1.6 Calcula a potência da lente.
- 1.7 Tendo em atenção a resposta anterior, e utilizando o material que dispões, tenta corrigir o problema de visão apresentado. Quando tiveres terminado chama o professor para avaliar a proposta apresentada.



Fig. 3 - Bancada da Estação Laboratorial 1, inserida na atividade laboratorial: "Que lentes uso, Sr. Doutor?"

### Estação Laboratorial 2

1. Muitas das doenças dos olhos podem ser corrigidas com óculos ou lentes de contato. Planifica e executa uma investigação no sentido de saberes se os óculos presentes na tua bancada são adequados para corrigir o problema relativo à receita médica apresentada.



### Estação Laboratorial 3

1. Considera a montagem presente na tua bancada constituída por uma lente, uma vela e um ecrã. Acende a vela.

- 1.1 Identifica o tipo de lente presente.
- 1.2 Qual é o objeto cuja imagem se pretende estudar?
- 1.3 A imagem da vela forma-se... (seleciona a opção correta)
  - (A) à frente da lente.
  - (B) atrás da lente.
  - (C) no ecrã (alvo).
  - (D) depende da posição da vela relativamente à lente.

1.4 Coloca a lente a uma distância da vela, de forma a conseguires ver a imagem da vela nítida no ecrã. Se removeres a lente da montagem experimental anterior, deixando a vela e o ecrã no mesmo sítio, continuarás a ver a imagem no alvo? Justifica.

1.5 A imagem anterior é real ou virtual? Justifica.

1.6 Supõe que cobres a parte de cima da lente com um cartão preto. Haverá alguma alteração na imagem vista por ti no ecrã? Realiza a experiência anterior e tira conclusões.

1.7 Haverá alguma alteração na imagem se aproximares o ecrã da lente? Justifica.

As estações laboratoriais podem ser aplicadas em qualquer



nível de ensino, com maior ou menor grau de abertura e exigência, consoante a especificidade de cada ano, turma ou conteúdos programáticos. O facto das aulas laboratoriais serem periódicas (de preferência semanal ou quinzenal) faz com que as estações laboratoriais sejam relativas ao mesmo conteúdo/fenómeno.

Fig. 5 - Bancada da Estação Laboratorial 3, inserida na atividade laboratorial: "Que lentes uso, Sr. Doutor?"

ÓCULOS						
DP Longa			DP Perto			
	OD		OE			
	Est.	Cil.	Est.	Cil.	Est.	Eixo
Longin	+2.00		-1.50			
Perto						

Fig. 4 - (a) Bancada da Estação Laboratorial 2, inserida na atividade laboratorial: "Que lentes uso, Sr. Doutor?" (b) Receita médica incluída na ficha laboratorial.

A possibilidade de integrar simulações/demonstrações virtuais é outra das vantagens deste modelo. Estudos revelam que a combinação de atividades práticas laboratoriais e simulações virtuais traz mais vantagens do que a realização isolada de cada uma delas, no que respeita a uma aprendizagem mais significativa [6]. As simulações em computador, em determinados contextos, representam uma mais-valia. Permitem, por exemplo, que alunos observem/realizem determinados processos que comprometem a sua segurança, excluem (ou escondem) elementos irrelevantes ou potencialmente causadores de interpretações indesejadas, permitem a “visualização” de processos macroscopicamente invisíveis e destacam pormenores pedagógica e cientificamente mais relevantes. A principal vantagem do uso de uma simulação/demonstração virtual numa estação laboratorial é que, no caso de existirem poucos computadores disponíveis, todos os alunos podem aceder a este recurso equitativamente ao rodarem pela estação.

Devido à sua natureza, as estações laboratoriais permitem que a sala de aula constitua um espaço de oportunidades para que os alunos possam mobilizar os seus interesses, saberes, estratégias de aprendizagem e experiências anteriores. Este modelo favorece as atitudes de escuta, a capacidade de expressão, a troca de ideias, a negociação, o respeito e a tolerância, permitindo um processo de construção pessoal do conhecimento modelado por fatores cognitivos e não-cognitivos. A possibilidade de partilhar conhecimento conceptual e processual reveste-se de primordial importância, não só porque muitas das dificuldades sentidas pelos alunos podem ser resolvidas mais rápida e eficazmente pelos seus pares [7], como também propicia a aprendizagem do valor do diálogo e da cooperação.

A formação de grupos homogéneos por competências e conhecimentos, apesar de não ser consensual, encoraja a participação e fortalece as interações no grupo, na medida em que o “poder do conhecimento” não é assumido por nenhum dos elementos do grupo. Também permite ao professor apoiar e supervisionar grupos que apresentem mais dificuldades. O mesmo não acontece em grupos heterogéneos em que o aluno com maior nível de desenvolvimento de competências acaba por inibir o pensamento e a ação de outros, e conseqüente desenvolvimento, tendendo a centrar em si a realização das tarefas a fim de conseguir uma boa classificação.

### III. Opinião dos alunos/ Principais reflexões

Na apresentação das estações laboratoriais foram destacadas algumas vantagens na sua implementação, como seja, racionalização do tempo despendido pelo professor na preparação e arrumação do material, versatilidade de tarefas, racionalização do material, rentabilização do tempo de aula, versatilidade relativamente ao nível de ensino e aos conteúdos programáticos, avaliação formativa sistemática, possibilidade de integração de simulações/demonstrações virtuais e promoção do trabalho de grupo.

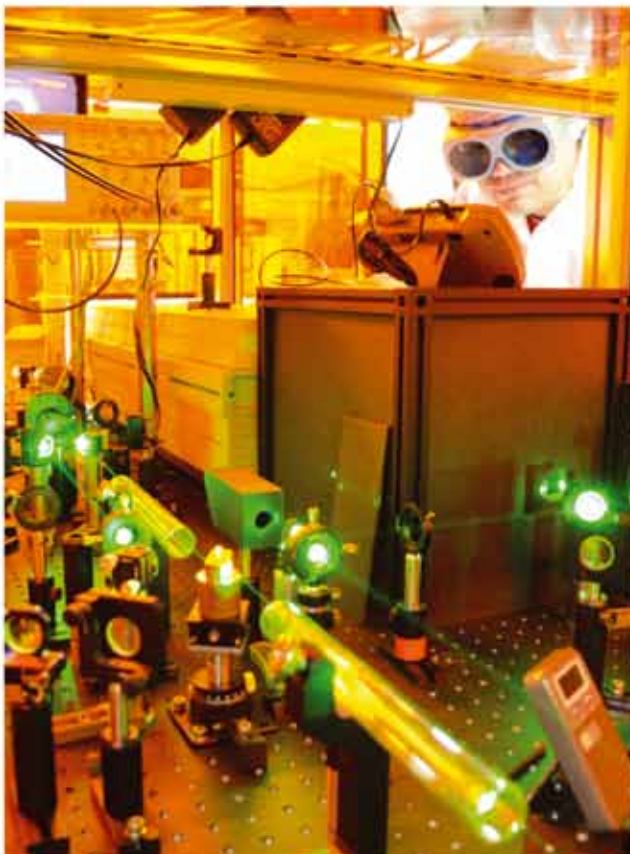
Este modelo promove o envolvimento mais ativo dos alunos no processo de ensino/aprendizagem, o que permite o aumento do índice de atenção por parte destes. Este fator aliado à ausência de tempos de espera, à versatilidade das tarefas, ao ritmo associado à rotação das estações e à possibilidade de trabalhar em grupo, motiva os alunos e promove a mobilização das aprendizagens ao nível afetivo, cognitivo e psicomotor.

Num inquérito por questionário feito a 51 alunos do 7.º ano (12 anos), que durante um ano foram sujeitos a este modelo, 74,5 % afirmam que aulas teóricas e laboratoriais alternadamente constituem o modelo que mais contribui para a sua formação (15,7 % defende a existência de apenas aulas laboratoriais e 5,9 % de aulas teóricas). A grande maioria (84,9 %) afirma que a realização deste tipo de aulas contribuiu para gostarem mais da disciplina de Físico-Química e uma percentagem de alunos apreciável (62,7 %) defende que a existência de um tempo fixo para realizar cada estação faz aumentar o ritmo de trabalho do grupo. Relativamente à avaliação, 70,6 % dos alunos defende a avaliação destas aulas e 82,4 % considera que nas aulas laboratoriais o professor conseguiu promover um ensino mais personalizado pelo facto de ir rodando pelos grupos, esclarecendo dúvidas.

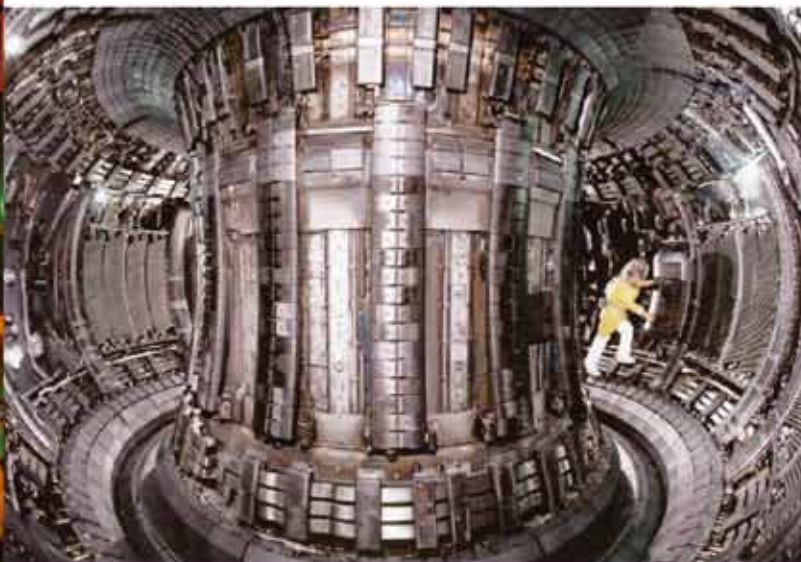
A conclusão supracitada contraria as principais conclusões de um alargado estudo realizado em Portugal [8], em que os alunos consideravam mais eficazes as estratégias de ensino centradas no professor.

#### Referências

1. E. Etkina, A. Karelina, M. Ruibal-Villasenor, “How long does it take? A study of student acquisition of scientific abilities”, *Phys. Rev. ST Phys. Educ. Res.*, 4(2), 0201108 (2008).
2. E. Etkina, S. Murthy, X. Zou, “Using introductory labs to engage students in experimental design”, *American Journal of Physics*, 74(11), 979-986 (2006).
3. L. C. McDermott, “Physics by Inquiry”, John Wiley & Sons (1996).
4. Ministério da Educação, “Metas de aprendizagem” (<http://metas.corefactor.pt/ensino-basico/metas-de-aprendizagem/metas/?area=31&level=6>).
5. Ver <http://faraday.fc.up.pt/Faraday/Members/anarita/>
6. T. Jaakkola, S. Nurmi, K. Veermans, “A comparison of students’ conceptual understanding of electric circuits in simulation only and simulation-laboratory contexts”, *Journal of Research in Science Teaching*, 48(1), 71-93 (2011).
7. P. Heller, R. Keith, S. Anderson, “Teaching problem solving through cooperative grouping. Part 1: Group versus individual problem solving”, *American Journal of Physics*, 60(7), 627-636 (1992).
8. A. Martins, A. Sampaio, A. P. Gravito, D. Martins, E. Fiúza, I. Malaquias, M. Silva, M. Neves, M. Valadares, M. Costa, M. Mendes, R. Soares, “Livro Branco da Física e Química”, Sociedade Portuguesa de Física e Sociedade Portuguesa de Química, Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa (2005).



ipfn INSTITUTO DE PLASMAS  
E FUSÃO NUCLEAR



## Instituto de Plasmas e Fusão Nuclear Ações de Formação 2013

### Inscrições abertas

### Lasers

8 a 12 de Julho de 2013

Candidaturas até 17 de Maio de 2013

### Fusão Nuclear

2 a 6 de Setembro de 2013

Candidaturas até 28 de Junho de 2013

O IPFN organiza em 2013 duas Ações de Formação destinadas a Professores do Ensino Secundário, com os temas **Lasers** (8 a 12 de Julho) e **Fusão Nuclear** (2 a 6 de Setembro).

As formações decorrerão no Instituto Superior Técnico, Lisboa, e incluem visitas a laboratórios estrangeiros, suportadas pelo IPFN.

Inscrições e mais informações em:

[www.ipfn.ist.utl.pt/formacoes2013](http://www.ipfn.ist.utl.pt/formacoes2013)

As Ações de Formação promovidas pelo IPFN em 2013 são acreditadas pelo CCPFC e são gratuitas.

Apoios:



AGÊNCIA NACIONAL  
PARA A CULTURA  
CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA





<http://en.wikipedia.org/wiki/File:Dieselrainbow.jpg>

## Como medir a espessura de um filme de óleo?

Constança Providência

### Material

- prato grande de vidro transparente
- papel quadriculado
- papel milimétrico
- azeite
- um alfinete fino
- pó de lycopódio<sup>1</sup> e doador de rede fina
- proveta de cerca de 100 ml
- contas pequenas de madeira
- argola de silicone
- craveira e régua

É frequentemente necessário utilizar métodos indiretos para efetuar a medição duma quantidade em Física. Vamos dar um exemplo. A matéria é formada por átomos, e estes de partículas ainda mais pequenas, os eletrões, os protões e os neutrões. O raio de um protão é cerca de 0,000 000 000 000 001 m. Como podes imaginar, não se pode medir o raio do protão com uma régua! É preciso utilizar métodos muito complicados, propostos e montados por físicos, para realizar esta medição.

Imagina um filme de óleo, uma fina camada de óleo em cima de água, como frequentemente aparece quando a es-

trada está molhada. Estes filmes apresentam cores muito bonitas quando o Sol incide neles.

Vamos descobrir como podemos determinar a sua espessura, muito maior que o raio do protão, mas demasiado fina para podermos usar uma régua. Na verdade, a espessura dum filme é inferior a um micrometro, a milésima parte de um milímetro.

Começaremos por testar o método com contas de madeira das que se utilizam para fazer colares. Precisamos de contas, de uma argola de silicone com cerca de 6 cm de diâmetro e de uma proveta. Coloca a argola sobre uma folha de papel e enche-a de contas de modo a teres uma única camada de contas (Figura 1). Deita as contas na proveta e mede o volume que ocupam (Figura 2). Mede também o diâmetro da argola. Com estas medições como poderás determinar o diâmetro de cada conta? Ora o volume ocupado pelas contas é sempre o mesmo quer as contas estejam na proveta ou dentro da argola. Neste último caso o volume é dado pela área limitada pela argola multiplicada pela altura da camada, ou seja o diâmetro de uma conta:

$$\text{volume} = \text{área} \times \text{diâmetro},$$

ou ainda,

$$\text{diâmetro} = \text{volume}/\text{área}.$$

<sup>1</sup> Pode ser adquirido numa farmácia.





Fig. 1

Medimos o volume das contas na proveta, o diâmetro da argola e obtivemos

$$\text{volume} = 25 \text{ cm}^3$$

$$\text{diâmetro da argola} = 6 \text{ cm.}$$

Calculámos a área da argola =  $28,3 \text{ cm}^2$ . Com estes dados obtivemos o diâmetro das contas =  $0,88 \text{ cm}$ . Medindo a conta com uma craveira obtivemos  $0,79 \text{ cm}$  (Figura 3). O nosso método indireto deu-nos uma estimativa muito boa.

Vamos agora aplicar este método à determinação da espessura de um filme de azeite em cima de água. Será apenas uma estimativa com mais incertezas que o cálculo do diâmetro da conta, mas vai-nos dar uma boa ordem de grandeza.

Coloca um prato de vidro com um diâmetro superior a  $30 \text{ cm}$  em cima de uma folha de papel quadriculado. Deita água no prato e polvilha a superfície com pó de licopódio. É importante usares o pó para facilmente identificares os limites do filme. Coloca o pó de licopódio até às extremidades do prato de modo a que limite sempre a zona da superfície com azeite.



Fig. 3



Fig. 2

Mergulha um alfinete fino em azeite e verifica que quando o retiras pequenas gotas de azeite escorregam pelo alfinete e caem. Deita uma destas gotas no centro do prato com água e vê o que acontece ao pó de licopódio. Verás que se forma uma figura mais ou menos irregular. Se fizeres incidir luz na superfície do prato verás que o pó limita uma fina camada de azeite com as cores do arco-íris.

Quando a figura tiver estabilizado determina a sua área contando os quadrados do papel quadriculado por baixo da figura. Se não tiver corrido bem da primeira vez repete. Para polvilhar a superfície de um modo uniforme usa um coador com uma rede fina. Antes de poderes calcular a espessura do filme ainda terás de fazer uma estimativa do volume da gota de azeite que deitaste sobre a água. Um modo possível é pedires a um colega para colocar uma folha de papel milimétrico vertical próxima do alfinete mergulhado em azeite. Vê a gota a formar-se e mede o seu diâmetro quando ainda está presa na ponta do alfinete. Esta medida permite calcular o volume da gota de azeite incluindo a ponta do alfinete, cerca de  $d^3/2$ . Estimando que o volume ocupado pelo alfinete é metade deste volume, obtemos para a gota de azeite metade do volume calculado,  $d^3/4$ .



Fig. 4

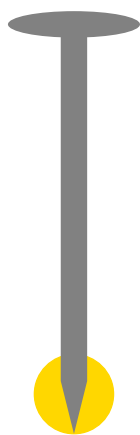


Fig. 5

Realizámos a experiência e obtivemos:

diâmetro da gota de azeite na extremidade  
do alfinete = 2 mm

área do filme de azeite = 158 quadrículas com  
5 mm de lado = 3950 mm<sup>2</sup>.

Agora podemos determinar a espessura da camada de azeite: espessura = volume da gota de azeite/ área da mancha de azeite =  $2/3950 = 0,000\ 506$  mm. Dizemos que tem uma espessura de 506 nanómetros. O nanómetro é uma medida de comprimento e obtém-se dividindo um milímetro em 1000 partes, e uma destas partes novamente em 1000 partes.

O valor obtido foi apenas uma estimativa. Há várias incertezas envolvidas na obtenção deste número. Quais? Como poderíamos melhorar o resultado?

Uma das maiores incertezas está certamente na estimativa do volume da gota de azeite, e uma segunda na determinação da área da mancha de azeite. Melhorar qualquer das duas vai melhorar os teus resultados.

A espessura deste filme de azeite é da mesma ordem de grandeza do comprimento de onda da luz visível e é por esse motivo que a mancha de azeite adquire as cores do arco-íris: são figuras de interferência. Poderás aprender mais tarde a explorar estas figuras para determinar com uma precisão maior a espessura do filme.

### Agradecimentos

Agradeço ao meu colega José António Paixão todas as dicas e o precioso pó de licopódio que poderá ser encontrado em farmácias. Agradeço ainda à minha colega Lucília Brito por todas as críticas e pela cuidadosa edição do texto.

### Para saber mais:

- [http://en.wikipedia.org/wiki/Thin-film\\_interference](http://en.wikipedia.org/wiki/Thin-film_interference)
- <http://www.nuffieldfoundation.org/practical-physics/estimating-size-molecule-using-oil-film>
- Prova experimental ap\_exp(1).pdf em <http://olimpiadas.spf.pt/apuramento/1999.shtml>

## Correspondência

### Heliografia extrema: Retificação

Recebemos do nosso leitor e colaborador Guilherme de Almeida um comentário relativo ao artigo “Heliografia extrema”, da autoria de Horácio Fernandes, publicado na última edição da Gazeta de Física (vol. 35, nº 2, pág. 33) e que transcrevemos:

(...) Há um interessante artigo de Horácio Fernandes (pp. 33-34), bem feito, mas com uma “aborrecida gralha” que merece reparo e rectificação. (...) Sensivelmente a meia altura da coluna esquerda da página 34, aparece isto: “Ter em atenção que a imagem do Sol não será pontual devido à qualidade do espelho, mas gerará uma imagem de poucos milímetros quadrados.”

Ora mesmo que o espelho fosse a perfeição absoluta e ainda que não houvesse aberrações, a imagem do Sol não se reduziria nunca a um ponto. Na verdade, para um espelho com 20 cm a 40 cm de distância focal (como o autor refere na pág. 33) a imagem do Sol seria um pequeno círculo de 1,75 mm de diâmetro (para  $f = 20$  cm) e de 3,5 mm de diâmetro (para  $f = 400$  mm). Nunca seria um ponto, pois o Sol, visto da Terra, não é uma fonte pontual, nem sequer aproximadamente.

Como nota justificativa, veja-se que:

- O diâmetro aparente do Sol, visto da Terra, é de cerca de  $0,5^\circ$ , ou seja,  $0,00873$  rad.
- Para uma distância focal  $f$ , expressa em milímetros, o diâmetro  $d$  da imagem, no “plano” focal do espelho será  $d = f \times 0,00873$  (mm).
- Por exemplo, para  $f = 200$  mm, o diâmetro da imagem do Sol, formada por esse espelho, seria  $d = 200 \times 0,00873 = 1,75$  mm.
- É um velho mito (aliás recorrente) a ideia de que com uma lupa os raios solares dela emergentes se concentram “num ponto”.



# FORMULÁRIO DE SUBMISSÃO DE ARTIGOS

ÁREA DE AUTOR

Se já está registado efectue login:

Email  Password

Ainda não está registado? Preencha o formulário abaixo para criar um registo e submeter o seu artigo:

AUTOR  EMAIL

TÍTULO DO ARTIGO  NÚMERO DE PÁGINAS

CARREGAR ARTIGO  no file selected (FORMATOS ACEITES: DOC, PDF, ODT, DOCX, LAT, TEX, JPEG, JPG, GIF, PNG, TIFF)

CARREGAR DECLARAÇÃO DE DIREITOS DE AUTOR  no file selected

[DECLARAÇÃO DE DIREITOS DE AUTOR \(DOCX\)](#) | [GUIA DE ESTILOS PARA AUTOR \(PDF\)](#) | [MODELO DE ARTIGO \(DAT\)](#)

MORADA INSTITUCIONAL

CÓDIGO POSTAL  CIDADE  PAÍS

## Informação para autores: novo sistema de submissão de artigos

A partir de 2013, a submissão de artigos para a Gazeta de Física passa a ser feita através de um novo formulário online. Este dá-lhe acesso a uma Área de Autor personalizada, a partir da qual poderá gerir todas as suas submissões.

### Instruções:

1. Aceder à página web da Gazeta de Física:  
<http://www.gazetadefisica.spf.pt>
2. Para aceder ao formulário, seguir a ligação:  
"Submeta o seu artigo aqui"
3. Se já está registado, faça login no topo da página para visualizar a sua Área de Autor
4. Se ainda não está registado, o registo é feito em simultâneo com a submissão do artigo
5. Preencher os seus dados de identificação, morada institucional e os dados do artigo
6. Carregar o ficheiro do artigo, tendo atenção aos formatos aceites
7. Carregar declaração de direitos de autor
8. Preencher dados da morada institucional
9. Submeter

Antes de submeter um artigo, tenha atenção aos seguintes pontos:

- Verifique que o seu artigo está de acordo com as recomendações do *Guia de Estilo para Autor*. Pode usar o ficheiro-modelo em Word para facilitar a elaboração do artigo. Ambos estes ficheiros estão disponível para descarregamento nesta página. Caso contrário, o artigo poderá ser devolvido para que efectue as correcções necessárias.
- Além do artigo, deverá submeter a *Declaração de Direitos de Autor* (também disponível nesta página), assinada e digitalizada.



Próxima Gazeta:  
Número especial  
**50 anos do**  
**Reactor Português de Investigação**