

O LHC vem aí!

O cérebro humano
em actividade

Grafeno: uma nova
electrónica?

Índice

- artigo geral
- 2 **O LHC** vem aí!
João Varela
- física sem fronteiras
- 8 **O cérebro humano em actividade:** investigação imagiológica por ressonância magnética funcional
Patrícia Figueiredo
- física e sociedade
- 13 **Impressões de uma cidade renascida:** Berlim, física e Max Planck
Ana Simões
- 17 **Divagações nocturnas** de um físico teórico
Michael Berry
- inovação
- 23 **Grafeno:** a base de uma nova electrónica?
Carlos Herdeiro
- entrevista a Ana Viana-Baptista
- 25 **Podemos prever** um tsunami?
Por Tânia Rocha
- crónica: pensamentos quânticos
- 28 **A teoria quântica** em 30 segundos
Jim Al-Khalili
- crónica: física divertida
- 29 **Landau,** um físico na prisão de Estaline
Carlos Fiolhais
- 30 **Notícias**
Filipe Moura, Tânia Rocha, Miguel Machado, Teresa Peña, José Paulo Santos, Isabel Cabaço, Pedro Abreu, Marta Lourenço
- gazeta ao laboratório
- 39 **Radioactividade** aspirada
Carmen Oliveira
Luís Peralta
- 41 **Laboratórios** para o século XXI
Maria da Conceição Abreu
- vamos experimentar
- 43 **Uma câmara** mágica
Constança Providência
- histórias e estórias
- 45 **A guerra** das estrelas
Gonçalo Figueira
- por dentro e por fora
- 47 **Entrevista** a Graça Carvalho
Por Teresa Peña
- sala de professores: entrevista a José António Paixão
- 50 **Projecto** Quark!
Por Gonçalo Figueira
- 52 **Cartoons**
- livros e multimédia
- 53 **O Estado** do Universo
José Matos
- 54 **Uma Paixão Humana** – O Seu Cérebro e a Música
Teresa Peña
- 55 **Física Relativista,** Mecânica e Electromagnetismo
Gonçalo Figueira
José Tito Mendonça
- onda e corpúsculo
- 56 **Energia** precisa-se
Teresa Peña

Publicação Trimestral Subsidiada



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



Editorial

Este primeiro número de 2008 da Gazeta de Física traz muitas notícias, do passado e do presente. Cobrimos comemorações, conferências, homenagens, testemunhos. Mas neste número cabe também muito futuro: novidades que se avizinham, entusiasmos, anúncios e prenúncios de progresso.

A primeira Gazeta de Física do ano tinha forçosamente de anunciar o maior, e muito desejado, acontecimento científico de 2008: a entrada em funcionamento do LHC, no CERN. Deste maior acelerador de partículas do mundo vai resultar muita física. A origem da massa, que está na base de toda a organização do universo, a começar pelo tamanho dos átomos, poderá finalmente ser esclarecida. É João Varela que nos conta a história, pois conhece bem os bastidores do LHC e o que se espera dos resultados.

Com promessas de muito futuro, também, temos o artigo de Patrícia Figueiredo, sobre as novas técnicas que, de forma não invasiva, capturam o funcionamento do cérebro. Este cruzamento da física com as neurociências vai certamente mudar a forma de o homem olhar para si próprio, abrir novos caminhos de intervenção clínica e tornar mais próxima a realidade do homem biónico. O ser humano está a mudar e cada vez mais não apenas através da evolução natural. No que respeita ao passado, em 2008 celebram-se os 150 anos do nascimento de Planck, que nos relata Ana Simões, directamente de Berlim, cidade efervescente a renascer da escuridão de um drama de meio-século. E

sobre um físico emblemático da Guerra fria, Lev Landau, cujos centenário de nascimento ocorre este ano, temos a crónica de Carlos Fiolhais e a notícia de Filipe Moura.

Quanto ao presente, é de não perder o artigo de Michael Berry sobre as tendências de gestão que se têm vindo a instalar silenciosamente nas universidades e instituições de investigação, bem como a entrevista a Graça Carvalho que fala da política energética europeia, e não só. Sobre o presente, eventualmente a transformar-se em futuro, é ainda o artigo de Carlos Herdeiro sobre novos semi-condutores, possível base de uma nova electrónica, e em cuja invenção participaram três portugueses.

Também de presente e futuro é a discussão de Conceição Abreu sobre recuperação de laboratórios escolares, e para animar os laboratórios, Carmen Oliveira e Luis Peralta propõem medir a radioactividade usando mesmo um aspirador! E José António Paixão disponibiliza *online* o projecto Quark, com jazz à mistura.

Por último, Gonçalo Figueira escolheu três livros para recomendar. Têm conteúdos e objectivos distintos: dois são de divulgação, o *Estado do Universo* de Pedro G. Ferreira, e *Uma Paixão Humana, o Seu Cérebro e a Música* de Daniel J. Levitin. O outro é um livro de texto *Física Relativista, Mecânica e Electromagnetismo* de Jorge Loureiro para o ensino de nível universitário. Merecem ser lidos ou consultados. E é bom sinal que dois deles tenham sido escritos por portugueses. Mais precisam-se!

Teresa Peña

Ficha Técnica

Propriedade

Sociedade Portuguesa de Física
Av. da República, 37 - 4º
1050-187 Lisboa
Telefone: 217 993 665

Equipa

Teresa Peña (Directora Editorial)
Gonçalo Figueira (Director Editorial Adjunto)
Carlos Herdeiro (Editor)
Filipe Moura (Editor)
Tânia Rocha (Assistente Editorial)
Ana Sampaio (Tradutora)

Secretariado

Maria José Couceiro
mjose@spf.pt

Colunistas e Colaboradores regulares

Jim Al-Khalili
Carlos Fiolhais
Constança Providência
Ana Simões

Colaboraram também neste número

Maria da Conceição Abreu
Ana Viana-Baptista
Michael Berry
Patrícia Figueiredo
José Matos
José Tito Mendonça
Carmen Oliveira
José António Paixão
Luís Peralta
João Varela

Design / Produção Gráfica

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

NIPC 501094628

Registo ICS 110856

ISSN 0396-3561

Depósito Legal 51419/91

Tiragem 2.000 Ex.

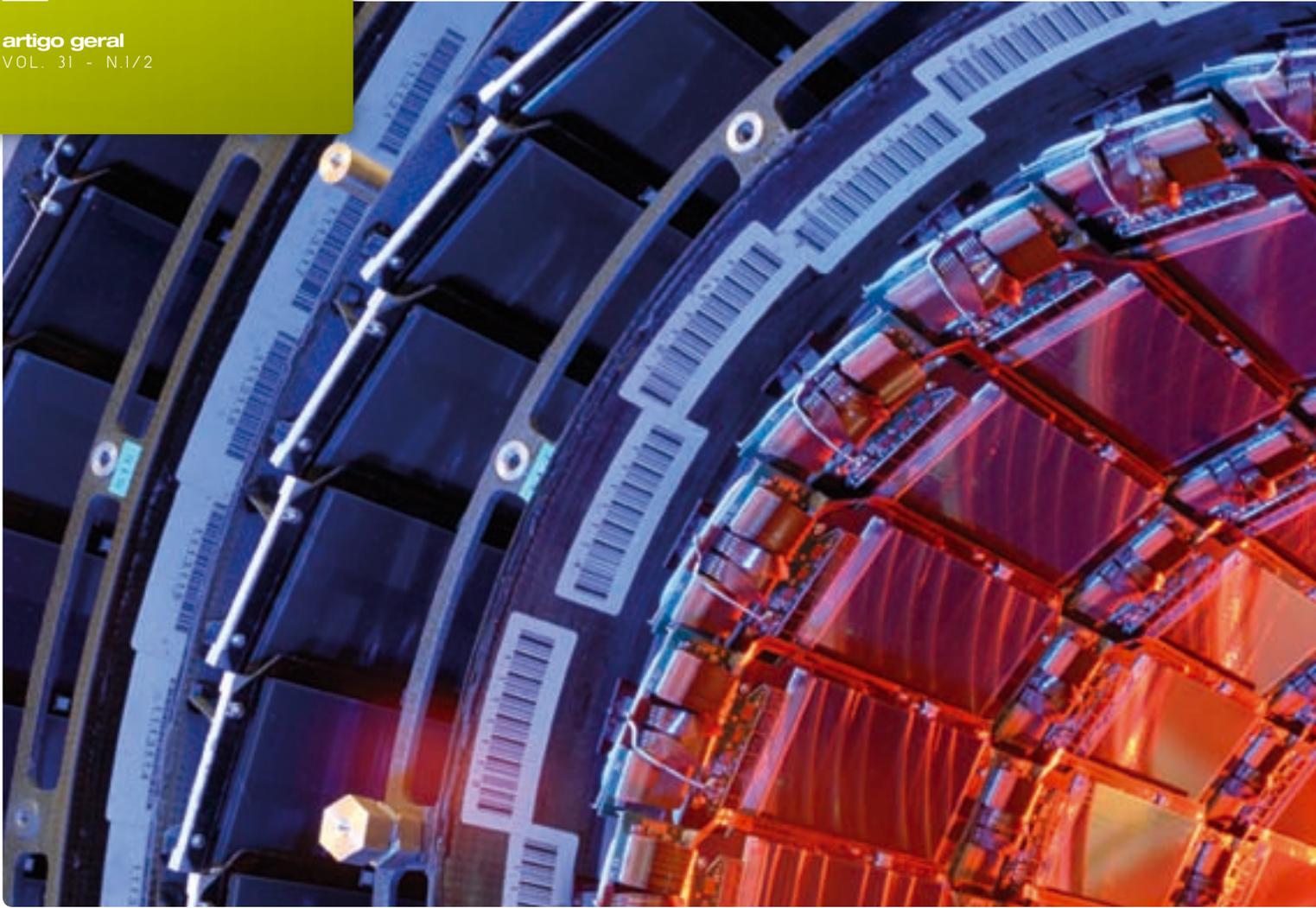
Publicação Trimestral Subsidiada

As opiniões dos autores não representam necessariamente posições da SPF.

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

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

Assinaturas Grátis aos Sócios da SPF.



O LHC vem aí!

João Varela

A DATA DA INAUGURAÇÃO DO LHC FOI DEFINIDA, SERÁ EM 21 DE OUTUBRO DESTE ANO. OS DIRIGENTES POLÍTICOS JÁ RESERVARAM ESTE DIA PARA CELEBRAR NO CERN OS PRIMEIROS FEIXES DE PROTÕES ACELERADOS A 7 TEV NO LARGE HADRON COLLIDER.

Collider, pois o objectivo do projecto é colidir protões em direcções opostas e observar o que daí resulta. *Hadron*, pois os protões e núcleos acelerados no LHC pertencem a esta categoria de partículas. *Large*, pois tudo neste projecto é grande, a começar pela ambição que animou a comunidade de física de partículas há cerca de vinte anos: construir um acelerador dez vezes mais energético e detectores dez vezes maiores e mais complexos do que já tinha sido feito. Pode-se argumentar que é o empreendimento científico mais ambicioso jamais tentado. O custo total parece gigantesco, cerca de cinco biliões de euros. O tempo necessário ultrapassa a escala humana, foram precisos vinte anos para conceber, projectar e construir as experiências, e outros



quinze a vinte anos serão necessários para as explorar completamente. Físicos que se iniciaram nestes projectos irão provavelmente terminar a sua carreira no mesmo projecto. Muitos estarão na reforma antes que os primeiros resultados sejam conhecidos.

O número de físicos e engenheiros envolvidos é muito superior ao das experiências anteriores no LEP¹ ou no Tevatron². Mais de duas mil pessoas participam em cada uma das duas experiências maiores no LHC, Atlas e CMS, e outras tantas nas duas outras experiências LHC-b e Alice. Três mil contribuem para o desenvolvimento do acelerador propriamente dito. No total cerca de dez mil cientistas trabalham para que estas experiências se realizem. Quem são estas pessoas?

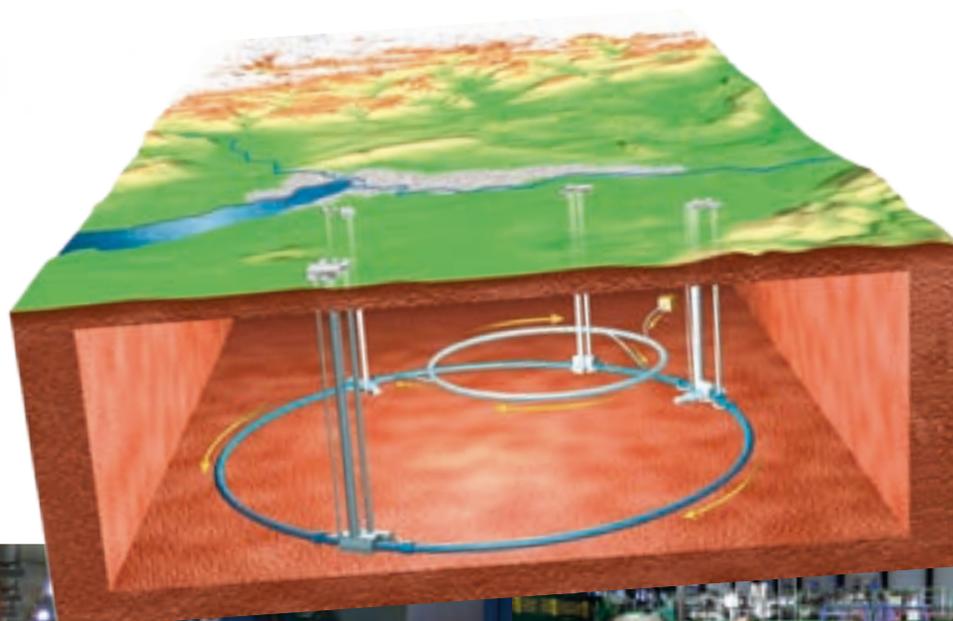
A maioria é europeia incluindo portugueses, bem entendido, mas há cerca de 20% de americanos e 10% de russos, e também há japoneses, chineses, canadianos, iranianos, indianos, turcos, etc., etc., sem reservas geopolíticas. A experiência CMS por exemplo é levada a cabo por uma colaboração

de 2200 cientistas de 160 universidades e institutos, em 36 nações! A sociologia deste grupo é fascinante. O que os motiva? Como se organizam? Que regras os regem? O que torna possível uma cadeia de responsabilidades operativa num mundo em que estão ausentes leis comerciais, interesses financeiros, garantias jurídicas, enfim tudo aquilo em se baseia o nosso bom mundo mercantilista? Deixo a resposta a quem queira um dia investigar a questão. Quaisquer que sejam essas razões o certo é que o sistema funciona!

Esta comunidade soube organizar-se numa miríade de projectos e sub-projectos nas mais diversas áreas tecnológicas, imbricados uns nos outros, para resolver centenas de desafios tecnológicos e científicos muitos deles aparentemente intransponíveis. Os obstáculos foram sendo sucessivamente vencidos ao longo dos anos, muitas vezes no quase anonimato, por núcleos de investigação normalmente de poucos indivíduos obstinados em resolver um certo problema. Um sofisticado sistema de comunicações apoiado na *Web* permitiu que a informação circulasse com a prontidão requerida. Uma fortíssima organização de *reviews*, implicando centenas de comissões, dezenas de milhares de reuniões, centenas de milhares de apresentações³, foi posta a funcionar para garantir que os objectivos eram atingidos. Neste universo

¹ O LEP é um colisionador de electrões e positrões que operou no CERN entre 1989 e 2001.

² O Tevatron é um colisionador de prótons e antiprótons a 1 TeV em operação no Fermilab, Chicago.



<http://multimedia-gallery.web.cern.ch>

nada é mais temível que um julgamento negativo dos pares.

A lista de inovações e desenvolvimentos tecnológicos realizados é infindável. Seria interessante que alguém um dia fizesse este levantamento e contasse a suas histórias. Permitiria entre outras coisas perspectivar mais claramente o custo do projecto. Aqui apenas podemos lembrar de memória alguns casos simbólicos.

Foi preciso inventar magnetos supercondutores capazes de fornecer um campo magnético suficientemente forte para manter em trajetória circular os prótons de 7 TeV ao longo dos 27 Km de perímetro do LHC. Foi necessário projectar e construir o maior sistema de criogenia jamais imaginado capaz de manter os milhares de magnetos ao longo do túnel do LHC a uma temperatura vizinha do zero absoluto com hélio superfluido.

Foi preciso projectar o maior solenóide supercondutor alguma vez construído, com seis metros de diâmetro, treze metros de comprimento e um campo magnético cem mil vezes mais intenso que o campo terrestre, para deflectir as trajetórias das partículas saídas das colisões e medir a sua energia na experiência CMS. Foi preciso inventar novos materiais, por exemplo o cristal de

tungstanato de chumbo para detectar electrões e fótons energéticos, constituído a 98% de metal mas perfeitamente transparente, e produzir a centena de toneladas necessária ao calorímetro electromagnético de CMS. Foi preciso desenvolver novos sensores, por exemplo fotodíodos por efeito de avalanche para a detecção dos flashes de luz de intensidade insignificante gerados nestes cristais. Foi preciso inventar uma tecnologia de *micro-chips* electrónicos capaz de suportar as doses de radiação enormes no seio dos detectores, muitas ordens de grandeza acima da radiação a que os circuitos nos satélites estão sujeitos.

Foi preciso projectar e construir sistemas electrónicos especiais, instalados em centenas de armários com milhares de módulos de electrónica e interconectados por dezenas de milhares de ligações ópticas e eléctricas, para fazer o *trigger* e a aquisição de dados das colisões todos os 25 bilionésimos de segundo. Foi preciso inventar um novo conceito de computação, a *Grid*, capaz de federar os computadores dispersos no planeta em centenas de centros de cálculo para processar os dados recolhidos, usando software de análise com milhões de linhas de código.

³ As agendas destas reuniões estão disponíveis em: <http://indico.cern.ch/>. A rubrica "experiments" contem agendas de 32844 reuniões num total de 21466 apresentações.



Imagine-se uma sala cheia de cientistas, conversando calmamente uns com os outros. Esta sala é como um espaço cheio com campos de partículas Higgs.



...Entra na sala um cientista de grande renome, uma verdadeira estrela, e à medida que atravessa a sala cria, naturalmente, a cada passo, uma aglomeração de admiradores, ansiosos por falarem com ele.



...Isto impede-o de percorrer a sala normalmente, criando-lhe uma resistência ao movimento, como se a sua massa aumentasse, tal como acontece a uma partícula que se move através de um campo de Higgs



...Se um rumor atravessa a sala,



... também produz um efeito de aglomeração, mas desta vez entre os próprios cientistas na sala. Estes aglomerados são como as próprias partículas Higgs.

Em geral, um campo em Física tem uma partícula associada. Por exemplo o campo electromagnético tem associado a partícula (de luz, visível ou invisível) a que chamamos fóton. Também deverá haver uma partícula (bóson Higgs) associada ao campo de Higgs. Descobrir esta partícula permitirá decidir sobre a hipótese da origem de massa das partículas no universo residir na interacção dessas partículas com o campo de Higgs. Este pode permear o espaço onde as partículas se movem. Assim, tal como acontece macroscopicamente, quando um objecto dentro de um líquido sente forças de viscosidade e tem mais dificuldade em deslocar-se, o campo de Higgs pode gerar a massa das partículas que viajam nesse espaço. Compreender a massa das coisas à nossa volta permite finalmente entender a estrutura e tamanho das mesmas: se a massa do electrão fosse mais pequena, por exemplo, átomos, moléculas, tudo, de um grão de poeira à maior galáxia, passando pelo sistema solar e por nós mesmos, seria tudo muito mais pequeno. E sem massa o universo não poderia mesmo organizar-se, consistindo num enxame confuso de partículas zigzagueando velozmente à velocidade da luz.

Em 1993, o ministro da Ciência do Reino Unido, William Waldegrave, desafiou os físicos a responder apenas numa página, à pergunta "O que é o bóson Higgs e porque é que o queremos encontrar?"

As quatro respostas que ganharam o desafio foram publicadas pela Physics World, vol. 6, número 9. Conheça essas respostas em: <http://www.phy.uct.ac.za/courses/phy400w/particle/higgs.htm>
Nota Editorial



<http://multimedia-gallery.web.cern.ch>

Foi preciso montar detectores mastodônticos, ATLAS com a altura de um prédio de dez andares e o comprimento de meio campo de futebol, CMS com o peso da torre Eiffel, integrando dezenas de milhões de sensores posicionados com precisão micrométrica, electrónica sofisticada que dissipa no interior do detector centenas de quilowatts, sistemas de arrefecimento que mantêm os detectores de silício a temperaturas muito baixas com uma estabilidade inferior a um décimo de grau Kelvin, circuitos criogénicos de hélio líquido para os magnetos supercondutores, centenas de milhares de ligações ópticas de alta velocidade, sistemas de distribuição de altas tensões, circuitos de gás para as câmaras de muões, sistemas de lasers para alinhamento dos sensores, monitores de temperaturas, de correntes, de pressões, de fluxos, etc., etc., formando um gigantesco puzzle 3D.

O que motivou esta comunidade de físicos a aceitar com entusiasmo um desafio científico e tecnológico de excessiva complexidade e a manter-se em estado excitado ao longo dos anos de construção, apesar de meios humanos e materiais em queda progressiva como resultado do peso decrescente que os poderes políticos

lhe acordam face ao predomínio da “investigação útil” nos tempos que correm?

Para além do orgulho próprio de um grupo é capaz de “realizações tecnológicas impossíveis”, esta comunidade move-se pela convicção profunda que o LHC vai trazer algo de muito importante para a física. Nos seus anos de universidade todos estes físicos dedicaram longas horas a tentar compreender os mistérios quânticos e a estudar o legado de Einstein. Maravilharam-se com o percurso exaltante da física de partículas no sec. XX. Perceberam no âmago das equações o que significa o “modelo standard”, que atrás de uma designação soporífica esconde uma construção intelectual de grande beleza. São apaixonados da física que dedicam uma vida a estas experiências porque sabem que há segredos da natureza a que o LHC pode ter acesso.

Apesar de alguns esforços persistentes, a comunidade da física das partículas tem tido muita dificuldade em transmitir esta mensagem à sociedade. Muita gente ouviu falar do bóson de

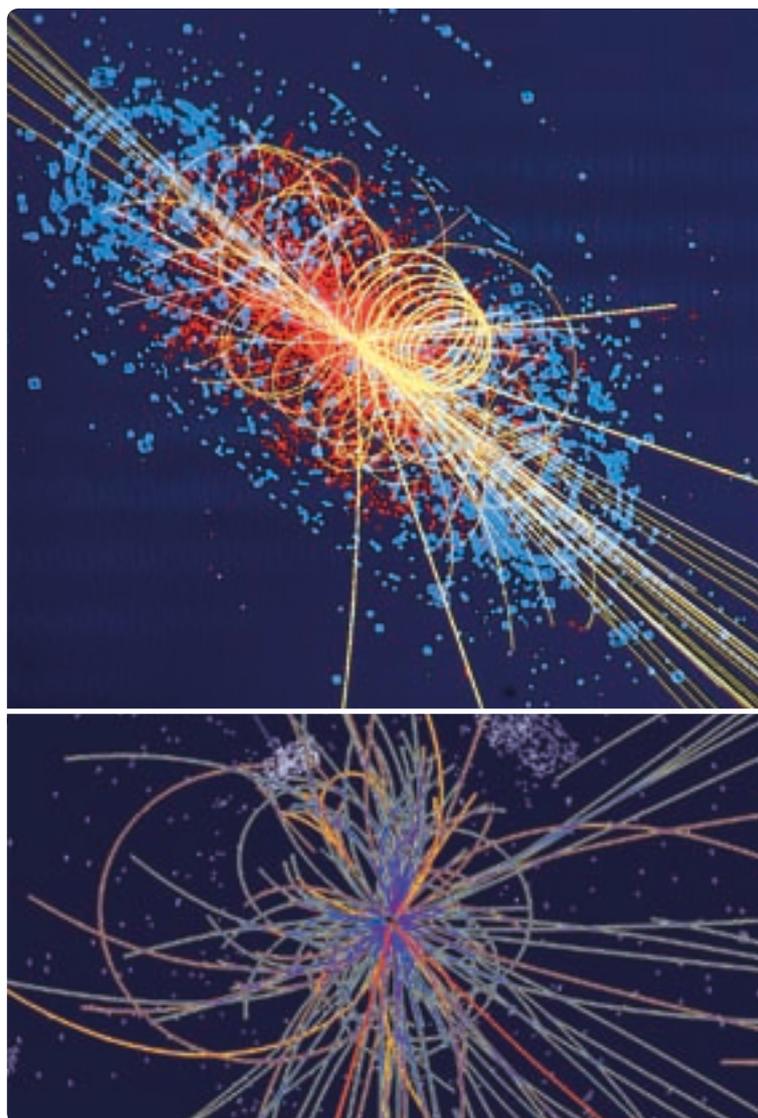
⁴ Em teoria de campo, as interações entre partículas são mediadas, ou transportadas, por partículas que se chamam bósons. O fóton, por exemplo, transporta a interação entre cargas eléctricas, ou interação electromagnética. A interação nuclear fraca é feita pelos bósons W e Z. Mas há uma diferença crucial: o fóton não tem massa enquanto o W e o Z têm. A simetria da interação electrofraca é quebrada, num processo que dá origem às massas do W e do Z. (N. E.)

Higgs mas poucos sabem do que se trata. Termos como supersimetria ou violação de CP suscitam pouco eco. Este é um dos dramas desta disciplina, consumidora de meios importantes e sem um objectivo que se reflecta claramente em benefícios imediatos para a sociedade, confronta-se com a tarefa ingrata de tornar compreensíveis temas científicos abstractos que apenas se revelam no esplendor das equações e dos gráficos de dados. Muitas das perguntas que a física colocava há vinte anos continuam sem resposta e as motivações para o LHC permanecem abertas. Os esforços e resultados das ciências físicas nas últimas duas décadas, nas áreas interdependentes das partículas, astrofísica e cosmologia, deram-nos novos conhecimentos mas simultaneamente adensaram os mistérios. Hoje há mais coisas que sabemos que não sabemos.

O modelo standard foi validado nas experiências do LEP com uma precisão impressionante mas sabemos desde já que este modelo não funciona a energias substancialmente superiores às observadas, e continuamos a desconhecer se o campo de Higgs ou algum outro mecanismo está na origem da quebra da simetria electrofraca⁴. Continuamos sem saber se há simetrias adicionais na natureza por revelar ou se o espaço-tempo tem mais dimensões do que as que se conhecem, embora ambas as possibilidades conduzam a explicações plausíveis das inconsistências do modelo standard.

À matéria escura necessária para compreender a rotação das galáxias, juntou-se a energia escura para justificar a expansão acelerada do universo observada nas medidas de supernovas. Sabemos que em conjunto representam 96% do universo mas ignoramos o que sejam. Mediu-se com uma precisão impressionante a anisotropia da radiação de fundo do universo, favorecendo os modelos de inflação, mas ninguém sabe por que razão o universo terá sofrido uma expansão fenomenal num curtíssimo lapso de tempo logo após o big-bang, nem se a explicação deste facto tem alguma coisa a ver com a energia escura ou com os campos de Higgs.

A tabela das três famílias de constituintes elementares da matéria completou-se com o quark top descoberto no Tevatron mas continuamos sem perceber a razão de ser destas três famílias. Descobriu-se experimentalmente que afinal



<http://multimedia-gallery.web.cern.ch>

os neutrinos tem massa o que justifica as oscilações observadas entre espécies de neutrinos, mas desconhece-se se é efectivamente o bóson de Higgs que está na origem desta propriedade fundamental da matéria que dá pelo nome de massa.

O LHC vai certamente ajudar a compreender alguns destes mistérios. Mas será apenas mais um passo, porventura importante, nesta procura incessante de conhecimento. Outros avanços serão permitidos por iniciativas corajosas de comunidades igualmente dinâmicas, nomeadamente a construção de grandes telescópios, de sondas em satélites, de detectores de raios cósmicos ou de novos aceleradores. A capacidade para as conduzir parece inesgotável, bem como a vontade da sociedade para as financiar. Que assim continue.



João Varela é professor no Departamento de Física do IST e investigador científico no LIP. Desde 1992 coordena a participação portuguesa na experiência Compact Muon Solenoid no anel de colisão LHC e é adido científico do CERN onde tem a posição de CMS Trigger Project Manager.



O cérebro humano em actividade: investigação imagiológica por ressonância magnética funcional

Patrícia Figueiredo

O FUNCIONAMENTO DO CÉREBRO HUMANO PODE HOJE SER ESTUDADO DE FORMA COMPLETAMENTE NÃO-INVASIVA E COM PRECISÃO E RESOLUÇÃO CRESCENTES, ATRAVÉS DA MEDIÇÃO DOS FENÓMENOS BIOFÍSICOS ASSOCIADOS À SUA ACTIVIDADE UTILIZANDO TÉCNICAS DE IMAGIOLOGIA POR RESSONÂNCIA MAGNÉTICA.

São já familiares do público em geral as imagens do cérebro mostrando a sua anatomia em tons de cinzento, com manchas coloridas indicando zonas específicas relacionadas com uma certa função ou actividade (para exemplos, ver

Fig.1 ou Fig.2). De facto, desde o seu aparecimento no início da década de 1990, a técnica de ressonância magnética funcional (RMf) na qual se baseiam tais imagens tem sido frequentemente alvo da atenção da comunicação social. Este mediatismo deve-se sem dúvida ao fascínio e à curiosidade que os mistérios do funcionamento do cérebro exercem sobre todos nós, mas reflecte também os enormes desenvolvimentos da técnica a vários níveis durante a última década, patentes no número crescente de publicações científicas neste campo (Huettel et al., 2004).

DA RESSONÂNCIA MAGNÉTICA NUCLEAR ÀS IMAGENS

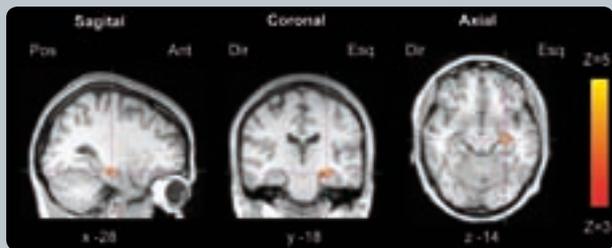
A técnica de RMf baseia-se no fenómeno quântico da ressonância magnética nuclear (RMN),

Figura 1. Imagem RMf da memória episódica

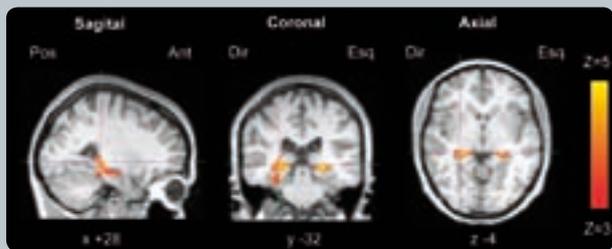
Imagens funcionais representando a actividade cerebral associada à memorização de palavras (Codificação Verbal) e desenhos (Codificação Visual), obtidas num sistema de 1.5 Tesla, com resolução 3.75x3.75x4.00 mm³. A região significativamente activada em cada caso é representada por um mapa estatístico de valores de Z (escala de cores), sobreposto à imagem anatómica de um cérebro standard. O pico de actividade está indicado pelo cursor e são mostrados os cortes sagital, coronal e axial e respectivas coordenadas (x,y,z).

A. Lateralização em função do material em indivíduos saudáveis

Codificação Verbal em indivíduos normais (N=10): o hipocampo anterior esquerdo é preferencialmente activado durante a memorização de palavras.

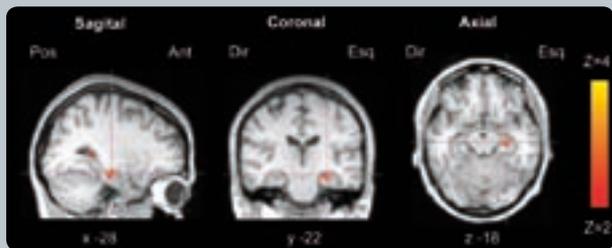


Codificação Visual em indivíduos normais (N=10): o hipocampo posterior bilateral e o parahipocampo direito são preferencialmente activados durante a memorização de desenhos.



B. Reorganização em doentes com epilepsia do lobo temporal

Comparação da actividade cerebral durante a memorização de desenhos (Codificação Visual), em doentes com epilepsia do lobo temporal com esclerose direita (N=10) e indivíduos saudáveis (N=10). Os doentes activam mais o hipocampo esquerdo, sugerindo mecanismos de reorganização adaptativa através da transferência da função para o hemisfério saudável, contra-lateral à patologia.



[P. Figueiredo et al., 2008]

Figura 2. Imagem RMf da organização retinotópica do córtex visual

Imagens funcionais representando a actividade cerebral em resposta à estimulação de cada quadrante do campo visual (A), obtidas num sistema de 1.5 Tesla, com resolução 3.75x3.75x4.00 mm³, para um indivíduo saudável (B).

A. Estimulação retinotópica de cada quadrante do campo visual, por meio de um padrão de xadrez preto e branco alternando à frequência de 8Hz.



observado em núcleos atómicos com número de spin não nulo quando expostos a campos magnéticos intensos. A excitação destes núcleos com radiação de frequência proporcional ao campo magnético aplicado (frequência de Larmor) leva depois à emissão de um sinal na mesma frequência, cuja intensidade depende directamente da densidade de núcleos e decai com constantes de tempo determinadas pelos mecanismos de relaxação através das suas interações com o meio circundante (Fig.7). Este fenómeno foi descoberto de modo independente por Felix Bloch e Henry Purcell em 1945, descoberta essa que lhes valeu o Prémio Nobel da Física em 1952. Seguiu-se imediatamente o desenvolvimento de técnicas espectroscópicas para o estudo da estrutura química da matéria.

No entanto, só nos anos 70 viriam a ser introduzidos os princípios para a construção de imagens a partir dos sinais de RMN dos núcleos de hidrogénio das moléculas de água, presentes em abundância nos tecidos biológicos. Em 1973, Paul Lauterbur obteve as primeiras imagens de RM, por meio da imposição de gradientes espaciais ao campo magnético aplicado, de modo a codificar a posição dos núcleos num espaço de frequências (Fig.7). Richard Ernst introduziu depois a transformada de Fourier na reconstrução da imagem, tal como é hoje realizada, pelo que recebeu o Prémio Nobel da Química em 1991.

Os avanços que se seguiram, em particular o desenvolvimento por Peter Mansfield de métodos de aquisição cada vez mais rápidos, permitiram a aplicação da técnica à visualização do corpo humano com grande utilidade clínica. Surgiu então o termo de imagem por ressonância magnética (IRM), em que o 'N' de 'Nuclear' era retirado com o objectivo de evitar a conotação negativa que esta palavra tinha entretanto adquirido noutros contextos. O enorme impacto da IRM na prática clínica levou a mais um reconhecimento através da atribuição a Paul Lauterbur e Peter Mansfield do Prémio Nobel da Medicina em 2003. De entre as diversas vantagens apresentadas pela técnica de IRM relativamente a outras técnicas imagiológicas existentes, nomeadamente a tomografia axial computadorizada (TAC), são de realçar o seu carácter completamente não-invasivo, com ausência de radiação ionizante (como os raios X usados em TAC), e a sua grande versatilidade, não só em termos da orientação, extensão e resolução das imagens produzidas, mas também em termos dos tipos de contraste que é possível obter entre os vários tecidos e componentes biológicos. De facto, mediante a manipulação de um certo número de parâmetros na aquisição das imagens, é possível definir diferentes tipos de imagem. Por exemplo, num mesmo exame podem obter-se imagens anatómicas de alta resolução espacial e elevado contraste entre os tecidos, assim como imagens angiográficas dos vasos sanguíneos ou ainda imagens capazes de evidenciar lesões específicas. É ainda possível tornar o sinal de cada pixel da imagem sensível a parâmetros fisiológicos, tais como a difusão de água nos tecidos ou a perfusão sanguínea nos capilares.

A RESPOSTA HEMODINÂMICA À ACTIVIDADE CEREBRAL

É precisamente nesta versatilidade da técnica de IRM que reside a possibilidade de produzir imagens funcionais do cérebro (RMf), as quais reflectem o nível de actividade das células nervosas em cada região. O princípio fisiológico fundamental subjacente é a relação existente entre a actividade destas células e a dinâmica do sangue na sua proximidade, relação esta que foi originalmente postulada por Roy e Sherrington no século XIX: “[...] Estes factos parecem indicar a existência de um mecanismo automático através do qual o fluxo sanguíneo para qualquer parte do tecido cerebral varia de acordo com a actividade relacionada com as modificações químicas dessa parte.” (Roy & Sherrington, 1890). Embora seja hoje bem conhecida a relação entre a actividade neuronal, o metabolismo energético associado e vários parâmetros da hemodinâmica cerebral, não estão ainda completamente esclarecidos todos os mecanismos envolvidos.

De qualquer forma, é consensual a observação de que um aumento da actividade neuronal numa certa região do cérebro resulta num aumento do fluxo sanguíneo local tal que a saturação de oxigénio no sangue também aumenta – resposta hemodinâmica (Fig.3). De acordo com um dos modelos mais proeminentes (Buxton et al., 1998), apesar do consumo de oxigénio aumentar com a actividade dos neurónios, levando a um aumento da extracção do oxigénio do sangue, o aumento do fluxo sanguíneo que é entretanto desencadeado é tal que, para além de repor o oxigénio extraído, conduz ainda a um aumento do volume sanguíneo cerebral local disponibilizando desta forma um excedente de oxigénio no sangue.

MÉTODOS DE IMAGEM FUNCIONAL POR RESSONÂNCIA MAGNÉTICA

Existem vários métodos de obter informação acerca da resposta hemodinâmica usando o sinal de RM, entre as quais o mais popular é de longe o contraste chamado BOLD (“Blood Oxygen Level Dependent”) que varia em função da oxigenação sanguínea. Este método baseia-se nas propriedades magnéticas da hemoglobina, que é diamagnética quando transporta quatro moléculas de oxigénio (Hb) mas adquire um carácter paramagnético à medida que é desoxigenada (dHb). A presença de dHb no sangue introduz então distorções no campo magnético local, que resultam numa redução do sinal RM quando usados os parâmetros de aquisição apropriados (Ogawa et al., 1990). A resposta hemodinâmica à actividade cerebral pode portanto ser medida através do sinal das imagens com contraste BOLD (Kwong et al., 1992) (Fig.3). É também possível obter imagens funcionais de RM usando um mecanismo de contraste baseado no fluxo sanguíneo cerebral local, ou perfusão. A técnica de marcação de spins arteriais (“Arterial Spin Labeling”, ASL) recorre à manipulação da magnetização das moléculas de água no sangue para obter um marcador endógeno do fluxo sanguíneo (Figueiredo et al., 2005). Um certo tempo após a marcação, o sinal das imagens adquiridas nos tecidos será afectado por esta manipulação da magnetização arterial, em função do valor do fluxo sanguíneo. A diferença

B. Mapa retinotópico normal

A região significativamente activada pela estimulação de cada quadrante é representada pelo mapa estatístico de valores de Z na escala de cores respectiva (como em A.), sobreposto à imagem anatómica do cérebro. Nesta série de cortes axiais é visível a organização retinotópica das áreas visuais no córtex occipital: respostas corticais em localizações adjacentes correspondem a estímulos adjacentes no campo visual.

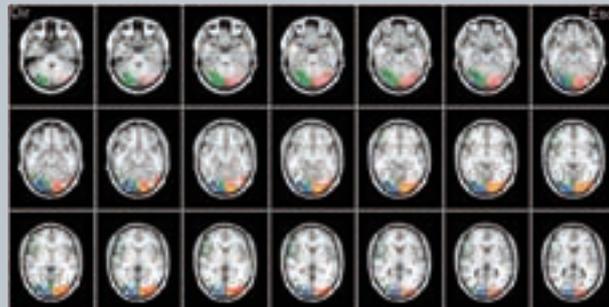


Figura 3. Imagem RMf por contraste BOLD.

Ilustração do mecanismo de contraste BOLD, reflectindo a resposta hemodinâmica associada a um estímulo e respectiva actividade neuronal: o fluxo (CBF) e volume (CBV) sanguíneos locais aumentam de tal modo que a concentração de Hb também aumenta (diminuindo a concentração de dHb), apesar do aumento da extracção de O_2 pelas células.

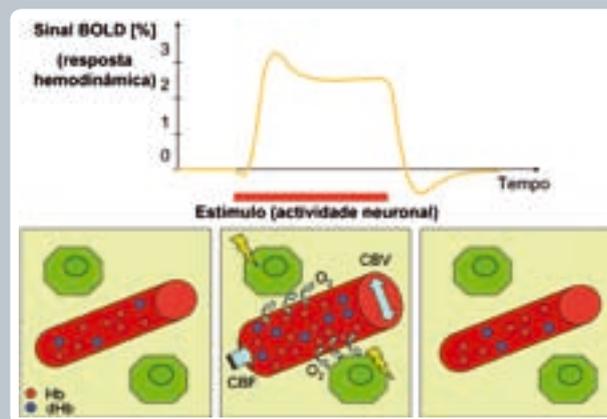
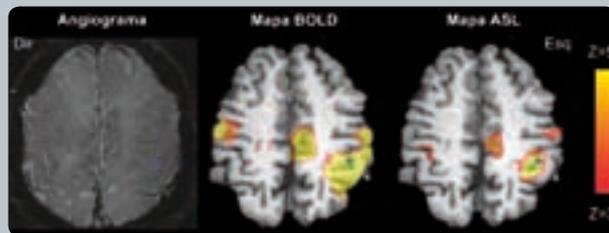


Figura 4. Imagem RMf: comparação dos contrastes BOLD e ASL

Mapas da actividade cerebral associada ao movimento da mão direita, obtidos usando o contraste devido à oxigenação sanguínea BOLD e o contraste de perfusão por meio de ASL, num sistema de 3 Tesla. A localização do pico de actividade em cada caso (verde) é comparada à posição da veia mais próxima (azul), de acordo com a identificação efectuada a partir de uma angiografia. Verifica-se que o pico BOLD está mais próximo da veia e, logo, mais distante da rede de capilares das células.

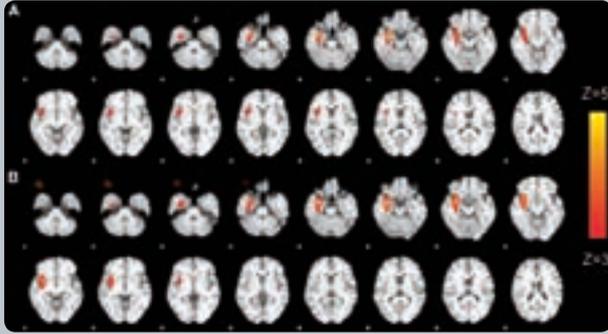


[T. Tjandra et al., 2005].

Figura 5. Registo simultâneo de EEG e RMf para a localização de fontes epileptogénicas

Mapa das regiões cerebrais cujo sinal BOLD está relacionado com a actividade paroxística (entre crises epilépticas) do sinal de EEG, identificada manualmente por um neurofisiologista (A) ou automaticamente através de um algoritmo de análise de componentes independentes (B). O método automático exhibe uma boa concordância com o método manual, sugerindo que na re-

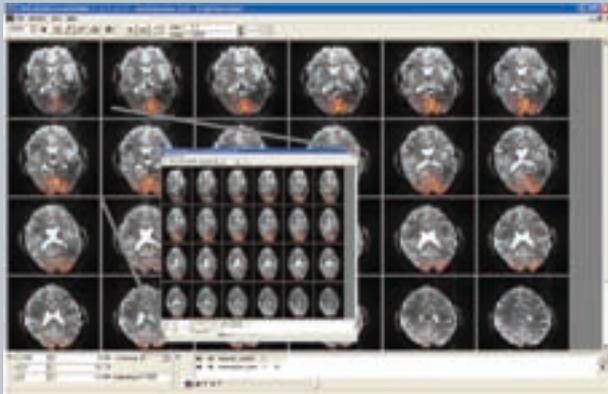
gião assim identificada reside a fonte da actividade paroxística observada no EEG.



[J.P. Marques et al., 2006].

Figura 6. Imagem RMf em campos magnéticos ultra-altos de 7 Tesla

Imagens funcionais representando a actividade do córtex visual primário, obtidas num indivíduo saudável num sistema de 7 Tesla (Siemens, CIBM-EPFL, Suíça), com resolução de 10101 mm^3 . Ao contrário das imagens obtidas em campos magnéticos inferiores, estas apresentam uma resolução espacial e razão sinal-ruído tais que é possível observar em detalhe a actividade do córtex visual, distinguindo-o dos tecidos circundantes.



[W. Van der Zwaag et al., 2008, com permissão]

Figura 7. Da ressonância magnética nuclear (RMN) à imagem (IRM)

Ilustração do fenómeno de RMN para núcleos de hidrogénio num campo magnético B_0 : polarização dos níveis de energia com frequência de Larmor ω_1 e sinal após excitação (*Free Induction Decay*, FID) com constante de relaxação T_2 .

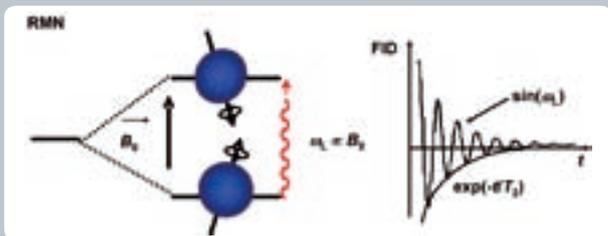
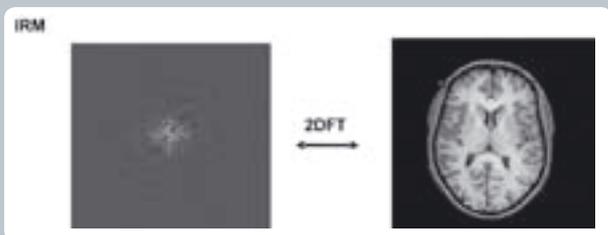


Ilustração da formação de imagens IRM a partir da transformada de Fourier 2D do sinal adquirido no espaço das frequências (espaço k), mediante a aplicação de gradientes espaciais ao campo magnético B_0 .



entre imagens marcadas e imagens não marcadas oferece portanto uma medida da perfusão em cada pixel, pelo que a resposta hemodinâmica poderá ser detectada através desta técnica, com algumas vantagens relativamente ao contraste BOLD. Em particular, a perfusão observa-se ao nível dos capilares em proximidade com as células, enquanto que a concentração de Hb varia mais nas vénulas e veias que drenam o sangue dos capilares (Fig.4). O facto do método ASL não ser tão frequentemente utilizado como o BOLD para a realização de RMf deve-se essencialmente a razões de ordem prática, tais como o facto de ser necessária uma sequência de aquisição especialmente dedicada e as limitações que advêm da fraca razão sinal-ruído intrínseca do sinal em ASL.

TENDÊNCIAS ACTUAIS E FUTURAS DA RMf

A técnica de RMf tem vindo a ser utilizada num número crescente de estudos da função cerebral, quer em voluntários saudáveis quer em doentes com diferentes patologias neurológicas e psiquiátricas (e.g., Figueiredo et al., 2008; Fig.1 e Fig.2). Pela primeira vez na história das Neurociências, foi possível observar o cérebro humano em funcionamento de forma completamente não-invasiva, com uma resolução espacial da ordem dos milímetros cúbicos e uma resolução temporal da ordem dos segundos. Embora seja possível obter informação metabólica e hemodinâmica usando imagens de tomografia por emissão de positrões (TEP), estas requerem a administração de um agente de contraste radioactivo e apresentam limitações em termos de resolução. As técnicas de electro-encefalografia (EEG) e magneto-encefalografia (MEG), por seu lado, medem à superfície do escalpe os campos eléctricos e magnéticos resultantes da actividade cerebral e beneficiam de uma resolução temporal muito melhor, mas exibem grandes limitações ao nível da localização espacial das fontes neuronais da actividade observada. As técnicas de imagem por difusão óptica (IDO), desenvolvidas recentemente para a medição das concentrações de Hb e dHb a partir da luz reflectida na gama dos infra-vermelhos próximos, apresentam boas características temporais mas são limitadas em termos da profundidade dos tecidos aos quais são sensíveis.

Apesar do grande sucesso da técnica de RMf durante a última década, permanecem ainda questões em aberto relativamente aos correlatos neuronais e metabólicos do sinal medido. Alguns estudos em macacos, em que foram registados simultaneamente com o sinal BOLD os campos eléctricos extra-celulares, mostraram já a relação da RMf com a actividade neuronal (e.g., Logothetis et al. 2001). Por outro lado, a combinação de medições BOLD com medições do fluxo e do volume sanguíneos cerebrais usando diferentes métodos de IRM (tais como o ASL), assim como com medições da concentração de Hb e dHb usando IDO, têm contribuído para uma melhor compreensão da resposta hemodinâmica conduzindo a modelos cada vez mais rigorosos (e.g., Hoge et al. 2005). Actualmente, a tendência dominante é precisamente a medição combinada de diferentes parâmetros hemodinâmicos, no sentido de uma potencial quantificação da actividade cerebral por RMf.

Bibliografia:

1. Buxton R., Wong E., Frank L. (1998) Dynamics of blood flow and oxygenation changes during brain activation: the balloon model. *Magn.Reson.Med.* 6(39):855-864.
2. Figueiredo P., Santana I., Teixeira J., Cunha C., Machado E., Almeida, E., Sales, F., Castelo-Branco M. (2008) Adaptive visual memory reorganization in right medial temporal lobe pathology. *Epilepsia*, in press.
3. Figueiredo P., Clare S., Jezzard P. (2005) Quantitative Perfusion Measurements using Pulsed Arterial Spin Labelling: Effects of Large ROI Analysis. *J Magn Reson Imag.* 21:676-682.
4. Hoge R.D., Franceschini M.A., Covolan R.J.M., Huppert T., Mandeville J.B., Boas D.A. (2005) Simultaneous recording of task-induced changes in blood oxygenation, volume, and flow using diffuse optical imaging and arterial spin-labeling MRI. *NeuroImage* 25:701-707.
5. Huettel S., Song A., McCarthy G. (2004) *Functional Magnetic Resonance Imaging*. Sinauer.
6. Kwong K.K., Belliveau J.W., Chesler D.A., Goldberg I.E., Weisskoff R.M., Poncelet B.P., Kennedy D.N., Hoppel B.E., Cohen M.S., Turner R., et al. (1992) Dynamic magnetic resonance imaging of human brain activity during primary sensory stimulation. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* 89:5675-5679.
7. Logothetis N.K., Pauls J., Augath M., Trinath T. & Oeltermann A. (2001) Neurophysiological investigation of the basis of the fMRI signal. *Nature* 412:150-157.
8. Ogawa S., Lee T.M., Kay A.R., Tank D.W. (1990) Brain magnetic resonance imaging with contrast dependent on blood oxygenation. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* 87:9868-9872.
9. Marques J.P., Figueiredo P., Sales F., Castelo-Branco M. (2006) On the usage of ICA decomposition of EEG signal for fMRI processing. 12th Annual Meeting of the Organization for Human Brain Mapping, Italy.
10. Roy C.S., Sherrington C.S. (1890) On the Regulation of the Blood-supply of the Brain. *J Physiol.* 11(1-2):85-158.17.
11. Tjandra T., Brooks J.C.W., Figueiredo P., Wise R., Matthews P.M., Tracey I. (2005) Quantitative Assessment of the Reproducibility of Functional Activation measured with BOLD and MR Perfusion Imaging: Implications for Clinical Trial Design. *Neuroimage* 27(2):393-401.
12. Van der Zwaag W., Marques J., Kober T., Gruetter R. (2008) A continuous Nyquist ghost correction for EPI-based fMRI. 16th Scientific Meeting of the International Society for Magnetic Resonance in Medicine, Canada.

Adicionalmente, há também um interesse crescente na integração multi-modal das técnicas de RMf com técnicas complementares, nomeadamente em termos da resolução temporal, em particular o EEG / MEG, ou a IDO. Para além de ultrapassar os desafios instrumentais do registo simultâneo dos diferentes tipos de sinal, é ainda necessário desenvolver modelos apropriados para a completa integração da informação assim obtida (e.g., Marques et al., 2006; Fig.5). Finalmente, um desafio constante em RMf consiste na exploração de campos magnéticos cada vez mais elevados, na busca de mais sinal e, em virtude disso, de melhor resolução espacial e temporal (e.g., Van der Zwaag et al., 2008; Fig.6).

Em conclusão, a técnica imagiológica de RMf é hoje uma ferramenta fundamental na investigação funcional do cérebro humano, tendo já revolucionado o conhecimento em áreas das Neurociências até há pouco difíceis de abordar quantitativamente e guardando ainda a promessa de medições cada vez mais detalhadas dos processos envolvidos. No entanto, a aparente facilidade com que é possível gerar imagens do cérebro em actividade tem permitido o aparecimento de conclusões mais ou menos arrojadas, levando a críticas por parte dos mais cépticos. É portanto crucial neste momento focar as atenções, não só na aplicação cuidada desta poderosa técnica imagiológica, mas também numa mais completa compreensão dos mecanismos biofísicos subjacentes. A esta complexa tarefa dedicam-se actualmente

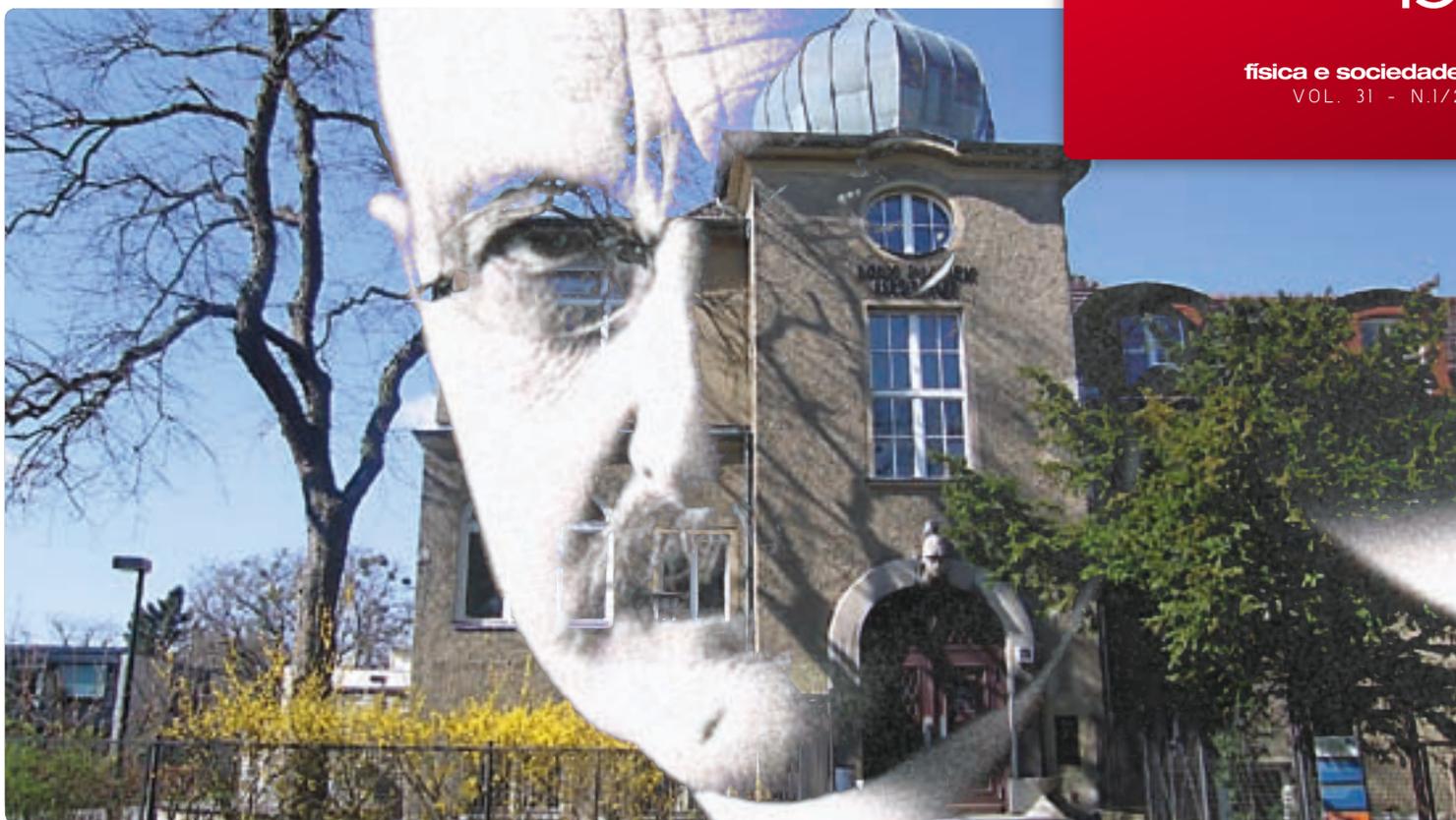
investigadores das mais variadas áreas da Ciência, desde a Física, a Matemática e a Engenharia, à Biologia, à Medicina e à Psicologia. O dilema filosófico que a revelação dos enredos do nosso cérebro possa causar, esse teremos nós que enfrentar com outras ferramentas.

GLOSSÁRIO:

- ASL** - Arerial Spin Labeling
- BOLD** - Blood Oxygen Level Dependent
- EEG** - Electro-EncefaloGrafia
- IDO** - Imagem de Difusão Óptica
- IRM** - Imagem por Ressonância Magnética
- MEG** - Magneto-EncefaloGrafia
- RM** - Ressonância Magnética
- RMf** - Ressonância Magnética funcional
- RMN** - Ressonância Magnética Nuclear
- TAC** - Tomografia Axial Computorizada



Patrícia Figueiredo licenciou-se em Engenharia Física Tecnológica pelo Instituto Superior Técnico em 1996 e completou depois a pós-graduação em Biofísica e Engenharia Biomédica na Universidade de Lisboa. Doutorou-se em 2003 na área da Neuroimagem pela Universidade de Oxford, onde se especializou em imagem funcional por ressonância magnética. Após ter leccionado como Professora Convidada na Universidade de Thammasat na Tailândia, regressou a Portugal como investigadora de pós-doutoramento na Faculdade de Medicina da Universidade de Coimbra em 2004. Tem desde então vindo a trabalhar no desenvolvimento e aplicação das técnicas de neuroimagem funcional, área em que lidera actualmente vários projectos de investigação. É desde Maio de 2007 Professora Auxiliar no Instituto Superior Técnico, onde lecciona na área científica da Engenharia Biomédica.



Impressões de uma cidade renascida: Berlim, física e Max Planck

Ana Simões

NUMA DAS PRIMEIRAS PÁGINAS DO LIVRO ISTAMBUL. MEMÓRIAS DE UMA CIDADE, O NOBEL DA LITERATURA ORHAN PAMUK JUSTIFICA DE UMA FORMA APAIXONADA PORQUE É QUE A SUA AUTOBIOGRAFIA ESTÁ INDISSOLUVELMENTE LIGADA À CIDADE DE ISTAMBUL:

“Conrad, Nabokov, Naipaul – estes são escritores conhecidos por terem conseguido migrar entre línguas, culturas, países, continentes, até civilizações. A sua imaginação alimentou-se do exílio, um alimento transportado não por raízes mas

pela ausência delas; a minha, contudo, reclama que eu permaneça na mesma cidade, na mesma rua, na mesma casa, mirando a mesma paisagem. O destino de Istambul é o meu destino: encontro-me ligado a esta cidade porque ela me fez tal como sou.”¹

Talvez que para muitos de nós, portugueses herdeiros de uma alma de navegadores, descobridores, exilados, perseguidos, emigrantes ou estrangeirados, a ligação umbilical a uma cidade seja por vezes difícil de entender. Numa certa medida, e ressalvadas as devidas diferenças, tal foi, parece-me, também o caso de Max Planck (1858-1947). A união crescente a uma cidade, para que se mudou definitivamente aos 31 anos, a ligação filial a um país, à ciência alemã e a tudo o que para ele esses elos de mais caro significavam, pode ajudar-nos a entender o dilema último de Planck: não ter abandonado Berlim no período do Terceiro Reich e ter acabado por ceder ao inferno de Hitler.



O edifício para experiências de física nuclear do Instituto Max Planck de Física visto da janela da sala do apartamento onde escrevi este artigo. Fotografia de Paulo Crawford.

No posfácio que adicionou à segunda edição da sua biografia de Planck, o historiador John Heilbron reflecte sobre a nova documentação, entretanto disponibilizada, e que permiti esclarecer este período da vida do físico.

Afirma então: “o que ele [Planck] fez no período Nazi foi actuar em conformidade com uma visão do mundo que não lhe permitia escapar dessa situação com a sua honra intacta. Esta foi a mais triste das suas tragédias.”

E acrescenta para, finalmente, dar resposta à interrogação “será que a visão do mundo de Planck o enalteceu ou o atraioou?”, com que terminara a sua biografia que, segundo ele, se tinha verificado a segunda alternativa.²

Não sei se por coincidência ou não, este posfácio foi publicado em 2000, o ano em que se celebrou o centenário da introdução da hipótese quântica na física, pela mão hesitante de Planck.³

Foi também esse o ano em que, pela primeira vez, vim a Berlim. E foi, de certa forma, Planck que aqui me trouxe. Particpei então no congresso “Quantum Physics Centenary” que decorreu na Universidade Técnica de Berlim, situada em Berlim oeste na região de Charlottenburg.⁴

E aqui me encontro novamente, após várias estadias nesta cidade, no ano em que se celebram os 150 anos do nascimento de Planck. Escrevo este artigo na sala do meu apartamento, contíguo ao Instituto Max Planck de História da Ciência (Max Planck Institut für Wissenschaftsgeschichte — MPIWG), fundado em 1994, e que, em 2006, se mudou do centro da cidade, na Mohrenstrasse, na zona conhecida por Mitte e muito perto do local em que Hitler se suicidou, para o subúrbio rico de Dahlem, onde muitas etapas da história da física do século XX decorreram e onde foi construída a Universidade Livre de Berlim, em 1948, no período da Guerra Fria, no sector americano da cidade e como reacção dos alunos ao que consideravam

ser uma “lavagem cerebral” infligida sobre eles na universidade de Berlim, localizada no sector soviético. O novo instituto encontra-se situado na Boltzmannstrasse 22, mesmo ao lado do velho Instituto de Física da Sociedade Kaiser Wilhelm (Kaiser Wilhelm Gesellschaft), números 18 e 20. O Instituto Max Planck de História da Ciência está dividido em três departamentos.⁵

Aquele a que estou associada, o Departamento I, é chefiado pelo historiador Jürgen Renn, e para além das várias linhas de investigação a que se dedica e que inclui desde há um ano um grupo de Física Quântica, tem apostado, não sem críticas, pois estas actividades não se materializam em artigos científicos, num programa chamado História da Ciência em Acção, que pretende fazer chegar ao grande público uma narrativa actual, e despojada da tradicional retórica positivista, de vários episódios da história da física. Foi assim que concebeu e implementou a exposição “Albert Einstein, principal engenheiro do universo” que decorreu no Kronprinzenpalais, na Unter den Linden, em 2005, que felizmente pode ser ainda visitada virtualmente.⁶ E é assim que o grupo de Física Quântica se encontra a dar aconselhamento científico à exposição “Max Planck, revolucionário a contra gosto” que inaugurará no dia 26 de Abril de 2008 no Deutsches Technikmuseum (Museu Técnico de Berlim).⁷

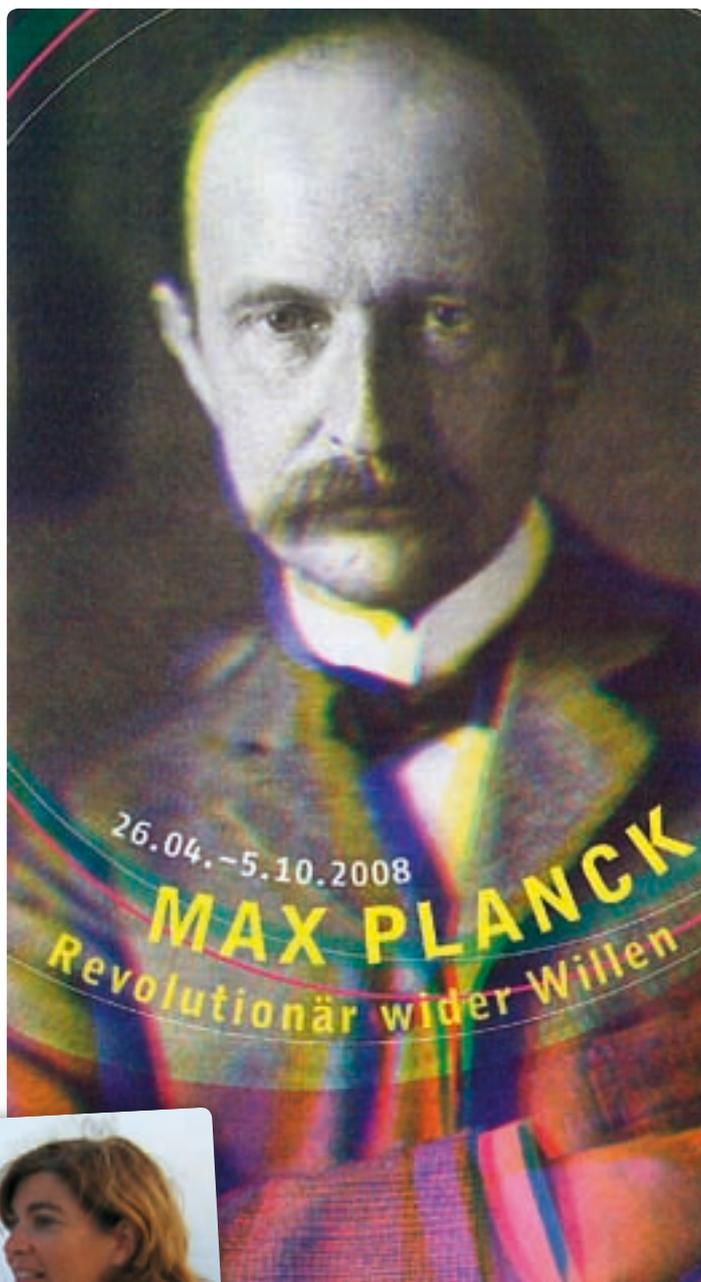
Em Dahlem encontram-se também, desde 1912, o Instituto Kaiser Wilhelm de Química e o Instituto de Física-Química e Electroquímica. No primeiro, Otto Hahn e Lisa Meitner prosseguiram a sua investigação em radioactividade. No segundo, o primeiro director Fritz Haber, descobridor do



Vista lateral do Instituto Max Planck de Física e do edifício de perímetro circular para experiências de física nuclear. Fotografia de Paulo Crawford.

processo de fixação do azoto do ar atmosférico necessário à síntese do amoníaco, orientou a investigação no tempo da Grande Guerra para assuntos de interesse militar, centrados no desenvolvimento de gases tóxicos e respectivos antídotos, fornecendo desta forma o seu instituto um dos primeiros exemplos de Big Science. O edifício do Instituto Kaiser Wilhelm de Física, que tinha sido criado em 1917 para Albert Einstein, começou finalmente a ser construído em 1935, tendo aberto três anos depois sob a chefia de Peter Debye. O estabelecimento de todos estes institutos em Dahlem fez parte de um projecto ambicioso de transformação deste subúrbio num centro de investigação científica de excelência – uma verdadeira “Oxford alemã.” De uma das janelas da minha sala vejo o telhado do velho Instituto de Física e vejo ainda o edifício de perímetro circular que o prolonga, construído para albergar montagens experimentais de física nuclear envolvendo equipamento de alta tensão, e onde actualmente se encontram os arquivos da Sociedade Max Planck. Com efeito, no pós-guerra os institutos Kaiser Wilhelm e a própria sociedade passaram por momentos difíceis até ao renascimento desta sociedade sob a nova designação Max Planck Gesellschaft (Sociedade Max Planck), actualmente a sociedade privada alemã mais importante na promoção e financiamento da ciência.⁸ E este rebaptismo dá bem a noção do estatuto atribuído a Planck como símbolo da ciência alemã, então como agora, e da sua reputação de probidade intelectual se ter mantido apesar das escolhas menos claras e dos momentos dramáticos

da história a que se encontra associado. Para quem quiser visitar Berlim e, para além do périplo habitual aos vários bairros, monumentos e edifícios, jardins e museus desta cidade renascida, gostar de praticar “turismo físico” aconselho a leitura de dois artigos do historiador Dieter Hoffmann, investigador do Departamento I do MPIWG, intitulados “Physics in Berlin,” ambos publicados na secção “Physical Tourist” da revista de história da ciência *Physics in Perspective*.⁹ Recordarei seguidamente alguns dos locais directamente associados a Planck e à história da ciência em Berlim. Entre a década de 1870, quando Hermann Helmholtz foi chamado para ensinar física na Universidade de Berlim, hoje mais conhecida por Universidade Humboldt, e o final da década de 1920, em que Erwin Schrödinger veio ocupar a cátedra de física teórica da mesma universidade, e cujos primeiros ocupantes tinham sido respectivamente Gustav Kirchhoff e Planck, a história da física foi, em grande medida, a história da física que se fez em Berlim. E não só lhe estão associados grandes nomes como também foi nela que três importantes inovações institucionais tiveram lugar: a implementação da ideia de uma universidade que integrasse o ensino e a investigação (Universidade de Berlim, fundada em 1810); a criação em 1887 do Physikalisch-Technische Reichsanstalt (Instituto Físico-Tecnológico), associado à então Escola Técnica de Charlottenburg, precursora da actual Universidade Técnica de Berlim, como uma instituição estatal de investigação que já integrava alguns dos elementos da *Big Science*; e, finalmente, a fundação da Sociedade Kaiser Wilhelm, em 1911, como a materialização de um novo tipo de instituição não-universitária administrada com fundos privados. O nome de Planck está associado de forma mais ou menos íntima a todas estas inovações institucionais. Foi nas instalações do Instituto Físico-Tecnológico, que



Ana Simões é Historiadora das Ciências e Professora da Universidade de Lisboa. Coordena também o Centro de História das Ciências, que agrega investigadores da Universidade de Lisboa e da Universidade Nova de Lisboa.

Planck visitava amiúde para conversar com os seus colegas experimentalistas Wilhelm Wien, Otto Lummer, Peter Pringsheim e Heinrich Rubens que estudavam as propriedades térmicas de equilíbrio da radiação do corpo negro, que foram obtidas as curvas experimentais que Planck justificou teoricamente. Foi nas instalações do Instituto de Física, mandado construir para Helmholtz na Universidade de Berlim, e onde as reuniões da Sociedade Alemã de Física decorriam, que Planck apresentou, no Outono de 1900, a expressão matemática da lei da radiação do corpo negro que continha a famosa hipótese dos quanta. Finalmente, já uma figura incontornável da física mundial, Planck esteve à frente dos destinos da Sociedade Kaiser Wilhelm, para o bem e para o mal, no período de 1930 a 1937.

Devemos, pois, recordar Planck não só como um físico teórico que despoletou, sem o querer, a revolução quântica mas também como um grande líder e exímio organizador da comunidade científica. A sua vida e obra reflectem aspectos centrais do desenvolvimento da ciência na sociedade do século XX: a necessidade de reformular conceitos fundamentais da física clássica na sequência de novos resultados experimentais e de crescentes conflitos teóricos; a importância da investigação básica para a moderna sociedade de conhecimento; os desafios políticos colocados aos cientistas no século XX; e finalmente, a transformação de Berlim, na viragem do século XIX para o século XX, num centro de investigação científica internacionalmente reputado.

Berlim-Dahlem, 3 de Março de 2008

1 Orhan Pamuk, *Istanbul. Memories of a city*, Faber and Faber, Londres (2006), p.6, tradução minha.

2 John Heilbron, *The dilemmas of an upright man. Max Planck and the fortunes of German Science*, Harvard University Press, Harvard (2000) 2ª edição com um novo posfácio, p.217. A primeira edição data de 1986. A análise dos contextos políticos em que a ciência de Planck se desenvolveu e, em particular, a sua relação com o Terceiro Reich, será o objecto de uma das minhas próximas contribuições para a rubrica Física e Sociedade.

3 Usei a palavra hesitante pois que desde os finais da década de 1970, e nomeadamente desde os trabalhos do historiador Thomas Kuhn, os historiadores da ciência têm discutido o significado atribuído por Planck à quantificação introduzida em 1900. Esta

questão será discutida numa das minhas próximas contribuições para a rubrica Física e Sociedade.

4 Apresentei então a palestra intitulada "Good neighbours or enemies: how chemists reacted to quantum theory?", *Quantum Theory Centenary, Symposium IV: The Foundations of Quantum Physics before 1935*, 14-16 Dezembro 2000. Esta comunicação deu lugar aos seguintes artigos: Ana Simões, "Dirac's claim and the chemists," *Physics in Perspective*, 4 (2002), 253-266 e Ana Simões, "A reacção dos químicos à afirmação reducionista de Dirac de 1929," *Gazeta de Física*, 25 (2002), 14-18.

5 Para mais informações sobre as linhas de investigação desenvolvidas no MPIWG consultar <http://www.mpiwg-berlin.mpg.de>

6 Para aceder à exposição virtual entrar no site anterior e procurar as activida-

des do Departamento I ou então consultar <http://einstein-virtuel.mpiwg-berlin.mpg.de> 7 E aí permanecerá até dia 5 de Outubro.

8 No artigo fascinante "Succeeding outside the mainstream", *Max Planck Research* 4 (2007), 15-18, Jürgen Renn e Horst Kant atribuem as causas do sucesso da Sociedade Max Planck à sua capacidade de acomodar investigação nas margens do conhecimento "mainstream" e, assim, funcionar como um catalisador de mudanças estruturais nos sistemas actuais de conhecimento.

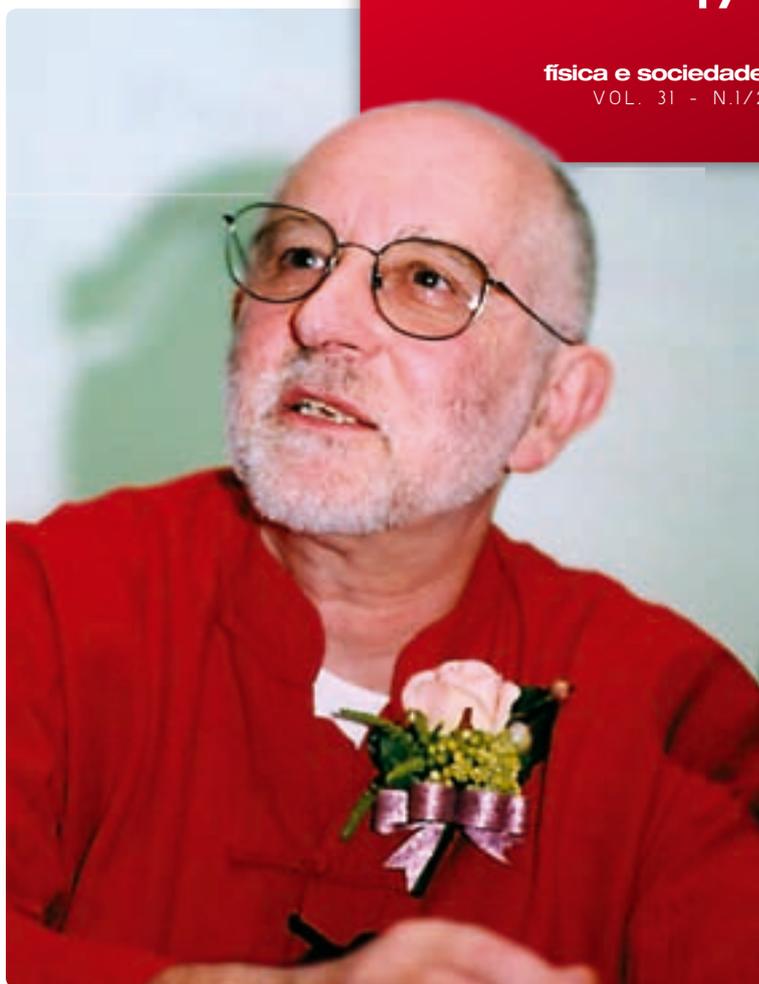
9 Dieter Hoffman, "Physics in Berlin: a walk through the city center," *Physics in Perspective* 1 (1999), 445-454; Dieter Hoffman, "Physics in Berlin: walking tours in Charlottenburg and Dahlem and excursions in the vicinity of Berlin," *Physics in Perspective* 2 (2000), 426-445.

Divagações nocturnas de um físico teórico

Este texto foi escrito no ano 2000 para comemorar o 75º aniversário de John Ziman, mas é inédito até hoje. Esta versão sofreu uma pequena actualização.

Michael Berry

(Tradução: Ana Sampaio)



DURANTE MAIS DE QUARENTA ANOS, TIVE O PRIVILÉGIO DE FAZER FÍSICA COM GRANDE PRAZER E ENTUSIASMO, O QUE SE FICOU A DEVER, EM GRANDE MEDIDA, À PROTECÇÃO E ORIENTAÇÃO QUE RECEBI DA PARTE DE JOHN ZIMAN, NOS PRIMEIROS ANOS QUE PASSEI EM BRISTOL.

Nunca trabalhámos na mesma física e aquilo que eu fazia na altura foi durante muito tempo pouco valorizado, de maneira que continua a ser um mistério para mim como é que ele conseguiu adivinhar que eu poderia ter uma centelha de inteligência e porque é que resolveu proteger essa centelha de ventos potencialmente adversos, de modo a que pudesse vir a transformar-se numa chama.

Atento como estava à transformação do John de físico em alguém que procura elucidar uma rede complexa de interacções sociais relacionadas com a ciência, não pude deixar de notar uma outra transmutação. Aqueles que, na prática, administram

a ciência mudaram também: de pessoas que consideravam ser seu dever servir os nossos interesses, transformaram-se em membros de uma profissão coerente e nem sempre solidária com aquilo que fazemos. Esta evolução tem aspectos funestos e o meu objectivo neste artigo é chamar a vossa atenção para alguns desses aspectos.

Na década de 1950, havia um *cartoon* que mostrava um grupo de raparigas numa praia. Ignorando um latagão de músculos imponentes, as curvilíneas meninas nos seus biquínis juntavam-se, muito entusiasmadas, em volta de um lingrinhas de óculos grossos, que lia um livro de física nuclear. Os estereótipos que nos chegam deste passado já distante são um pouco constrangedores: as mulheres como objectos decorativos, os homens musculados como

Michael Berry é professor no Departamento de Física da Universidade de Bristol, UK, (H. H. Wills Physics Laboratory, Tyndall Avenue, Bristol BS8 1TL) onde tem estado mais tempo do que noutro lugar qualquer. Michael Berry interessa-se pelas conexões assintóticas entre as teorias físicas (e.g. entre a física clássica e a física quântica, entre os raios e as ondas, ...) e os aspectos geométricos associados a singularidades (vórtices acústicos, ópticos,...). Visite http://www.phy.bris.ac.uk/people/berry_mv/index.html .



Exemplo de um anúncio americano dos anos 50.

epítome da estupidez, os óculos como símbolo de uma intelectualidade bacoca, a física nuclear como via para a satisfação sexual... Chamo a vossa particular atenção para a imagem da ciência como uma actividade digna de admiração pelo poder que representa e que confere. A promessa de energia barata e ilimitada, por um lado, e a realidade da bomba atômica, por outro, levavam a crer que a física nuclear transformaria as nossas vidas da mesma forma que a electricidade e o magnetismo o tinham feito (e o fazem ainda). Como todos sabemos, neste capítulo, nem todos os temores nem todas as esperanças se realizaram.

As reacções modernas são mais complexas, mas incluem uma corrente de repulsa instintiva contra a ciência como algo ameaçador. Esta corrente em particular não é nova - Isaiah Berlin¹ documentou uma corrente semelhante na reacção romântica do final do século XVIII contra a ciência, resumida na frase de Hamann: «A árvore do conhecimento destruiu a árvore da vida». Já dos nossos dias, citaria Bryan Appleyard², que em criança ficava espantado com a capacidade demonstrada pelo pai de calcular o volume de água de um depósito, mas pressentia «alguma coisa de funesto nesse saber», e Fay Weldon³: «Todos nós fizemos ciência na escola. E todos sabemos que quando as nossas experiências não corriam “bem” eram simplesmente menosprezadas, ignoradas. Os cientistas não conseguem lidar com a ideia de um universo variável. Nós conseguimos.»

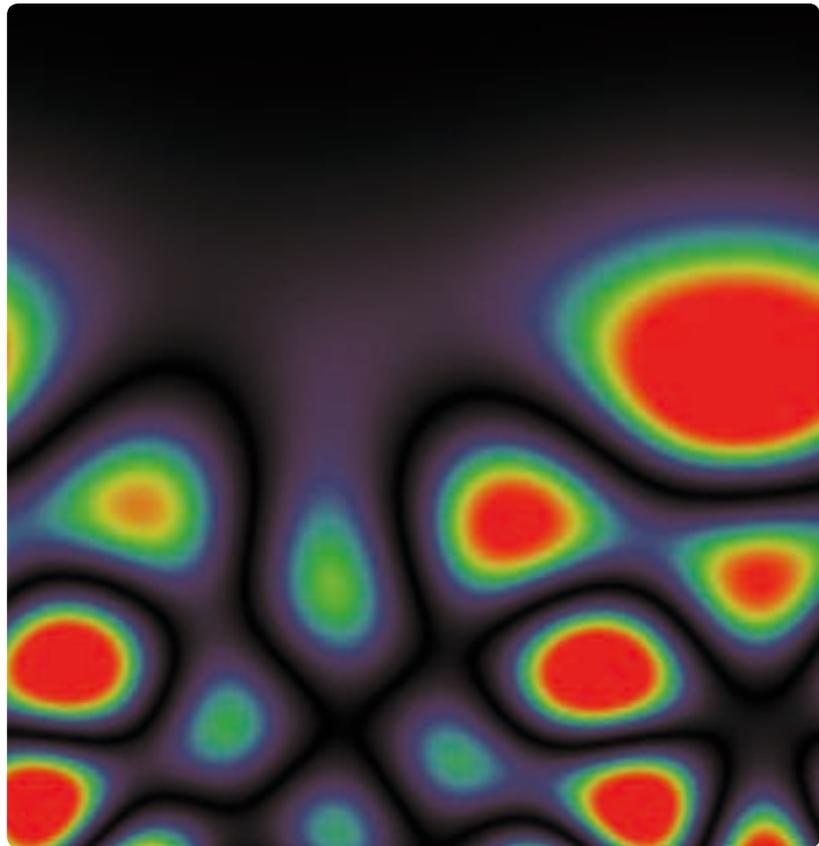
Evidentemente, isto é uma tolice, mas a verdade é que nem Appleyard nem Weldon são tolos: o que os leva a dizer tais coisas é, pelo menos em parte, uma reacção compreensível contra um certo tipo de divulgação da ciência a que o primeiro chama a «grosseira arrogância anistórica» a pretensas teorias de tudo.

Já não deveria ser necessário ter de defender aquilo que é bom na ciência, aquilo que faz com que valha a pena continuar a fazer ciência, mas nestes tempos pós-modernos (ou serão pós-pós-modernos?) ainda é verdade que:

- a ciência é uma das poucas actividades que estabelecem ligações entre pessoas, nações, culturas, religiões – um pouco à semelhança do desporto, mas com a diferença essencial de que aqui a cooperação, mais do que a competição, é uma componente muito forte. Em ciência, falamos normalmente dos nossos colegas estrangeiros e não dos nossos adversários estrangeiros. As fronteiras nacionais são irrelevantes: é-me indiferente, e muitas vezes desconheço, a nacionalidade daqueles cujo trabalho se relaciona com o meu. Este é um bom antídoto contra a emergência de novos nacionalismos. (Para evitar mal-entendidos, sublinho que me refiro à atitude da maior parte dos cientistas e não dos jornalistas ou dos conselhos de investigação, que por ignorância ou maldade deliberada, colocam uma ênfase excessiva nos aspectos competitivos e nacionais da ciência);
- a ciência é um modelo de análise racional e civilizada da discordância, em grande medida desprovida de rancores e efectuada de uma forma que conduz ao progresso. É também um bom antídoto contra os fundamentalismos, que estão agora em crescendo um pouco por todo o mundo;
- a ciência estabelece ligações estimulantes e mágicas entre coisas muito diferentes. Esta observação contraria uma das críticas mais comuns que nos fazem: a de que através da desagregação reducionista do mundo nas suas componentes, que são depois estudadas separadamente, perdemos o sentido do conjunto. Uma das minhas ligações favoritas começa com a pergunta: porque é que a matéria é dura? Se os átomos consistem sobretudo em espaço vazio, porque é que a matéria não se comprime, com todos os electrões a passarem para os estados mais baixos de energia quântica, perto do núcleo? Porque o princípio da exclusão de Pauli afirma que, num átomo, dois electrões não podem ocupar o mesmo estado quântico simultaneamente. E de onde vem isso? Poderá ter origem numa propriedade da rotação no espaço tridimensional⁴: se pegar num copo de vinho e o rodar completamente duas vezes (ou seja, 720°), verificará no final desta contorção que o seu braço não está torcido (não funciona com

uma única volta). Eu considero esta ligação “dois em nenhum”, esta associação completamente inesperada entre dureza microscópica e geometria⁵, uma coisa miraculosa;

- e, descendo agora do sublime para o mundano, a ciência traz-nos também benefícios económicos. Algumas pessoas, de vistas curtas, chamam a isso “o mundo real”. Há relatórios⁶ sobre indústrias baseadas na física que revelam como elas são lucrativas, quando comparadas com outro tipo de indústrias. Não vou fazer aqui uma descrição pormenorizada, mas posso dar-vos um pequeno exemplo da minha própria experiência, que ilustra as formas surpreendentes que esses benefícios podem assumir. Num dos seus belos filmes, David Attenborough mostra insectos a flutuar num lago que brilha à luz do sol e chama a atenção para as suas curiosas sombras: ao contrário das sombras que nos são mais familiares, estas sombras submarinas têm orlas brilhantes. A razão para isso é que a tensão superficial curva a água perto da zona onde os insectos flutuam e a luz é focada com grande nitidez por estas superfícies curvas. Esta descoberta levou à elaboração de um estudo sistemático⁷ sobre as sombras brilhantes, incluindo aquelas que são provocadas nos leitos dos rios por pequenos remoinhos na superfície. Neste tipo de sombras, a luz foca-se em anel. Ora, isto passou-se em 1983. Michael Gorman, um físico de Houston, interessou-se pelo artigo e resolveu fabricar uma lente de plástico com uma forma pouco habitual, com o objectivo de reproduzir os remoinhos com o seu foco em anel. Foi para mim uma surpresa quando ele me anunciou que tinha patenteado este dispositivo, na esperança de poder vir a lucrar alguma coisa com ele. Por exemplo, os cirurgiões que fazem angioplastias estavam interessados em fazer passar um laser potente através de uma versão muito reduzida desta lente, colocada na extremidade de uma fibra óptica, de modo a conseguirem desbloquear artérias por meio do foco em anel. (Nesta altura da minha vida, esta aplicação ficou-me no coração...)
- Apesar das transformações económicas provocadas pela ciência aplicada, continua a ser verdade que nenhum de nós faz ciência fundamental por dinheiro. (Por “fundamental”, entendo aquilo que é pejorativamente designado por investigação motivada pela curiosidade – suponho que por contraposição à variedade motivada pela cupidez...) Alguns cientistas podem estar mais virados para o negócio, mas essa é sempre uma componente relativamente menor das suas motivações. Eu, por mim, sinto-me sempre imensamente surpreendido e grato por viver numa sociedade tão civilizada que me paga para perseguir estas minhas obsessões em completa liberdade. A verdade é que o apoio à ciência não é senão um frágil milagre: não podemos esperar que aqueles que não são cientistas



Caos quântico em queda: A intensidade de ondas aleatórias é contrariada por uma força constante; as linhas a preto são linhas nodais (linhas onde a intensidade se anula).

compreendam automaticamente por que razão ele deve ser mantido. A ciência não é uma actividade natural para a maior parte das pessoas. Não seria fácil para mim ter de defender a manutenção do apoio que recebo perante uma mãe sozinha e desempregada ou alguém da nossa nova classe dos sem-abrigo.

Durante todo este tempo em que me dediquei à ciência, o meu sindicato, a Association of University Teachers (agora University and College Union), sempre fez grande pressão para conseguir obter melhores salários e eu, evidentemente, beneficiei do seu êxito nesta matéria. No entanto, é difícil para mim apoiar estas reivindicações salariais de consciência tranquila, porque me parece que elas se baseiam na aplicação tendenciosa de relatividades. Os argumentos são frequentemente os seguintes: o meu salário diminuiu em relação aos trabalhadores da profissão A ou é muito inferior àquele que receberia no país B e, por esse motivo, eu deveria ganhar mais. Porém, ninguém argumenta que isto significa que os trabalhadores A ganham demasiado, nem ninguém faz notar que existe um país C onde os cientistas ganham muito menos do que nós, ou usa tais argumentos para concluir que afinal ganhamos demasiado. Parece que não há maneira de determinar o valor absoluto dos sonhadores (nem na verdade de quem quer que seja). Assumamos, contudo, que esse valor é maior do que zero – ou seja, que a ciência fundamental, feita sem pensar nas suas eventuais aplicações, vale efectivamente a pena. Mesmo a pequena ciência custa dinheiro – não muito, mas as quantias são grandes quando comparadas com aquilo

que cada cientista individualmente poderia pagar do seu próprio bolso. No sistema universitário tradicional (quero com isto dizer, evidentemente, aquele que conheço desde sempre), os pequenos projectos eram frequentemente financiados com o dinheiro dos departamentos respectivos, o que era possível porque tínhamos aquilo a que se chamava “laboratórios bem equipados”. Ora, isso já não existe. O dinheiro de que os departamentos dispõem para investigação tem vindo a ser sucessivamente reduzido. Nunca foi muito, mas agora batemos mesmo no fundo. Por isso, se alguém tiver uma ideia brilhante e diferente e quiser deixar tudo para se dedicar a ela, terá de ser um teórico (podemos mudar de rumo rapidamente) ou então terá de ver o seu projecto aprovado pelas agências financiadoras. Esta última alternativa demora o seu tempo, destruindo assim a flexibilidade que o velho sistema permitia.

Apesar destes aspectos negativos, a situação não é completamente desoladora. Há quem afirme (por exemplo, a organização *Save British Science*, cujas opiniões eu normalmente partilho) que, hoje em dia, as instituições que financiam a investigação favorecem os projectos “seguros” com um calendário bem definido e resultados garantidos, em detrimento de propostas mais arriscadas. É verdade que os formulários de candidatura a financiamento de projectos, com as suas exigências de “cronologias” e de “resultados tangíveis” reforçam esta perspectiva. Devo, porém, dizer que a minha experiência nesta matéria (reconhecidamente limitada) é diferente. Nunca utilizei o risco como argumento contra um projecto e nunca ouvi alguém fazê-lo nas comissões de financiamento em que participei. E nenhum dos meus próprios projectos mais especulativos foi alguma vez rejeitado por esta razão. As pessoas conseguem ser mais sensatas do que os sistemas com que trabalham. Há uma malfadada tendência nas nossas universidades (e até mesmo em todas as outras profissões) para uma maior burocracia. Não se passa uma semana em que o presidente do meu departamento não receba um pedido de “informação” complexamente quantificada, sem que seja claro quem é o destinatário e para que efeito servirá tal informação. Ele bem tenta proteger-nos – a nós, soldados rasos – destes pedidos, mas inevitavelmente alguns acabam por chegar até nós. Quantos artigos publicámos no ano anterior? Classifiquem-nos em doze categorias – sim, doze! Quais são os melhores? Como é que poderemos reduzir o nosso grupo para caber num espaço 25% menor, já que a fórmula do conselho directivo ou da reitoria* mostra que temos espaço demais? Quanto tempo gastamos em investigação? E em actividades pedagógicas? E administrativas? Um cientista com uma longa carreira naquele que foi o *Royal Signals and Radar Establishment*, em Malvern, disse-me que a administração exigia que o seu dia de trabalho fosse dividido em unidades de seis minutos. À primeira tentativa, descobriu-se que 25% das entradas laboriosamente recolhidas tinham sido mal digitadas e ao fim de dois meses ainda não havia nenhuma publicação fiável dos resultados. Será que quem faz estas perguntas ignora que muitas das nossas melhores ideias surgem inesperadamente, quando estamos frente aos alunos, ou no chuveiro ou a preencher questionários idiotas?

Nos últimos anos, as universidades aceitaram a imposição de várias novas camadas de burocracia. Uma delas é a Avaliação da Investigação (resisto a acrescentar a palavra “Exercício” que, oscilando entre a justificação e a ironia, sugere que a actividade é apenas um treino para qualquer coisa). Outra é a recente Avaliação da Qualidade do Ensino (TQA – *Teaching Quality Assessment*), em que “forças de intervenção” de avaliadores exigem a preparação de várias caixas cheias de papelada, para o caso de virem a ser necessárias durante os poucos dias que demorará a sua visita. Aqueles que conduzem estas investigações são nossos colegas, gente bem-educada, bem-intencionada, respeitável, por vezes até notável. Todavia, vejo pouco ou nenhum benefício na sua actividade e consigo descortinar muitos prejuízos. O vice-presidente de um departamento de matemática teve de se reformar mais cedo, devido a um esgotamento provocado pelas exigências das TQA. Em muitos departamentos, o planeamento da investigação degenerou em estratégias de curto prazo, destinadas a “fazer boa figura” na avaliação seguinte. O que é imperdoável é que isso contaminou os níveis mais altos da academia com a noção de que o objectivo da actividade intelectual é obter pontuações elevadas em testes – uma medida trivial utilizada em concursos televisivos para avaliar a capacidade intelectual, essa mesma “examinite” que qualquer professor sério olha com desdém quando se encontra entre os seus alunos. Felizmente, vozes sensatas⁸ começam já a defender a redução radical destas duas avaliações.

Quando William Waldegrave era ministro da ciência, queixei-me a ele desta crescente burocratização das avaliações. Julgo que ele compreendeu o que eu queria dizer, mas a sua resposta foi pouco convincente: «É o espírito da época: tudo tem de ser medido.» Eles – isto é, os nossos algozes – acham que este tipo de avaliação é não só democrático – porque é uma forma de prestar contas aos contribuintes – mas também científico – porque é feito com números. Dei-lhe então um exemplo delicioso – uma obra-prima de falsa quantificação – de até que ponto tudo isto pode ser ridículo na prática. É retirado de um relatório anual do *National Physical Laboratory*^{7,9}, da secção chamada “Metas de Desempenho”. A meta número três era “Marcos de Investigação”. Tudo tem de ser definido e assim temos: «Definição circunstanciada da medida: os marcos de investigação são aqueles que são acordados com o cliente.» Não estou a brincar. O objectivo era 0,49 marcos de investigação por cientista por ano, a ser aumentado em 3% para cada cientista ao longo de um período de quatro anos. No primeiro ano, obtiveram-se 0,48 marcos de investigação. Falharam por pouco; têm de melhorar. No segundo ano, porém, o valor tinha aumentado para 0,79. E aqui é que a coisa descamba: «O facto

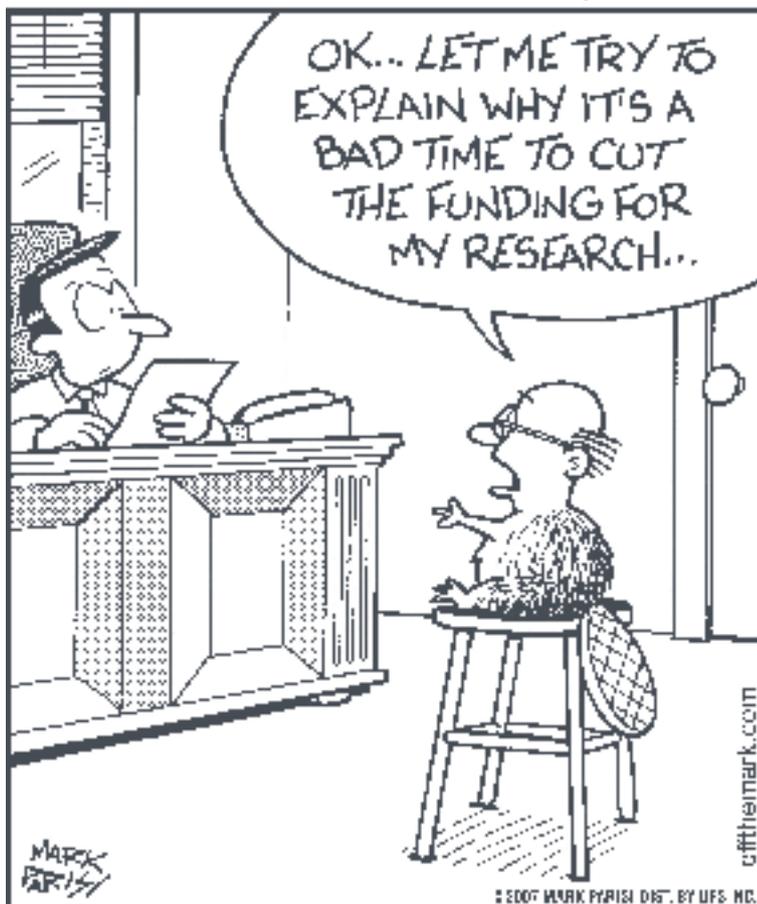
de esta meta ter sido confortavelmente atingida, embora aprazível, indica provavelmente a natureza insatisfatória desta medida. Será, pois, estabelecida uma meta revista...» Nos anos seguintes, o número de marcos aumentou até que¹⁰: «...O NPL está a utilizar cada vez mais técnicas de gestão de projecto que incentivam a decomposição dos programas em módulos e nas quais a medição do sucesso através de marcos é *ainda mais significativa* do que na altura em que a meta foi estabelecida.» [o itálico é meu]. Suponho que se tenha gasto dinheiro a pagar a alguém para produzir isto. O problema é que não é só um disparate, é também desonesto. Se ainda tem dúvidas, tente imaginar um relatório de uma organização que diga o seguinte: «No ano passado, não conseguimos cumprir nenhuma das nossas metas.» É evidente que isso nunca poderia acontecer. Tudo isto nos traz reminiscências pouco simpáticas dos velhos planos quinquenais soviéticos, abrilhantados com um verniz de agência de publicidade moderna: ninguém pode falhar, mas também, num toque muito britânico, ninguém deve ter muito sucesso.

O ministro ouviu-me em silêncio, mas pareceu-me um pouco desconfortável. Uma semana mais tarde, descobri porquê: ele tinha acabado de conferir ao NPL o prémio da Price Waterhouse desse ano para o melhor relatório anual!

Para muitos dos meus colegas, tudo isto equivale a uma verdadeira perseguição. E pode ser-nos fatal. Para ser bem-sucedida, a investigação fundamental implica uma grande concentração, sem distrações, durante longos períodos. Quando perguntaram a Newton como é que ele conseguia penetrar tão profundamente nos problemas fundamentais, ele respondeu: «pensando neles continuamente». Mesmo aqueles de nós que fazem investigação a tempo inteiro sabem como é fácil o tempo dedicado em exclusivo ao pensamento ser marginalizado. Existe sempre um grande número de outros pedidos legítimos para avaliar artigos e pessoas, participar em conferências, etc. Claro que todos nós desenvolvemos estratégias defensivas - directamente para o lixo, sem sequer ser lido, vai tudo o que vem do grupo de ligação da universidade à indústria, toda a papelada da UE, etc.

Esta degradação potencial e real do trabalho de muitos cientistas parece ser o resultado não intencional de um cocktail ideológico cujos ingredientes são *responsabilidade*, *mensurabilidade* e um *modelo empresarial* de eficiência.

É difícil questionar a ideia de que, se estamos a gastar dinheiros públicos, temos de saber justificar aquilo que fazemos com eles. E a “responsabilidade” é um *mantra*, que se dissemina por toda a vida nacional. Só o facto de se mencionar a palavra parece que torna impossível contrapor o que quer que seja. Mas não é justo que, através de uma espécie de princípio da incerteza de Heisenberg, a



Ok...Deixe-me tentar explicar porque é a má altura para cortar o financiamento ao meu projecto de investigação...

justificação interfira com o próprio processo de investigação – e a “constante de Planck” para a ciência (assim como para quase todos os tipos de actividade criativa) é muito grande. E a verdade é que existe efectivamente uma resposta para os “responsabilistas”, uma única palavra actualmente pouco em voga: confiança.

A nova “ciência” da medição objectiva dos resultados da investigação parece basear-se na esperança de conseguir ser tão precisa como a cristalografia ou a ressonância magnética nuclear. Eu duvido muito de que assim seja e, de qualquer modo, não vejo como poderá substituir a intuição no que se refere à promessa que um jovem cientista ou uma nova ideia representam. A avaliação quantitativa da investigação é uma nova profissão em fase de rápido crescimento; irá provavelmente estabilizar, mas numa dimensão suficientemente grande para ainda causar perturbação. Na escala da respeitabilidade intelectual, supera provavelmente a astrologia, mas a grafologia e a detecção de mentiras mecanizada não andam muito longe. Com os elementos mensuráveis (citações, factores de impacto, índices H...) surge uma falsa aparência de precisão, acompanhada de um vocabulário de evocações vazias: as diferentes universidades têm “declarações de missão” quase idênticas, declarando o seu “compromisso” com a “excelência” e a “qualidade”.

O pior de tudo é o paradigma da eficiência empresarial. Estou certo de que este é um ódio de estimação de muitos

professores universitários. Uma das suas manifestações é que somos avaliados pela quantidade de dinheiro que trazemos para a universidade sob a forma de financiamento a projectos, etc. Esta imagem distorcida das universidades como empresas envenena as relações entre as administrações e os professores. Antigamente, as administrações eram pequenas, na sua maior parte invisíveis e, pelo menos na minha experiência, estavam sempre dispostas a ajudar quando era preciso. Enquanto indivíduos, os administradores das universidades continuam a tentar ajudar-nos, mas começam a olhar-nos de um modo diferente. Os professores que não atraem (ou que nem sequer procuram) financiamento externo são cada vez mais olhados como um encargo para os outros – muito embora, como todos nós sabemos, eles possam desempenhar um papel muito importante na vida de um departamento. Num destes dias, uma antiga funcionária da minha universidade teve um pequeno deslize e referiu-se àqueles que servia como os seus “clientes”. Para os administradores, deixámos de pertencer a departamentos: a física é um “centro de custos”. Serei eu o único a considerar que esta imagem é repugnante e reflecte uma incompreensão grotesca em relação à natureza e ao significado da nossa actividade? As universidades não são empresas. Quando tentamos agir como empresas, o sucesso normalmente não é grande: na minha universidade, houve várias tentativas frustradas e dispendiosas de obter lucros. Efectivamente, o objectivo de uma universidade ou de um departamento não deve ser fazer negócio. Num departamento de física, não somos pagos para “produzir” lucros (sob a forma de financiamentos ou de patrocínios), mas sim física.

Para que não haja confusões, devo dizer que não coloco quaisquer objecções ao facto de os cientistas, ou quem quer que seja, enriquecerem devido aos seus esforços intelectuais ou empresariais. Também sou favorável a uma ligação mais estreita entre as universidades e as empresas: a colaboração entre a Universidade de Bristol e o *Hewlett-Packard's Basic Research Institute for Mathematical Sciences* (infelizmente curta) foi admirada em todo o mundo e deu magníficos frutos intelectuais. A comercialização só se torna chocante quando nos é imposta, quando nos dizem que «A excelência científica por si só não é suficiente», que deveríamos velar pela «difusão da cultura empresarial na universidade» e que, mesmo que sejamos um fracasso a fazer dinheiro, podemos pelo menos fingir: «se a universidade conseguir apresentar aquilo que já faz numa linguagem empresarial, isso será benéfico para ela.»¹¹

Não quero parecer exagerado. Continua a ser um extraordinário privilégio fazer ciência na Grã-Bretanha.

É fácil para nós cobiçarmos a galinha do vizinho, especialmente a galinha do outro lado do Atlântico, mas a minha experiência da situação americana, que dada a sua variedade é difícil de resumir, é a de que eles sofrem de muitos dos mesmos problemas (parece que as modas de gestão são adoptadas aqui, exactamente depois de se provar que fracassaram lá). Há também uma pequena fuga em sentido inverso de cérebros distintos, que poderá vir um dia a ultrapassar a fuga convencional. Um sinal de optimismo neste aspecto é a nomeação (embora titubeante e esporádica) de ministros responsáveis pela ciência. Habitualmente, têm pouco ou nenhum conhecimento directo sobre aquilo que fazemos, mas é assim que as coisas funcionam aqui na Grã-Bretanha: escolhe-se um amador. No entanto, pelo menos um ministro mostrou muito bom senso naquilo que escreveu sobre os objectivos fundamentais da ciência. Espero que algum político tenha a coragem e a visão de inverter as futilidades que nos estão a ser impostas – fúteis, porque as reorganizações recorrentes, que se seguem umas às outras mais rapidamente do que o tempo de resposta do sistema académico, só podem resultar na exaustão da inovação.

Finalmente, uma ideia fora de moda para aborrecer todos aqueles que querem continuar a “reformatar” as nossas instituições de ensino superior. Foi inspirada por uma biografia¹² do matemático Ramanujan. Quando estava no auge da sua actividade criativa, Ramanujan não tinha emprego. Segundo um amigo que o ajudou a arranjar trabalho na capitania do porto de Madras, aquilo de que ele precisava era de um trabalho sem muitas obrigações, que lhe permitisse ter muito tempo livre. O biógrafo sublinha que ele utilizava a expressão num sentido diferente daquele que nós utilizamos hoje. Para nós, implica uma coisa trivial: “liberdade para” não trabalhar. Naquele tempo, porém, tinha uma conotação positiva de “liberdade para”, no caso dele, criar matemática. É tempo livre neste sentido que temos de exigir, e depois preservar, nas nossas universidades.

Nota acrescentada, 2008: Para obter uma biografia de John Ziman, consulte¹³.

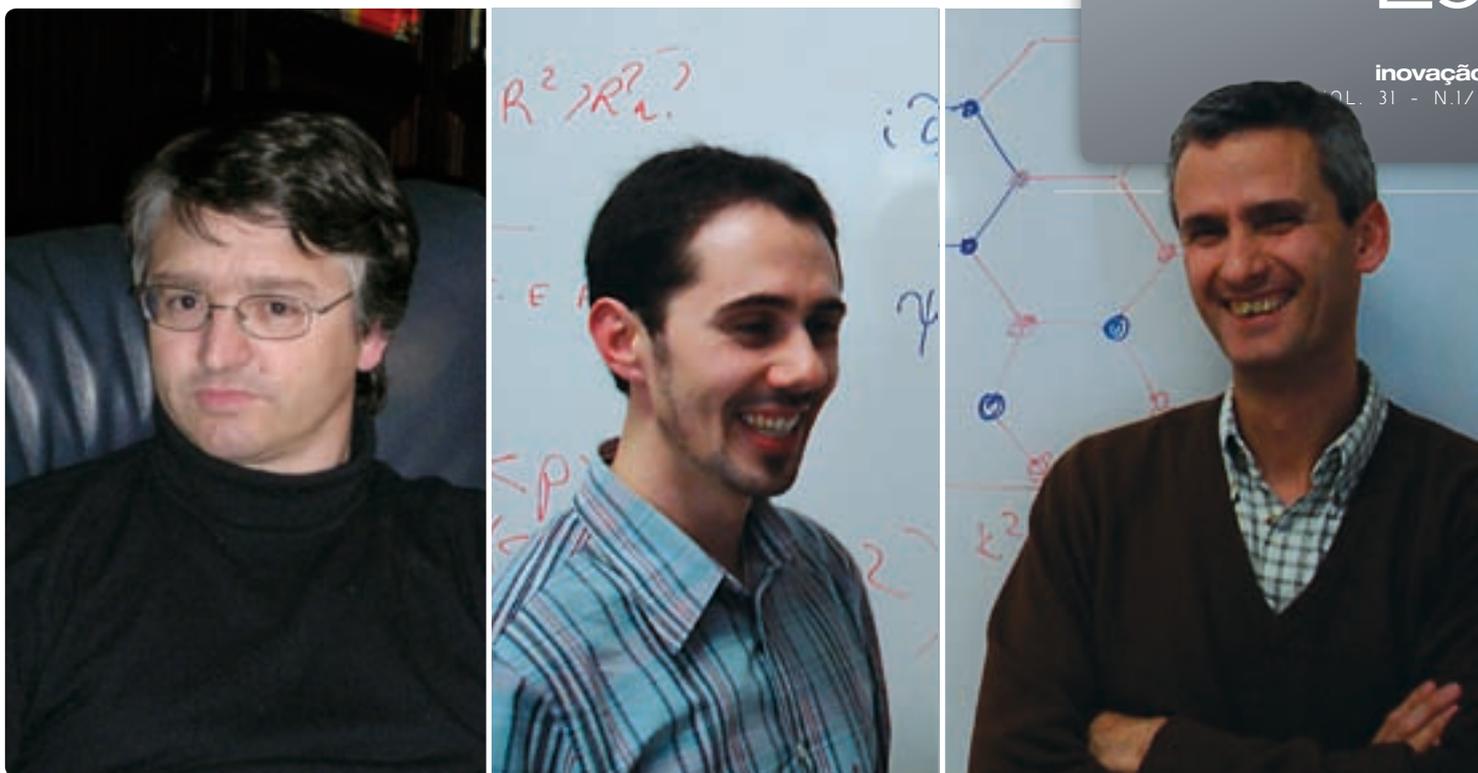
A Gazeta de Física agradece a Jorge Romão ter chamado a atenção para este texto. Agradece também a Margaria Tello de Gama a revisão da versão portuguesa.

Referências

1. Berlin, I., *The crooked timber of humanity: chapters in the history of ideas* (John Murray, Londres, 1990).
2. Appleyard, B., *Understanding the present: science and the soul of modern man* (Picador, Londres, 1992).
3. Weldon, F., “Thoughts we dare not speak aloud”, *Daily Telegraph*, Londres, 2 de Dezembro de 1991, p. 14.
4. Hartung, R.W., “Pauli principle in Euclidean geometry”, *Amer.J.Phys.* 1979, 47: 900-910.

5. Berry, M.V., Robbins, J.M., “Indistinguishability for quantum particles: spin, statistics and the geometric phase”, *Proc. R. Soc.A.* 1997, 453: 1771-1790.
6. Campbell, P., “PBIs Lauded”, *Physics World* 1991, 5, p. 7.
7. Berry, M.V., Hajnal, J.V., “The shadows of floating objects and dissipating vortices”, *Optica Acta* 1983, 30: 23-40.
8. Cox, D., Halsey, A.H., “Simple but radical, we think these changes would help”, *The Guardian*, Londres, 16 de Julho de 1999.

9. NPL, *National Physical Laboratory Annual Report and Accounts 1991-1992*.
10. NPL, *National Physical Laboratory Annual Report and Accounts 1994-1995*.
11. *Bristol University Newsletter*, 22 de Abril de 1999, p. 2.
12. Kanigel, R., *The man who knew infinity: a life of the genius Ramanujan* (Scribner's, Londres e Sydney, 1991).
13. Berry, M.V. e Nye, J.F., “John Michael Ziman”, *Biographical Memoirs of the Royal Society*, 52, 479-491.



Grafeno: a base de uma nova electrónica?

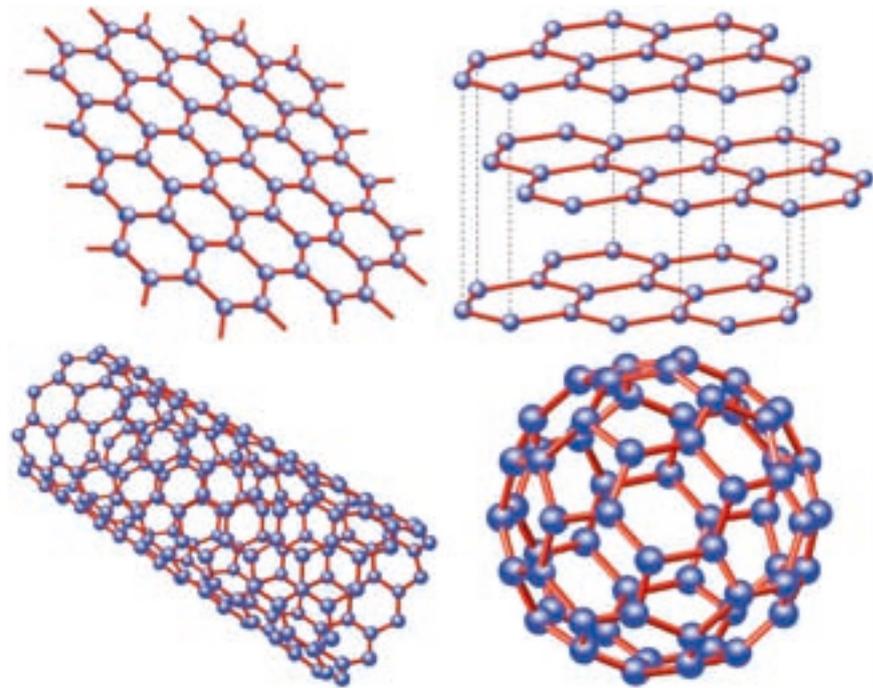
Carlos Herdeiro

O GRAFENO É O MAIS FINO FRAGMENTO DE GRAFITE QUE É POSSÍVEL PRODUIR: UM ÚNICO PLANO DE ÁTOMOS DE CARBONO. EM 2004 UM GRUPO DA UNIVERSIDADE DE MANCHESTER PRODUZIU, PELA PRIMEIRA VEZ EM LABORATÓRIO, PLANOS DE GRAFENO: UM CRISTAL COMPLETAMENTE BIDIMENSIONAL! ESTUDOS TEÓRICOS POSTERIORES REVELARAM QUE O GRAFENO É UM SEMI-CONDUTOR COM PROPRIEDADES MUITO PROMISSORAS E COM POTENCIAL PARA SE TORNAR A BASE DE UMA NOVA ELECTRÓNICA. FÍSICOS PORTUGUESES ESTÃO NA VANGUARDA DESTES ACONTECIMENTOS.

A grafite é um empilhamento de planos de átomos de carbono. Enquanto que as ligações entre átomos no mesmo plano são covalentes, os diferentes planos estão fracamente acoplados. Por isso, estes planos podem deslizar entre si, permitindo a escrita. No diamante, que também é formado exclusivamente por átomos de carbono, todas as ligações entre átomos são covalentes, tornando o diamante muito resistente.

A estrutura cristalina da grafite é conhecida há várias décadas. Mas só em 2004 se observou, pela primeira vez, um destes planos de carbono - o grafeno - o que foi conseguido pelo grupo de Andre Geim, da Universidade de Manchester no Reino Unido. Este desenvolvimento estimulou a análise teórica do grafeno que desde logo revelou as suas propriedades não convencionais. Por exemplo, os electrões de condução no grafeno comportam-se como partículas relativistas sem massa, o que contrasta os portadores de carga em materiais convencionais, que são partículas com massa descritas pela Mecânica Quântica não-relativista. Mas uma das mais importantes propriedades do grafeno é ser um semiconductor de hiato nulo.

Semicondutores são materiais onde o espectro contínuo de energias que os electrões podem tomar apresenta um hiato, ou seja, existe um intervalo de energias proibidas. Além disso nos semicondutores apenas as energias abaixo do hiato



estão ocupadas com electrões. Logo o material não conduz a corrente eléctrica, a não ser que haja um campo eléctrico aplicado que permita aos electrões adquirir energia suficiente para ultrapassar o hiato. No grafeno o hiato de energias proibidas é, na prática, nulo, mas existem várias maneiras de introduzir um tal hiato. Uma delas envolve a bicamada de grafeno: usar não uma mas sim um empilhamento de duas camadas acopladas de grafeno. O espectro da bicamada de grafeno também não tem hiato finito, mas basta aplicar um campo eléctrico perpendicularmente à bicamada para imediatamente introduzir um hiato no espectro. Com uma enorme vantagem adicional relativamente a qualquer outro semiconductor: o valor do hiato depende da intensidade do campo aplicado. Surge assim o primeiro semiconductor com hiato variável externamente.

O desenvolvimento da teoria da bicamada de grafeno foi feito por uma colaboração internacional, com nodos nos EUA, Espanha, Reino Unido e Portugal, envolvendo os físicos portugueses Nuno Peres (U. Minho), J. Lopes dos Santos e Eduardo Castro (U. Porto), tendo o material sido preparado e medido no laboratório de Andre Geim. Os resultados foram apresentados na *Physical Review Letters*, uma entre várias publicações da colaboração, neste prestigiado jornal, sobre o grafeno. Note-se que este é um dos tópicos mais “quentes”, actualmente, na física da matéria condensada a nível internacional; no “March Meeting” de 2008 da American Physical Society, que reúne anualmente cerca de 7000 físicos de todo o mundo, o grafeno foi o tópico que acupou a maior percentagem de sessões.

Como nos disse Eduardo Castro, presentemente a terminar a sua tese de doutoramento sobre este assunto, “este novo tipo de semiconductor tem claramente potencial para vir a ser usado em tecnologia comercial. Estamos rodeados de tecnologia onde o papel dos semicondutores é absolutamente central: o transístor e outros componentes electrónicos, essenciais ao processamento digital, onde se inclui o computador; a tecnologia laser, em particular os lasers de estado sólido, como os apontadores que nós usamos nas nossas apresentações; detectores dos mais variados tipos; painéis fotovoltaicos; etc. Este novo

semiconductor baseado na bicamada de grafeno tem duas características que o tornam bastante interessante do ponto de vista das aplicações. Primeiro temos um hiato variável: podemos pensar imediatamente em lasers cujo comprimento de onda da luz emitida pode ser escolhido, ou fotodetectores sintonizáveis. Por outro lado, estamos a falar de um dispositivo que tem a altura de duas folhas atómicas sobrepostas. Para aplicações em electrónica, onde queremos tudo sempre mais pequeno, isto são óptimas notícias. Convém contudo perceber que o grafeno faz agora 3 anos. É muito novo! É difícil dizer se teremos tecnologia comercial baseada em grafeno dentro de 2 anos ou dentro de uma década. Neste momento o maior obstáculo é o método de fabrico das amostras de grafeno que o grupo do Andre Geim usa. Está ainda longe de ser um processo industrial perfeitamente reproduzível.” Sobre o papel que o grafeno poderá vir a desempenhar em aplicações tecnológicas futuras E. Castro diz-nos ainda que “não há dúvida de que a tecnologia baseada no silício semiconductor usado em todos os circuitos integrados atingirá o seu limite dentro de alguns anos. A partir de determinada altura deixará de ser possível (ou economicamente viável) diminuir mais o tamanho de um transístor. O carbono é apontado como forte substituto. De facto, o carbono pertence ao mesmo grupo do silício na Tabela Periódica dos elementos. Não é, portanto, um substituto assim tão inesperado. O próprio germânio, também do mesmo grupo, também tem sido proposto para algumas aplicações. Uma grande vantagem do carbono é o facto de formar nanoestruturas naturalmente: os nanotubos de carbono, e agora o grafeno. No caso particular do grafeno, apesar da sua pequeníssima espessura - 1 átomo - ele é extremamente estável, e tem uma robustez mecânica impressionante. Ainda mais importante é o facto de se comportar, em determinadas circunstâncias, como um óptimo condutor. Há quem pense que o grafeno poderia ser usado para construir todo um circuito completo: desde as pistas aos componentes electrónicos, como o transístor, tudo seria em grafeno. Isto eliminaria as pistas de ouro e resolveria o problema dos contactos. Mas independentemente de o carbono vir ou não a substituir o silício, há uma forte possibilidade de o grafeno ser usado em aplicações nanotecnológicas variadas muito em breve; fontes de luz, sensores de gases, armazenamento de hidrogénio, são alguns exemplos.”

Saiba mais sobre o grafeno e sobre o papel dos físicos portugueses em duas entrevistas com Eduardo Castro e João Lopes dos Santos e no artigo de Nuno Peres, disponíveis na versão electrónica da Gazeta de Física.



Conferências 07'08 "Na Fronteira da Ciência"

Podemos prever um tsunami?

Ana Viana-Baptista
Entrevista por Tânia Rocha

DECORREU NO PASSADO DIA 30 DE JANEIRO DE 2008, NO AUDITÓRIO 2 DA FUNDAÇÃO CALOUSTE GULBENKIAN, UMA CONFERÊNCIA SUBORDINADA AO TEMA "PODEMOS PREVER UM TSUNAMI?", APRESENTADA POR ANA VIANA-BAPTISTA.

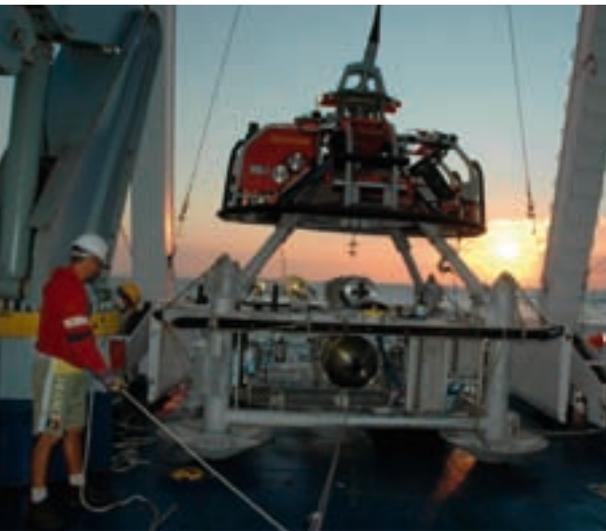
A palestra, integrada no ciclo de conferências "Na Fronteira da Ciência" despertou interesse de muito público, que esgotou a capacidade do Auditório 2, enchendo também os espaços adjacentes, onde

estava a ser transmitida por circuito vídeo, e foi também transmitida via internet. Foi particularmente notável a presença no auditório de grupos de alunos e professores do ensino Secundário, de diversas escolas e colégios de Lisboa, e também de um colégio do Porto. No final da palestra houve ainda lugar para um período de perguntas e intervenções do público, muito participado. Para mais informações, consultar a página do ciclo de conferências, disponível em: <http://www.gulbenkian.pt/fronteiradaciencia/>.

G: Como se forma um tsunami? Quais são as suas causas? Em que locais são mais prováveis? Com que frequência ocorrem?

AVB: Os tsunamis são ondas longas geradas por acontecimentos geofísicos repentinos tais como sismos

Ana Viana-Baptista é Professora Coordenadora do Departamento de Engenharia Civil do ISEL (Instituto Superior de Engenharia de Lisboa) e é investigadora do Centro de Geofísica da Universidade de Lisboa e do Laboratório Associado Instituto Dom Luiz. É também Coordenadora do grupo de trabalho português para o Sistema de Alerta Precoce de Sismos e Tsunamis no Atlântico Norte e Mediterrâneo - NEAMTWS, IOC, Unesco, e investigadora principal ou Associada de diversos projectos da União Europeia, da FCT e do IPL.



Estação NEAREST

submarinos, erupções vulcânicas, deslizamentos de terras e muito raramente pelo impacto de meteoritos. A palavra foi criada pelos pescadores japoneses que ao regressarem da pesca encontravam o porto e as casas completamente destruídas sem se terem apercebido de nada, enquanto pescavam no mar alto.

Os grandes tsunamis são normalmente gerados por sismos de origem tectónica, em particular nas zonas de subducção, onde uma placa litosférica mergulha por baixo de outra. Quando se dá o sismo o tamanho da zona deformada do fundo do mar está directamente relacionado com as dimensões da zona que rompeu e o deslocamento vertical está directamente relacionado com o deslocamento ao longo do plano de falha. Após o sismo a deformação da superfície do fundo do mar é praticamente permanente, enquanto que na superfície livre do oceano o retorno à posição de equilíbrio gera ondas que se propagam em todas as direcções.

G: Em que locais são mais prováveis?

AVB: Cerca de 85% dos grandes tsunamis ocorre no oceano Pacífico. Os tsunamis podem ser gerados noutros oceanos e em mares adajacentes.

G: Com que frequência ocorrem?

AVB: Em geral 1 tsunami destrutivo por década. E dois pequenos tsunamis por ano.

G: Nos modelos geofísicos actuais, até que ponto são previsíveis os tsunamis?

AVB: O estado actual da ciência não permite dizer quando e onde vai ocorrer o próximo tsunami; isto é assim porque não é, actualmente, possível prever quando e onde vai ocorrer um sismo que poderá (ou não) originar um tsunami. Podemos sim, a partir do momento em que ocorre e que é detectado o sismo, saber se existe a possibilidade de ser gerado um tsunami, através do cálculo da magnitude e da determinação do seu epicentro. Se realmente estiverem reunidas as condições para se tratar de um sismo tsunamigénico, então é possível prever, em tempo real, a que horas chega a determinado ponto da costa e qual a altura de onda prevista para esse local.

G: Com que antecedência se consegue avisar da sua

chegada à costa?

AVB: Depende da distância a que nos encontramos do epicentro do sismo que originou o tsunami. O tempo mínimo para se dar um alerta baseado unicamente na informação sísmica (magnitude do sismo e localização do epicentro) é de cerca de 10 minutos.

G: Que se deve fazer para que esta seja suficiente para prevenir perdas de vidas humanas e perdas materiais, em geral?

AVB: Em primeiro lugar é preciso educar as populações!

G: Qual a razão que faz com que a zona de Sagres seja adequada para a situar uma estação de detecção de tsunamis?

AVB: Sagres foi o primeiro ponto da costa a ser atingido pelo tsunami gerado pelo sismo de 1 de Novembro de 1755.

A estação não está propriamente em Sagres, mas no fundo do oceano a 3200m de profundidade, e próxima dos acidentes tectónicos que poderão ter originado o sismo.

G: Há dados científicos que permitam dizer que a costa portuguesa é uma costa de risco?

AVB: Sim, claro. Por um lado a sismicidade histórica e instrumental mostra que estamos numa zona onde ocorrem sismos de forte magnitude (se bem que pouco frequentes). Os registos históricos descrevem tsunamis desde o ano 60 a.C.. Os conhecimentos da geologia do Golfo de Cádiz progrediram imenso, nas últimas 2 décadas, e permitiram identificar e cartografar falhas activas que podem ser potencialmente geradoras de sismos-tsunamis.

G: Como funcionam as estações de detecção de tsunamis?

AVB: Estas estações são compostas por dois módulos: o equipamento de fundo do mar –“tsunameters”- e a bóia de superfície. No fundo do mar encontram-se um ou mais sensores de



Cortesia de Fundação Calouste Gulbenkian

pressão. Este sensor monitoriza a pressão da coluna de água, podendo detectar variações da ordem dos 3mm. Esta informação é registada no sensor e enviada por ondas acústicas para a bóia de superfície. A bóia está equipada com um sistema de comunicações que transmite para o satélite, que por sua vez faz a comunicação com as estações de terra.

O sensor de pressão mede a pressão da coluna de água. Esta informação é introduzida no computador. Este computador armazena a informação medida pelo sensor de pressão, corre o programa que tem o algoritmo de detecção e transmite a informação para a bóia.

G: Qual é o investimento, em instrumentos e pessoas, necessário para a manutenção de uma estação de detecção como a do projecto de Sagres?

AVB: Uma estação oceânica custa cerca de 250 000 Euros por ano. Aqui temos que somar o custo da instalação: significa um navio com capacidade suficiente para transportar e instalar a estação; pagar a deslocação do navio; pagar todo o pessoal científico e técnico que realiza a missão a bordo do navio.

Os colegas da NOAA (USA) estão agora a desenvolver umas estações que vão custar cerca de 70 000 dólares por ano e por estação...

G: Como descreveria a contribuição portuguesa no

projecto europeu da estação de detecção de tsunamis de Sagres? Quantos países estão envolvidos?

AVB: A liderança do projecto é dos colegas italianos. Estão envolvidos a Alemanha, a França, Portugal, Espanha e Marrocos. O nosso envolvimento é grande em todas as WP (Work packages) do projecto.

G: Em que outros locais da costa portuguesa, ou do mar alto, seria vantajoso instalar estações de detecção de tsunamis?

AVB: Estas estações devem ser colocadas o mais próximo possível das zonas fontes para que o tsunami seja detectado o mais cedo possível. Seria bom termos pelo menos duas no Golfo de Cádiz. O alerta precoce far-se-ia a partir da detecção do tsunami ainda antes de atingir a costa...

G: É uma mulher cientista. Na sua experiência, o mundo científico, alheio às construções e papéis sociais, trata de igual forma os homens e mulheres que fazem ciência?

AVB: Penso que sim, acho que as cientistas são reconhecidas tal como os cientistas. Por vezes o mais difícil é conciliar os "afazeres" familiares, mas tudo se faz!

G: Quando e porque escolheu ser cientista? Em particular, lembra-se porque é que se sentiu atraída pelas questões da física e da geofísica? Ou aconteceu tudo por acaso?

AVB: Francamente hesitava entre a física e a engenharia e acabei na física. Dentro da física a opção foi sempre a geofísica em princípio a sismologia e a sismicidade. Os tsunamis vieram mais tarde... Para ficar...



A teoria quântica em 30 segundos

Jim Al-Khalili (Tradução: Ana Sampaio)

DIZ-SE COM FREQUÊNCIA QUE NINGUÉM CONSEGUE PERCEBER VERDADEIRAMENTE A MECÂNICA QUÂNTICA.

É evidente que a maior parte dos físicos que utilizam no seu trabalho a matemática desta teoria convincente e extremamente bem-sucedida, quer seja em física molecular, atômica, nuclear ou de partículas, quer seja na electrónica, na química ou nas novas e estimulantes áreas da óptica quântica ou da nanotecnologia (e a lista continua), discordaria desta afirmação. Porque a verdade é que a mecânica quântica, a teoria que tão bem descreve o mundo microscópico, é muito bem compreendida. Não deixa, porém, de ser igualmente verdade que as ideias que lhe estão subjacentes são tão intrigantes e tão pouco intuitivas como o eram no início do século passado, quando a teoria foi desenvolvida. Um dos seus criadores, o físico dinamarquês Niels Bohr, chegou mesmo a dizer que alguém que não fique perturbado com a mecânica quântica claramente não a compreendeu. Por conseguinte, tentar explicar a mecânica quântica ao público em geral em 30 segundos parece uma tarefa impossível. Ora, foi isso precisamente que há bem pouco tempo me pediram para fazer. Na semana passada, participei num evento (aquilo a que se chama um “café científico”) num festival de ciência em Brighton, na costa sul de Inglaterra. O título deste agradável encontro ao fim do dia era “Teorias em 30 segundos” e consistia num painel de “especialistas”, incluindo este vosso amigo, que eram convidados a explicar a todos os presentes diversas teorias científicas, no mínimo de tempo possível. Permitam-me que vos descreva a cena: o local era um bar que normalmente apresenta espectáculos de comédia, em que o público come e bebe numa atmosfera descontraída,

enquanto assiste à récita. Na noite em que lá estive, a audiência consistia numa centena de pessoas com grande apetência pela ciência, a quem tinha sido dada uma longuíssima lista de teorias científicas que iam do *Big Bang* à evolução e à genética, passando por algumas ideias bastante obscuras ou caídas em descrédito, de que muitos poderiam ter ouvido falar, mas que seguramente não compreendiam. Eu era o físico do painel e nessa qualidade coube-me responder a uma vasta série de questões, sem outra preparação para além dos poucos segundos que levava a dirigir-me ao microfone, estruturar o meu raciocínio e começar, a partir do momento em que alguém de entre o público bradava “Quero que o Jim explique...”! Enquanto as perguntas se ficaram pela teoria das cordas e do universo em estado estacionário ou até mesmo pela possibilidade de vida noutras planetas, a coisa foi relativamente fácil, mas quando chegou a vez da mecânica quântica, percebi que tinha de ser mesmo muito rápido.

Por onde é que haveria de começar? Até onde é que poderia ir? Seria capaz de transmitir as ideias essenciais?

Bom, fiz o meu melhor. Comecei com o Planck a dizer que a luz é emitida em pacotes, depois passei para o Bohr que queria aplicar a ideia para explicar os átomos. Ele e outros descobriram que a teoria fazia previsões muito estranhas, como a de que os átomos estariam em dois lugares ao mesmo tempo. Referi que, embora ainda hoje a teoria fosse intrigante, estava contudo subjacente a uma grande parte da moderna ciência e tecnologia. Deixei a audiência com vontade de mais, o que não será surpreendente, mas é também certamente a marca de um grande artista!

Jim Al-Khalili é professor de Física na Universidade de Surrey, Inglaterra, onde lecciona também uma nova disciplina sobre envolvimento público na ciência. O seu *site* na Internet é: www.al-khalili.co.uk

Landau, um físico na prisão de Estaline

Carlos Fiolhais

HÁ QUEM ATRIBUA A LEV DAVIDOVITCH LANDAU, AUTOR DO FAMOSO “CURSO DE FÍSICA TEÓRICA” COM EUGENE LIFSHITZ (POR VEZES DESIGNADO POR LANDAFSHITZ), A SEGUINTE FRASE SOBRE O CURSO: “NENHUMA PALAVRA É MINHA, NENHUMA IDEIA É DELE”.

De facto, o famoso físico soviético sobre cujo nascimento passaram em 22 de Janeiro passado cem anos detestava escrever, mas tinha ideias de génio. Lembrome de ter tentado ler o primeiro volume, de mecânica, no meu primeiro ano de Física. Nem uma palavra a mais, nem uma palavra a menos, da primeira à última página, parecia-me tudo genial.

Bem conhecido é o rigor e a exigência de Landau e da sua escola. Para passar o “*mínimo de Landau*” os alunos tinham de suar as estopinhas, poucos o tendo conseguido. E bem conhecidas são as suas notáveis e diversas contribuições para a física, justamente premiadas com o Nobel de 1962. Também bem conhecido é o terrível choque com um camião que, nesse mesmo ano e antes do prémio, o deixou entre a vida e a morte, pondo termo a uma carreira excepcional. Ainda conhecida é a sua personalidade original: era tão divertido como o seu contemporâneo Richard Feynman (por exemplo, Landau tinha uma escala de um a cinco para a beleza feminina, defendia que as raparigas deviam ter o primeiro namorado aos 19 anos mas só casar com o terceiro e advogava a infidelidade conjugal). Menos conhecido é, porém, o seu percurso político antes da



Segunda Guerra Mundial e depois em tempo de guerra fria. Um socialista inconveniente e iconoclasta, nunca pertenceu ao Partido Comunista. Sofreu na pele em 1938 o que era a prisão no tempo de Estaline. Acusado de escrever um panfleto que chamava fascista ao “Grande Líder” (e, pior, de ser um espião nazi, ele que era judeu e tudo), sofreu um ano às mãos do NKVD (a antecessora do KGB), de onde só foi salvo por intervenção pessoal de um Prémio Nobel da Física, Pyotr Kapitza, junto do todo poderoso chefe da polícia secreta, Lavrentiy Beria. As palavras não seriam dele, embora as ideias o pudessem ser. À semelhança de Galileu, foi um outro Landau quem saiu do cárcere. Até à morte de Estaline (seguida logo pela execução de Beria), não hesitou em trabalhar nos cálculos das bombas de hidrogénio que asseguravam a guerra fria (foi aliás Beria quem supervisionou o projecto soviético da bomba). Era uma espécie de seguro de vida, que lhe garantiu de resto as maiores homenagens da URSS, incluindo dois prémios Estaline o título de “*Herói do Trabalho Socialista*”. *Eppure si muove*. Documentos secretos do KGB revelados depois da queda da URSS revelaram que Landau, que se considerava um “*escravo instruído*”, chamou repetidamente, e com todas as letras, fascista a Estaline. Afirmou: “*Estou em crer que o nosso regime... é definitivamente fascista e não há um modo simples de o mudar.*” A mulher, mais ligada ao regime, nunca chegou a compreender o homem com quem viveu décadas e de quem teve um filho. Mas é fácil compreendê-lo: em assuntos de política, não só as ideias eram dele, mas também as palavras.

Carlos Fiolhais é professor da Universidade de Coimbra, sendo director da biblioteca dessa Universidade. É um grande divulgador de ciência, autor de muitos livros, nomeadamente “Física Divertida” e “Nova Física Divertida”.

Notícias

OS 100 ANOS DE LEV
DAVIDOVITCH LANDAU

Filipe Moura

DE CRIANÇA-PRODÍGIO A Opositor DE
ESTALINE

Há cem anos nascia, em Baku, no Azerbaijão, na altura parte do império russo, o maior cientista da extinta União Soviética e um dos maiores físicos do século XX. Landau foi uma criança prodígio: acabou a escola secundária com 13 anos de idade (mais tarde diria que não se recordava de que houvera uma altura da sua vida em que não sabia calcular derivadas e integrais), completou o curso de física na Universidade de Leninegrado aos 19 anos e, aos 21, já tinha o doutoramento!

A sua fama começou a espalhar-se, e o governo de Estaline autorizou que Landau visitasse algumas universidades europeias, entre as quais Copenhaga, onde conheceu Niels Bohr, que muito o marcou. Landau regressou depois à União Soviética, estabelecendo-se em Cracóvia, na Ucrânia. Durante a grande purga de 1936/37 Landau passaria um ano na prisão, acusado de ser um espião alemão. De seguida transferiu-se para Moscovo, onde passou a dirigir a divisão teórica do Instituto de Problemas Físicos da URSS.

1962: ANO DA GRAÇA E DA DESGRAÇA

As suas contribuições para a física teórica são inúmeras e valiosíssimas, nos mais diversos domínios. O seu trabalho mais conhecido é a teoria da superfluidez do hélio líquido, pela qual recebeu o Prémio Nobel de Física em 1962. De entre os seus muitos importantíssimos trabalhos merece ainda especial destaque a teoria das transições de fase de segunda ordem, onde Landau se apercebeu do papel importante da quebra espontânea de simetria, um conceito igualmente importante na física do modelo padrão (modelo *standard* da física de partículas¹). Os potenciais então estudados por Landau encontram aplicação quer na física da matéria condensada, quer na física de altas energias (os modelos de Landau-Ginzburg que, no contexto da supercondutividade, valeram ao seu colaborador Vitaly Ginzburg o Prémio Nobel de Física de 2003).

Landau estudou também a teoria cinética dos plasmas, tendo previsto o fenómeno chamado amortecimento de Landau, o decrescimento da amplitude de ondas de carga espaciais, que previne a formação de instabilidades. Na física do



estado sólido, formulou uma teoria quântica do diamagnetismo. Deu ainda outras contribuições notáveis à mecânica quântica (formulação em termos da matriz de densidade), à física nuclear e à teoria quântica de campo (os pólos de Landau).

Em 1962, Landau sofreu um acidente de automóvel, tendo ficado à beira da morte. As autoridades soviéticas requisitaram a colaboração de um reputado neurocirurgião norte-americano para a sua recuperação. O ambiente entre os seus colegas era de grande consternação, tendo estes mesmo construído de propósito um aparelho que haveria de se revelar decisivo para a sua reanimação. Esta reanimação foi conseguida, mas Landau não mais recuperou as suas faculdades intelectuais, nunca voltando a ser o que fora. Morreu em 1968.

**LANDAU E FEYNMAN, DOIS FORMADORES DE
GERAÇÕES**

Cem anos após o nascimento de Landau, e vinte após a morte de Feynman, é altura de recordarmos as suas obras pedagógicas.

Para além do Landau cientista, merece reconhecimento o Landau formador. Em conjunto com o seu discípulo Evgueni Lifshitz, Landau escreveu o famoso “Curso de Física Teórica”, galardoado com o Prémio Lenine do Estado soviético, que ajudou e ajuda na formação de gerações de físicos.

Este curso, inicialmente de nove volumes, representava o mínimo que teria que saber alguém que aspirasse a trabalhar no grupo de Landau. Necessariamente muitos dos tópicos lá abordados são bastante avançados e, por vezes, só se estudam ao nível de doutoramento. Mas também lá se encontram a mecânica clássica, o electromagnetismo e a mecânica quântica.



O curso foi sofrendo várias actualizações, durante a vida e mesmo após a morte de Landau, tendo neste caso sido feitas por outros discípulos: V. Bérestetski e, principalmente, L. Pitayevski. O objectivo era incorporar novas descobertas que tivessem sido feitas, por vezes pelo próprio Landau, de forma a manter a colecção o mais actual possível. Por esta razão, o volume de electrodinâmica quântica foi profundamente reestruturado. Da mesma forma foi criado um décimo volume, o segundo de física estatística, que aborda a teoria de muitos corpos. Nunca foi escrito directamente por Landau, mas engloba grande parte dos resultados por si obtidos. O Curso de Física Teórica de Landau e Lifshitz permite como nenhum outro obter uma visão unificada - a da escola de Landau - da física. De entre os outros cursos sobre toda a física, merecem especial destaque as famosas "The Feynman Lectures on Physics", os "três livros vermelhos" de Richard P. Feynman, físico notável laureado com o Prémio Nobel em 1954 pela sua formulação da electrodinâmica quântica, e igualmente com inúmeras contribuições importantíssimas em diversas áreas da física.

DOIS CURSOS, DUAS VISÕES

Feynman, que morreu de cancro há 20 anos (Fevereiro de 1988), é conhecido do grande público por outros motivos, nomeadamente os seus livros autobiográficos e as palestras públicas que realizava. Feynman sempre se preocupou em comunicar a sua actividade enquanto cientista ao homem comum, mesmo se fosse muito pouco ortodoxo. E muito pouco ortodoxa é a abordagem a grande parte dos conceitos no seu curso, baseado nas aulas que deu a uma turma especial de alunos do Instituto de Tecnologia da Califórnia (Caltech), onde era professor. Feynman gostava de descobrir problemas dentro



Lev Davidovitch Landau

Richard Feynman

dos problemas, pegando sempre em exemplos correntes, de forma a sempre os alunos pensarem. Procurava transmitir a ideia de que a física era uma ciência inacabada, e que era importante uma atitude de questionamento e curiosidade. A apresentação de tópicos é menos formal do que a de Landau. Tenta, ao contrário do que faz Landau, suscitar a intuição e a interpretação do resultado, antes da matemática que o origina. Com Landau, por sua vez, tem-se uma sensação de perfeição e completude do resultado, e a ilusão (por vezes é mesmo uma ilusão!) de que tudo o que haveria a dizer sobre aquele problema foi-nos ali apresentado, no típico estilo conciso e económico da escola russa. Landau quer mostrar-nos que todos os conhecimentos que foram atingidos na física formam um edifício coerente; Feynman procura recordar-nos que ainda há muitos problemas a resolver. A abordagem de Feynman é mais próxima da física que faz o investigador no seu dia a dia. Já a abordagem de Landau é importante por transmitir a noção do objectivo a atingir por parte do físico teórico: uma teoria só estará bem formulada se puder ser escrita com a clareza e a simplicidade.

Landau destinou os seus livros a candidatos a investigadores em física; já os livros de Feynman são para um nível mais elementar, destinando-se a alunos de licenciatura. Já os livros de Landau, sendo porventura só recomendáveis aos estudantes mais interessados ao nível de licenciatura, são recomendados frequentemente em cursos de doutoramento nas universidades americanas.

Podemos dizer que o que os livros de Feynman e de Landau são pouco convencionais. Mas têm mais em comum. O "Curso de Física Teórica" de Landau e as "The Feynman Lectures on Physics", sendo bastante diferentes na natureza e objectivos, demonstram que a física é só uma, e que quem procura estudá-la deve fazê-lo por inteiro, não se especializando demasiado logo à partida. Ambos os cursos são, além disso, uma prova acessível do génio de ambos os autores.

Para saber mais:

E.M. Lifshitz, "Lev Davidovitch Landau", publicado em português no primeiro volume do "Curso de Física Teórica - Mecânica", Mir, Moscovo (1976).

Lubos Motl, "Lev Landau was born 100 years ago", blogue "The Reference Frame", <http://motls.blogspot.com/2008/01/lev-landau-was-born-100-years-ago.html>.



REINO UNIDO DIZ “SIM” À ENERGIA NUCLEAR

Tânia Rocha

O governo britânico anunciou no passado dia 10 de Janeiro os seus planos sobre energia nuclear num *white paper* onde se afirma a intenção de substituir os reactores das centrais nucleares existentes neste país por novos reactores, mais eficientes. Esta medida foi tornada pública juntamente com a *Energy Bill* onde se traçam as linhas de acção propostas para a energia, e se pretende ajudar a diminuir as emissões de dióxido de carbono do Reino Unido em 60% até ao ano 2050 e a garantir o fornecimento de energia reduzindo a dependência dos combustíveis fósseis.

O secretário de Estado dos Assuntos Económicos e das Empresas, John Hutton, convidou as empresas privadas de energia a apresentarem propostas para a construção e manutenção de novos reactores e centrais. Para já, não foram propostas novas localizações, tendo Hutton afirmado que “se concentrariam nas áreas onde já existem centrais e suas vizinhanças”.

As centrais nucleares produzem cerca de um quinto da electricidade do Reino Unido, mas quase todos os reactores nucleares britânicos actuais terão de encerrar até 2023, com excepção de um, que deverá encerrar em 2035. Embora em 2003 o governo britânico tivesse afirmado que a energia nuclear não seria a resposta para as crescentes necessidades energéticas, há agora uma reviravolta na sua posição, propondo a manutenção da energia nuclear, em conjunto com o desenvolvimento de outras formas de produção de energia como a eólica e a hidroeléctrica. “Cada central nuclear permitirá “poupar” uma quantidade de emissões de dióxido de carbono equivalente à produzida por cerca de um milhão de lares”, afirmou Hutton no Parlamento britânico. Afirmou também que as novas centrais e reactores estariam prontas e a funcionar “bem antes de 2020”.

Avizinham-se, contudo, dificuldades, pois segundo um relatório da Agência de Energia Nuclear, de Novembro de 2007, a nível global há falta de profissionais especializados no projecto e construção de novos reactores. Será portanto necessário no futuro próximo um esforço do Governo britânico para atrair pessoas com formação em ciência e engenharia para o sector do nuclear. Temas controversos são também o tratamento a dar aos resíduos nucleares e se será de facto possível as centrais funcionarem sem subsídios governamentais, como é desejo do Governo britânico.

Mais informação sobre a posição do Governo britânico no que diz respeito à energia nuclear <http://nuclearpower2007.direct.gov.uk/> Ver também <http://www.berr.gov.uk/files/file43006.pdf> O ponto de vista da Greenpeace UK, está disponível em <http://www.greenpeace.org.uk/blog/nuclear/the-nuclear-white-paper-an-analysis-20080110>.

A EUROPEAN PHYSICS SOCIETY (EPS) RECOMENDA ENERGIA NUCLEAR

Tânia Rocha

European Physics Society (EPS) tornou pública em finais de 2007 a sua posição a respeito da energia nuclear, num documento onde defende que a Europa deve continuar a utilizar centrais nucleares, como uma das opções de produção de energia, e deve investir em programas de investigação e desenvolvimento em energia nuclear.

No contexto dos problemas ambientais globais, em particular a necessidade de controlar as emissões de CO₂, e atendendo às crescentes necessidades energéticas mundiais, que se prevê virem a aumentar cada vez mais com o desenvolvimento do nível de vida em grandes países como a Índia e a China, a EPS considera que “a energia nuclear pode e deve dar um contributo importante no leque de fontes de energia com baixos níveis de emissões de CO₂”. Entre outras conclusões, a EPS defende também que nenhuma fonte de energia poderá, isoladamente, satisfazer as necessidades das gerações futuras; que os reactores nucleares modernos, com tecnologia comprovada na prevenção de acidentes e sistemas de segurança passivos, tornarão quase impossível um acidente semelhante ao de Chernobyl; que se deve estudar a possibilidade de aumentar o tempo de vida dos reactores existentes, particularmente na Europa; que é necessário continuar a apoiar a investigação e desenvolvimento, quer a nível teórico e fundamental quer a nível tecnológico, nas áreas de estudo do nuclear e que é essencial um esforço para fornecer informação ao público em geral sobre todos os aspectos da produção de energia nos vários tipos de centrais, incluindo as nucleares, desde o seu impacto ecológico a curto, médio e longo prazo aos riscos associados e à sua capacidade de produção de energia. Aborda ainda os vários tipos de reactores actuais e as características dos diversos tipos de tecnologias.

A declaração está estruturada em seis secções, em que são abordados o futuro do consumo de energia e da produção de electricidade (secção 1), a necessidade de um ciclo de energia livre de emissão de CO₂ (secção 1), a produção actual de energia nuclear (secção 2), as fontes de preocupação e os riscos da energia nuclear (secções 3 e 4), a produção de energia nuclear no futuro (secção 5) e a posição da EPS (secção 6).

A EPS é uma organização financiada pelas sociedades nacionais de física, por outras instituições e pelos membros individuais, que representa mais de cem mil físicos. Os autores da declaração são membros do Nuclear Physics Board (NPB) da EPS, e trabalham no campo do estudo fundamental do nuclear, não tendo no entanto qualquer envolvimento com a indústria da energia nuclear.

O documento, na sua totalidade, pode ser consultado em http://www.eps.org/about-us/position-papers/about-us/position-papers/position_paper.pdf.

Aconteceu

X ENCONTRO NACIONAL DE ESTUDANTES DE FÍSICA (ENEF)

Miguel Machado

O Núcleo de Física do Instituto Superior Técnico (NFIST) e a Physis - Associação Nacional de Estudantes de Física - organizaram este ano a 10ª edição do Encontro Nacional de Estudantes de Física, tendo contado com o patrocínio da Sociedade Portuguesa de Física, em particular. Este encontro tem-se realizado anualmente em diversos pontos do país, reunindo jovens estudantes de física, de Norte a Sul, sendo a segunda vez que decorreu em Lisboa. O ENEF tem, portanto, um carácter lúdico-pedagógico, já que se trata de um importante meio de divulgação científica criado num ambiente de espírito jovem, descontraído e divertido. Neste encontro promove-se em particular um concurso que visa incentivar os estudantes de Física a preparar individualmente palestras relacionadas com o tema, fomentando assim as

EPI, recebeu o ENEF com brio.

O programa consistiu em três palestras convidadas por professores do IST, instituição que acolheu o encontro: Professor João Seixas (LHC-CERN), Professor Carlos Varandas (Actividades do IPFN em Fusão Nuclear Controlada) e Professora Patrícia Figueiredo (Imagem funcional do cérebro por ressonância magnética). Sem nunca esquecer os objectivos principais do ENEF, realizou-se o concurso com sete participações, entre posters e palestras. O júri convidado foi composto pelo Professor Fernando Barão (IST, Universidade Técnica de Lisboa), o Professor João Carvalho (Universidade de Coimbra) e o Professor Luís Rebouta (Universidade do Minho). Os vencedores desta 10ª edição foram a Mariana Proença da Universidade do Minho (Nanoporous Anodic Alumina Templates) e o Nuno Martins da Universidade de Coimbra (Magnetes de Base Molecular) que receberam como prémio a ida ao International Conference of Physics Students 2008, em Agosto na Polónia.

O NFIST está, como sempre, de parabéns!



suas capacidades na elaboração e apresentação de projectos. Por outro lado, é também um encontro para criar um espaço de convívio e intercâmbio, não só entre estudantes de licenciatura e mestrado, como também alunos graduados quer estejam ou não a realizar uma pós-graduação. Aposta-se, neste sentido, em tornar o ENEF num interessante meio de comunicação e divulgação científica entre todos os estudantes do país.

O X ENEF, que decorreu no IST de 28 de Fevereiro a 2 de Março de 2008, contou com a presença de 70 participantes oriundos de Braga, Porto, Aveiro, Coimbra, Lisboa e Faro. Alargando o encontro à região da Grande Lisboa, foi visitada a Escola Prática de Infantaria (EPI) em Mafra com o objectivo de dar a conhecer os aparelhos de visão nocturna. Como em actividades anteriores, o Exército, e em particular a

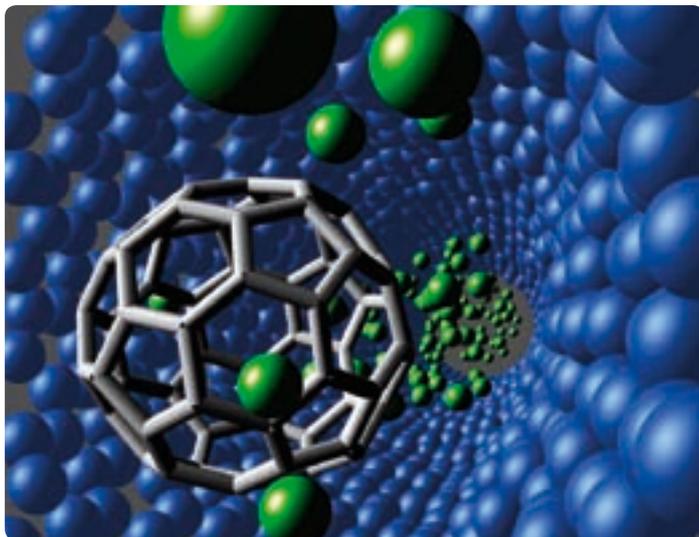
CONFERÊNCIA DA EUROPEAN PHYSICAL SOCIETY (EPS) SOBRE ENERGIA

Decorreu nos dias 7 e 8 de Abril de 2008 a Conferência sobre Energia da *European Physical Society* (EPS), em Villa Monastero, Varenna, Lago Como, na Itália.

Esta conferência foi organizada pela European Physics Society e pela Società Italiana de Fisica e incluiu palestras de vários conferencistas sobre o estado das políticas, investigação e desenvolvimento relacionados com energia em diversos países europeus como Alemanha, Bielorrússia, Eslováquia, Espanha, Finlândia, França, Itália, Lituânia, Noruega, Portugal, Reino Unido, República Checa, Suécia e Turquia, e os pontos de vista de várias organizações europeias. Portugal esteve representado pelo Prof. Carlos Varandas do Instituto Superior Técnico.

PRIMEIRA PEDRA DO LABORATÓRIO INTERNACIONAL IBÉRICO DE NANOTECNOLOGIA

Tânia Rocha



A 18 de Janeiro de 2008, foi assente a primeira pedra do Laboratório Internacional Ibérico de Nanotecnologia, em Braga. A cerimónia, durante a Cimeira Ibérica, contou com a presença do Primeiro-Ministro de Portugal, do Presidente do Governo de Espanha e dos Ministros da Ciência de ambos os países.

Este centro de investigação será construído numa área de quase 50 000 m², a cerca de 500 metros do Campus de Gualtar da Universidade do Minho, em Braga, no terreno onde até 2007 esteve localizado o parque de diversões Bracalândia.

Ao longo do ano de 2008 será feita a construção dos vários edifícios, a aquisição dos equipamentos, e o recrutamento de investigadores (deverá recrutar cerca de duas centenas de especialistas), de modo a que o laboratório inicie trabalho em 2009, embora o centro só deva ficar concluído em 2010 ou 2011.

Desenvolverá investigação na área das nanotecnologia e possuirá um espaço para instalar visitantes de curta duração, e também um centro de Ciência Viva para divulgação à população em geral dos trabalhos ali desenvolvidos. A nanotecnologia desenvolve dispositivos com dimensões de nanómetros, à escala dos átomos e das moléculas, potencialmente aplicáveis nas mais diversas áreas, desde a medicina ao armazenamento de informação, da segurança alimentar à produção e armazenamento de energia.

O laboratório resulta de um Memorando de Entendimento que o Ministério da Ciência, Tecnologia e Ensino Superior de Portugal e o Ministério da Educação e Ciência de Espanha assinaram em 19 de Novembro de 2005 para a criação e operação conjunta de um Instituto de Investigação e Desenvolvimento, e envolve um investimento anual de 30 milhões de euros, repartidos por Portugal e Espanha. Está aberto à participação de outros países e de instituições e especialistas de todo o mundo.

JOHN ARCHIBALD WHEELER A MORTE DE UMA ESTRELA

Teresa Peña

Filipe Moura



Ao fecharmos este número da Gazeta de Física caiu a notícia da morte de John Wheeler (1911-2008).

Esta nota pretende, mesmo no último minuto antes do fecho, prestar-lhe uma pequena, mas bem devida, homenagem.

Queremos realçar a persistência da sua visão unificadora da realidade, na tradição de Albert Einstein, e também a graça de comunicar expressivamente ciência — patente na feliz invenção dos termos “buracos negro” e “wormhole”, para nomear, respectivamente o resultado de um colapso gravitacional e um túnel no espaço-tempo (fenómenos já conhecidos mas até então sem designação). Trabalhou em relatividade geral e foi um pioneiro em gravitação quântica. Inovador e polémico, Wheeler especulou mesmo que as leis da física possam evoluir no tempo, num processo semelhante ao da selecção natural na biologia. As grandes contribuições de John Wheeler começaram quando Niels Bohr trouxe para os Estados Unidos a notícia inesperada dos resultados de Otto Hahn, Fritz Strassmann, Lise Meitner e Otto Frisch, e o entusiasmou pela teoria da fissão nuclear nos finais dos anos 30. John Wheeler foi ainda um dos que participaram no projecto Manhattan conducente à primeira bomba atómica. Em 1956, participou também na determinação da composição de uma estrela fria (e morta). O elemento encontrado foi necessariamente o ferro, por a fusão nuclear não poder ir para lá deste elemento. A equação de estado de “Harrison-Wheeler” para a matéria fria serviu de base para a quantificação da morte de uma estrela. E indicou o caminho para o destino fatal de uma estrela muito massiva: o buraco negro. Tendo sido professor em Princeton até 1976, onde criou e soube afirmar uma prestigiada e influente escola de gravitação, supervisionou entre outras a tese de doutoramento de Richard Feynman (que costumava dizer a seu respeito: “toda a gente diz que Wheeler está a dar em maluco, mas ele sempre foi maluco!”). Foi ainda a Princeton que regressou no ciclo final de vida, como professor emeritus, depois de ter sido director do Centro de Física Teórica da Universidade do Texas em Austin. Tendo desaparecido, ficam porém connosco as suas ideias e os seus livros, entre os quais o monumental “Gravitation” (1973), em co-autoria com Charles W. Misner e Kip Thorne, “A Journey into Gravity and Spacetime” (1990), “Exploring Black Holes: Introduction to General Relativity” (2000). E as pessoas de quem foi professor, amigo e/ou mentor.

**CONJECTURA DE POINCARÉ.
GEOMETRIA PARA ENTENDER
O UNIVERSO**
Marcelo Viana 12.12.07
IMEP - Instituto Nacional de Matemática
Pura e Aplicada, Rio de Janeiro

**PODEMOS PREVER
UM TSUNAMI?**
Ana Viana-Baptista 30.01.08
ISEL - Instituto Superior de Engenharia de Lisboa

**VACAS LOUCAS, LEVEDURAS
NEUROTICAS, E REGRESSO
AO FUTURO**
Tiago Fleming de Oliveira Duarte 20.02.08
Unidade de Medicina Molecular
Universidade de Lisboa

**ICEBERGS, NEVE E MUITOS
PINGUINS:
AS RAZÕES DO ANO POLAR
INTERNACIONAL**
José Xavier 28.03.08
Centro de Ciências do Mar, Universidade do Algarve

**O "NASCIMENTO" DA CÉLULA -
UMA VISITA GUIADA ATRAVÉS
DO MICROSCÓPIO**
Helder Malato 16.04.08
Instituto de Biologia Molecular e Celular,
Universidade de Porto

**O PAPEL REVOLUCIONÁRIO
DA NANOTECNOLOGIA
E DAS CÉLULAS ESTAMINAIS
NA MEDICINA REGENERATIVA**
Manuela Gomes 14.05.08
IBB - Instituto de Biologia e Engenharia
Universidade de Minho

**AQUECIMENTO GLOBAL:
A CAMINHO DA
AUTODESTRUIÇÃO OU DA
ENGENHARIA CLIMÁTICA
PLANETÁRIA?**
Ricardo Aguiar 10.06.08
INETI - Instituto Nacional de Engenharia,
Tecnologia e Inovação

**NA FRONTEIRA DO UNIVERSO -
EM BUSCA DO FIM DA IDADE
DAS TREVAS**
José Manuel Afonso 10.07.08
Observatório Astronómico de Lisboa

NA FRONTEIRA DA CIÊNCIA

Conferências 07'08

AUDITÓRIO 2/18H00
Transmissão em circuito vídeo nos espaços adjacentes

Fundação Calouste Gulbenkian
Av. da Boavista, 40 A - 1067-001 LISBOA

Informações / Estabelecimento de análise interessadas em participar
T 21 782 33 23 E fronteiradaciencia@gulbenkian.pt
F 21 782 33 19 W www.gulbenkian.pt/fronteiradaciencia



FUNDAÇÃO
CALOUSTE
GULBENKIAN



Agência Nacional
PARA A CAPTURA
CIÊNCIA E TECNOLÓGICA

Vai acontecer

FÍSICA JÚNIOR 2008

José Paulo Santos

A Comissão Organizadora da FÍSICA 2008, 16ª Conferência Nacional de Física e 17º Encontro Ibérico para o Ensino da Física, convida os mais Jovens a participar na FÍSICA JÚNIOR que pela primeira vez integra a Conferência.

A FÍSICA JÚNIOR 2008 realiza-se no dia 6 de Setembro na Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa no Campus de Caparica e tem como principais destinatários todos os jovens que se interessem por física e tecnologia, bem como

os adultos que os queiram acompanhar. Entre outras actividades que ocorrerão durante o evento, estará patente uma exposição interactiva de física e serão apresentados colóquios dirigidos ao público jovem. Com o objectivo de promover e estimular a participação activa dos jovens, é lançado um concurso nacional que culminará na atribuição de prémios aos melhores trabalhos apresentados. Os trabalhos deverão estar enquadrados no grande tema "Física e Energia"

e deverão ser originais ao nível da divulgação científico-pedagógica.

Estão a concurso duas categorias de trabalhos em cada escalão: "Projecto Experimental" e "Monografia". A categoria "Projecto Experimental" visa o desenvolvimento de uma montagem experimental subordinada a um subtema à escolha do/dos participante/participantes. A categoria "Monografia" engloba trabalhos escritos que exponham um subtema à escolha do(s) participante(s). Os concorrentes podem apresentar trabalhos nas duas categorias do seu escalão.

Podem participar no Concurso FÍSICA JÚNIOR os alunos das Escolas Secundárias e Básicas nacionais, públicas ou privadas, nos seguintes escalões:

Escalão A: Alunos do 3º ciclo do Ensino Básico.

Escalão B: Alunos do Ensino Secundário que não tenham completado 20 anos até 31 de Dezembro de 2008.

Mais informações podem ser obtidas em <http://fisica2008.spf.pt>.



CONFERÊNCIA SOBRE MATÉRIA CONDENSADA NA FUNDAÇÃO CALOUSTE GULBENKIAN

EMLG/JMLG ANNUAL MEETING 2008

"Understanding Solvation from Liquid to Supercritical Conditions", Lisboa

Isabel Cabaço

A Divisão de Física Atómica e Molecular da Sociedade Portuguesa de Física está a organizar o European/Japanese Molecular Liquid Annual Meeting 2008 (EMLG 2008). Este grupo interdisciplinar, cujas actividades se estendem aos domínios moleculares dos fluidos em Física, Química e Biologia, organiza desde 1982 conferências anuais em diferentes países europeus e mais recentemente em 2007 em Fukuoka no Japão.

O encontro de 2008 terá lugar de 31 de Agosto a 4 de Setembro na Fundação Calouste Gulbenkian, em Lisboa e inclui os seguintes tópicos: Solvation, Supercritical Fluids, Ionic Liquids and Solvation in Complex Systems.

O programa inclui oito sessões plenárias com cientistas convidados, trinta sessões orais e uma sessão com apresentação de trabalhos em formato de poster.

A Comissão Organizadora é presidida por M. Isabel Cabaço (UTL) e M. Musso (U. Salzburg; Áustria) e é constituída por Ana M. Costa (UL), J. N. Canongia Lopes, (UTL), J. Paulo Santos (UNL), H. Carvalho (UTL), Carlos Cruz (UTL), J. Moura Ramos (UTL) e Pedro Sebastião (UTL).

A Comissão Científica é constituída por Marcel Besnard (CNRS, U. Bordeaux, França), Philippe Bopp (U. Bordeaux, França), Richard Buchner (U. Regensburg, Alemanha), Vladimir Durov (U. Moscovo, Rússia), Joan Padró (U. Barcelona, Espanha), Gabor Palinkas (Ac Ciências Hungria), José Teixeira (L. Léon Brillouin, França), Hajime Torii (U. Shizuoka, Japão) e Toshio Yamaguchi (U. Fukuoka, Japão).



Mais informações sobre a conferência, datas importantes, registo e contactos em <http://emlg2008.cii.fc.ul.pt>.

2009 SERÁ O ANO INTERNACIONAL DA ASTRONOMIA (AIA2009)

Tânia Rocha



2009 foi declarado oficialmente como Ano Internacional da Astronomia, pela Organização das Nações Unidas, em 20 de Dezembro de 2007. Em 2009 comemoraram-se os 400 anos das primeiras observações astronómicas através de telescópio, feitas por Galileu Galilei. A astronomia tem contribuído para o desenvolvimento da ciência e da tecnologia, mas também contribuiu

para a evolução da filosofia, da cultura e da forma como o ser humano vê o seu lugar no mundo. O Ano Internacional da Astronomia (AIA2009) é uma iniciativa com carácter mundial da União Astronómica Internacional e da UNESCO. As actividades do AIA2009 decorrerão a nível global e regional, mas também a nível nacional e local. Esta iniciativa pretende estimular o interesse pela astronomia e pela ciência em geral, sobretudo entre os jovens, em todo o mundo, promover o acesso a novos conhecimentos e desenvolver comunidades de interesse na astronomia e tem como tema central "Descobre o teu Universo".

Em Portugal a celebração do AIA2009 será organizada pela Sociedade Portuguesa de Astronomia. Para Portugal estão previstas diversas actividades de carácter informativo e educativo, como observações astronómicas diurnas e nocturnas, palestras, actividades a pensar nas escolas, ateliers para crianças e jovens, concursos (um que relaciona astronomia e arte e outro centrado na observação astroómica), sessões de planetário, exposições itinerantes e a apresentação de peças teatrais e musicais, cujo tema será a astronomia. Uma proposta original é a "Noite de Astronomia", onde as capitais de distrito serão convidadas a desligar por um curto período de tempo a iluminação pública à noite permitindo realizar observações astronómicas em plena cidade.

Mais informação sobre as comemorações globais do AIA2009 disponível em <http://www.astronomy2009.org/>

LIP-CERN 2008: VEM CONHECER O CERN - EM PORTUGUÊS!

Pedro Abreu



O LIP e o CERN, à semelhança do ano anterior, organizam em conjunto uma Escola de Verão no CERN, e em Língua Portuguesa, de 1 a 5 de Setembro de 2008, com o apoio da "Ciência Viva" - Agência Nacional para a Cultura Científica e Tecnológica.

Convidam-se Professores de Escolas Portuguesas, na área da Física e da Química, a participarem neste estágio no CERN. Haverá palestras feitas por investigadores a trabalhar no CERN e visitas guiadas a vários aspectos do Laboratório (experiências e aceleradores).

A língua de trabalho deste estágio é o Português, e os Professores serão acompanhados por investigadores portugueses.

Todos os custos (viagem, alojamento e alimentação) serão suportados pelo LIP. Os participantes deverão chegar ao CERN na véspera do primeiro dia do estágio, isto é a 31 de Agosto.

O concurso está aberto para todos os interessados a este estágio até ao dia 15 de Maio de 2008. As inscrições são feitas através da página:

http://www.lip.pt/CERN_em_Portugues/

Os candidatos devem apresentar um currículo vitae e uma carta de motivação. No currículo vitae devem ser referidas a participação em actividades organizadas pelo LIP ou pelo CERN, e/ou envolvimento em projectos da Ciência Viva ou de outras organizações ligadas ao ensino experimental da Física nas Escolas.

Os critérios de selecção serão baseados numa avaliação curricular, tendo-se em especial atenção nas actividades acima referidas e a localização geográfica da escola(s) de trabalho dos candidatos.

O resultado do concurso será conhecido na segunda quinzena de Junho de 2008.

Mais informações em:

http://www.lip.pt/CERN_em_Portugues/

ou através da Secretaria do LIP:

Sandra Dias, LIP, Av. Elias Garcia, 14, 1,1000-149 Lisboa
Tel. 217973880 - Fax. 217934631 - sandra@lip.pt

**XXVII SIMPÓSIO DA SCIENTIFIC INSTRUMENT
COMMISSION**



Museu de Ciência, Universidade de Lisboa
16-21 Setembro 2008

Marta Lourenço

Este ano, o Museu de Ciência da Universidade de Lisboa vai acolher o XXVII Simpósio da Scientific Instrument Commission (SIC2008). A Scientific Instrument Commission faz parte da União Internacional de História e Filosofia da Ciência (IUHPS) e tem como principais objectivos o estudo, documentação, preservação e valorização das colecções de instrumentos científicos, bem como promover a sua utilização como fonte para a história da ciência.

O encontro SIC2008 vai reunir em Lisboa cerca de 120 dos mais importantes especialistas mundiais em instrumentos científicos e também prestigiados historiadores da ciência. É a primeira vez que uma reunião com este tema e esta importância se realiza em Portugal.

O Museu de Ciência da Universidade de Lisboa pretende, com este encontro, para além de aprofundar e consolidar o nosso conhecimento sobre instrumentos, divulgar o património científico português junto da comunidade científica internacional e também promover estudos de instrumentos e cultura material junto de jovens historiadores da ciência portugueses.

O Programa vai incluir visitas às mais importantes colecções de instrumentos científicos em Portugal:

- Museu de Ciência da Universidade de Lisboa, incluindo o recentemente inaugurado Laboratório Chimico da Escola Politécnica
- Museu de Marinha, Lisboa
- Museu de Metrologia do Instituto Português de Qualidade, Caparica
- Museu de Farmácia, Lisboa
- Observatório Astronómico da Ajuda, Lisboa
- Colecção de Instrumentos Científicos do Instituto Superior Técnico, Lisboa
- Gabinete de Física da Escola Secundária Passos Manuel, Lisboa
- Museu da Academia das Ciências de Lisboa
- Museu da Ciência da Universidade de Coimbra
- Museu de Física da Universidade de Coimbra
- Colecção de Astronomia da Universidade de Coimbra
- Museu de Ciência da Universidade do Porto
- Museu da Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto
- Museu Parada Leitão, Instituto Superior de Engenharia, Porto



Para mais informações e inscrições:
<http://chcul.fc.ul.pt/sic2008> - sic2008@museus.ul.pt

SIC2008 é organizado em colaboração com o Centro de História da Ciência da Universidade de Lisboa.



Radioactividade aspirada

Carmen Oliveira

Escola Secundária de Casquilhos

Luís Peralta

Departamento de Física da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa

DE DIVERSOS CANTOS DO UNIVERSO CHEGAM-NOS RAIOS CÓSMICOS QUE INTERACTUAM COM A ATMOSFERA PRODUZINDO CASCATAS DE PARTÍCULAS, ATINGINDO ALGUMAS DELAS A SUPERFÍCIE TERRESTRE.

No que diz respeito a nuclídeos radioactivos existentes na crosta da Terra, podemos em condições normais, encontrar no meio ambiente vestígios de ^{238}U , ^{230}Th , ^{40}K , etc. As radiações emitidas por estes nuclídeos contribuem também para a dose de radiação total a que estamos naturalmente submetidos, sendo que mais de 50% dessa dose tem origem nas radiações emitidas pelo gás radão e seus descendentes [1] estimando-se que em média a dose efectiva devida a fontes naturais seja da ordem de 2,4 mSv por ano [2]. Como comparação, uma vulgar radiografia pode corresponder a uma dose efectiva de 0,02 mSv, enquanto que num único TAC ao abdómen pode ser fornecida uma dose efectiva de 10 mSv [3]. O isótopo

^{222}Rn , é um dos produtos da cadeia de decaimento do ^{238}U e tem um tempo de semi-vida de 3,82 dias [4]. Tem assim a oportunidade de se difundir através das micro-fendas das rochas e através do solo acabando por entrar na atmosfera. No caso das habitações, pode entrar através das fissuras do soalho, acumulando-se sobretudo nos pisos inferiores, uma vez que a densidade do gás radão é maior que a do ar. O arejamento dos compartimentos habitados é assim uma prática importante para a diminuição da concentração de radão. Num levantamento efectuado pelo ITN [1] podemos ver a distribuição do radão a nível nacional (figura 1). Claramente existe uma maior concentração de radão na atmosfera em zonas do país com formações graníticas (Beira Baixa e Beira Alta). Na região de Lisboa é notar a zona de Sintra com o seu maciço granítico onde se observaram níveis elevados de radão. Para além do ^{222}Rn , a cadeia de desintegração radioactiva continua com vários nuclídeos que apresentam tempos de semi-vida da ordem dos segundos ou minutos, tal como se pode observar na figura 2. Em particular o ^{214}Pb e o ^{214}Bi têm tempos de semi-vida respectivamente de 26,8 e 19,9 minutos, constituindo óptimos candidatos para a observação do seu decaimento durante o tempo de uma aula.

Os dados que apresentamos reportam-se a um conjunto de experiências realizadas na Escola Secundária de Casquilhos, Barreiro e que tiveram a participação de alunos de Física do 12.º ano.

ASPIRANDO O RADÃO

Em condições normais as concentrações de radão na atmosfera são relativamente modestas, situando-se em Portugal as actividades específicas detectadas em valores

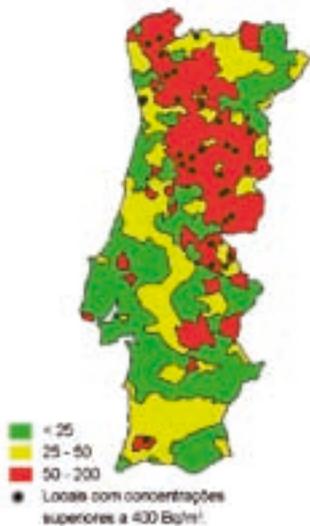


Figura 1. Distribuição de actividade devida a radão em Bq/m³. Levantamento feito pelo Instituto Tecnológico Nuclear (mapa adaptado da referência [1]).

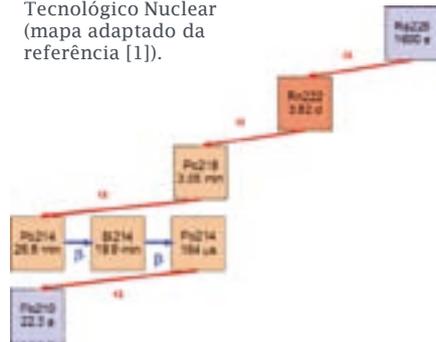


Figura 2: O rádio-226 é um dos descendentes do urânio-238, sendo o progenitor directo do radão-222. A figura mostra a série radioactiva a partir do rádio-222 até ao chumbo-210.

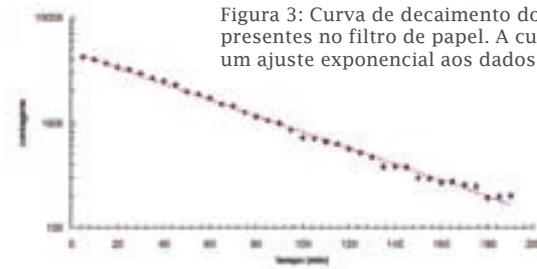


Figura 3: Curva de decaimento dos núcleos presentes no filtro de papel. A curva representa um ajuste exponencial aos dados.

inferiores a 200 Bq/m³ [1]. Desta forma a detecção imediata do radão é difícil, mesmo quando se usam equipamentos sofisticados. Assim teremos de aumentar a concentração na amostra a observar. O primeiro passo será o de escolher um local pouco arejado (por exemplo uma arrecadação) onde o ar não tenha a oportunidade de circular e o radão que aí se forme não tenha oportunidade de escapar. O segundo passo será o de colectar o radão e os seus descendentes de forma a podermos detectar as suas desintegrações. Quando se dá a desintegração do radão o seu descendente imediato o ²¹⁸Po, fica animado de energia cinética suficiente para se implantar nos objectos circundantes, nomeadamente nas partículas de poeira existentes em suspensão no ar. Então o que teremos que fazer é colectar estas partículas durante um determinado intervalo de tempo e posteriormente procederemos à detecção da radiação emitida pelos descendentes do ²²²Rn. A colecção das partículas de poeira poderá ser feita com o auxílio de um vulgar aspirador doméstico, ao qual se adapta um filtro (por exemplo um lenço de papel) ao tubo de sucção [5]. No caso da experiência na Escola Secundária de Casquilhos o tempo de aspiração utilizado foi de 15 minutos. Para a detecção das radiações emitidas pela amostra utilizou-se um detector Geiger com aquisição por computador, modelo RM-60 da AWARE [6]. A facilidade de utilização e o preço acessível fazem deste equipamento uma boa escolha para as escolas secundárias. Após retirarmos o lenço de papel do tubo do aspirador colocámo-lo a face que esteve voltada para fora do tubo em frente da janela do detector Geiger e procedemos à aquisição do número de contagens (figura de abertura do artigo). O tempo total de aquisição deverá ser pelo menos de 30 minutos (i.e. da ordem do tempo de semi-vida do ²¹⁴Pb). Na figura 3 apresentamos um tempo total de aquisição de 3 horas, sendo que cada ponto corresponde ao número de contagens acumuladas durante 5 minutos. Dadas as condições em que é realizada a experiência e ao detector usado, as contagens observadas são

essencialmente devidas à detecção de electrões emitidos pelo ²¹⁴Pb e ²¹⁴Bi [7], que declinam por emissão beta negativa. O ²²²Rn apresenta um tempo de semi-vida muito maior que os seus descendentes mais directos (²¹⁸Po, ²¹⁴Pb, ²¹⁴Bi e ²¹⁴Po). Assim a taxa de desintegração do ²²²Rn comanda a taxa de desintegração dos seus descendentes. Nesta situação existe o que se designa por equilíbrio secular [8]. Podemos ainda considerar que as actividades dos descendentes são à partida iguais [7], pois os seus tempos de semi-vida são curtos e este nuclideos estão exclusivamente a ser produzidos a partir da cadeia de decaimento do radão. A proximidade do valor dos dois tempos de semi-vida do ²¹⁴Pb e ²¹⁴Bi, leva a que a representação gráfica do número de contagens obtidas não se afaste de forma significativa de uma curva exponencial, no intervalo de tempo em que foi feita a aquisição.

Grandezas Físicas	Unidades (símbolo)	Definição
Actividade	bequerel (Bq)	A actividade de um nuclideo radioactivo é igual ao número de desintegrações por segundo. Não deve ser confundida com o número de partículas emitidas na desintegração. De uma desintegração pode resultar a emissão de várias partículas.
Tempo de semi-vida	segundo (s)	Para uma amostra contendo um determinado nuclideo radioactivo, é o tempo que leva metade desses núcleos a transformarem-se.
Dose / Dose efectiva	gray (Gy) / sievert (Sv)	A dose é definida como sendo a quantidade de energia depositada por radiações ionizantes por unidade de massa. A dose efectiva tem em conta as diferentes radiosensibilidades de cada órgão a cada tipo de radiação.

Referências

- Radão - Um Gás Radioactivo de Origem Natural (2002). Instituto Tecnológico e Nuclear, Departamento de Protecção Radiológica e Segurança Nuclear, http://www.itn.pt/docum/relat/radao/itn_gas_radao.pps
- Mário Capucho dos Reis, Radioactividade Ambiente, Gazeta de Física, Vol. 30. Fasc. 1, 2007 pp 58-66.

- What are the Radiation Risks from CT?, FDA US Food and Drug Administration, <http://www.fda.gov/cdrh/ct/risks.html>, 2008
- Firestone R.B. e Ekström, WWW Tables of Radioactive Isotopes, Versão 2.1, Janeiro 2004, <http://ie.lbl.gov/toi/>
- Oliveira, C., (2006), Radioactividade e Ambiente no Ensino Secundário, tese de Mestrado, Universidade de Lisboa, http://www.lip.pt/~luis/teses/Carmen_Oliveira_tese.pdf

- AWARE electronics, <http://www.awarel.com/>, 2007
- L. Peralta, T. Paiva e C. Ortigão, Radioactive ²²²Rn daughter nuclides on a paper strip, Eur. J. Phys. 24 (2003) 149-157.
- K. S. Krane, Introductory Nuclear Physics, John Wiley & Sons, 1987.



Laboratórios para o século XXI

Maria da Conceição Abreu
Departamento de Física da FCT,
Universidade do Algarve

UMA VISÃO PESSOAL SOBRE LABORATÓRIOS DE FÍSICA PARA O ENSINO SECUNDÁRIO

OS LABORATÓRIOS NO ENSINO BÁSICO E SECUNDÁRIO DEVEM PREOCUPAR-NOS, SE QUISERMOS TER MAIS SUCESSO NA APRENDIZAGEM DE CIÊNCIAS COMO A FÍSICA E A QUÍMICA. A DISCUSSÃO DESTE TEMA MERECE TODA A ATENÇÃO DOS QUE SE DEDICAM AOS ASSUNTOS DE EDUCAÇÃO NA ÁREA DE FÍSICA.

Este artigo surge como um comentário, que se pretende construtivo, à recente proposta, divulgada no último número da Gazeta de Física sobre “Modernização dos espaços para o ensino das Ciências no Ensino Secundário”.

Na Conferência Nacional de Física de 2006, tive a oportunidade de, em conjunto com colegas do ensino básico, fazer uma comunicação denominada “Experimentação em Física no 3º ciclo do Ensino Básico: O Mito e a Realidade”[1]. Neste trabalho debruçamo-nos essencialmente sobre os novos espaços destinados à experimentação nas recentes construções de escolas do 2º e 3º ciclo, onde, como se mostra na figura 1, qualquer pessoa que tenha tentado fazer experiências neste tipo de espaço conclui que é impossível ou quase! Inclusivamente, face a estas dificuldades, um dos colegas do 3º ciclo resolveu efectuar obras nessas salas, por forma a garantir a existência de verdadeiras bancadas. Na figura não está explícito, mas esta sala está ligada a uma outra igual, dedicada à Biologia e Geologia, existindo entre ambas uma divisão de poucos metros quadrados onde se armazena o material e se testam as experiências. Era já a ideia de conexão de espaços, também presente na proposta “Parque Escolar EPE”, que apareceu nos artigos “Modernização dos espaços para o ensino das Ciências no Ensino Secundário” e “Laboratórios Escolares - Espaços flexíveis para a aprendizagem activa” publicados na Gazeta

de Física [2]. Esta nova proposta é pois em substância idêntica ao espaço da Figura 1. Difere, apenas, nas divisórias entre os três espaços serem amovíveis e na construção que as alberga, isso sim, ter efeitos visuais fortes.

Se a ideia for assinalar que a escola tem um espaço colorido e moderno, o objectivo está conseguido. Porém, se o intuito é fazerem-se realmente experiências, o que deveria ser o objectivo primordial, falha. E falha porque as experiências não se podem fazer em cima de mesas normais, como as apresentadas ao centro da sala, em arranjos diferentes. Onde estão nessas mesas as torneiras, o acesso à corrente eléctrica? As únicas bancadas que se vêem no artigo, e que parecem poder suportar esse tipo de infraestruturas fixas são como as das salas da figura 1: põem os alunos virados para a parede ou janelas, não possibilitando a intervenção dos professores, não sendo sequer o espaço de bancada apropriado à maioria dos trabalhos propostos nos programas.

NÃO SOU AGARRADA AO PASSADO, MAS TEMOS EXCELENTES EXEMPLOS DE LABORATÓRIOS ROBUSTOS ONDE SE PODE TRABALHAR

Sou universitária, mas acompanho os estágios pedagógicos há vinte anos, e já usei dezenas de laboratórios em escolas básicas e secundárias. A minha experiência mostra que a proposta apresentada na Gazeta não é uma boa solução, com a agravante de se destinar ao ensino secundário onde a experimentação deve ser mais exigente. Não sou agarrada ao passado, mas temos excelentes exemplos de laboratórios robustos e onde se pode trabalhar. Bem sei que a maioria destes estão em escolas construídas antes dos anos 70 e que são cinzentões e pouco apelativos, alguns com pouco ou mesmo nenhuma manutenção. Mas este parece ser um desafio interessante para arquitectos: recuperar algo bem planeado e sólido e transformá-lo em algo atraente e bonito. As escolas construídas após aquele período não terão essa infra-estrutura robusta, mas a maioria tem espaços dedicados a laboratório que apenas necessitam de intervenções de modernização.

PROPOR ESPAÇOS ADAPTADOS ÀS NOVAS TECNOLOGIAS DA INFORMAÇÃO NÃO É PROPOR LABORATÓRIOS

A proposta divulgada na Gazeta é aceitável para um ensino muito apoiado no uso do computador, o que é imprescindível nas metodologias actuais, mas não é adequada para fazer verdadeiras experiências. O que me preocupa é o anúncio de que o “Parque Escolar EPE” já tem por missão construir um grande número desta “espécie” de laboratório. Chamando as coisas pelos seus nomes, e correndo ainda assim o risco

Figura 1



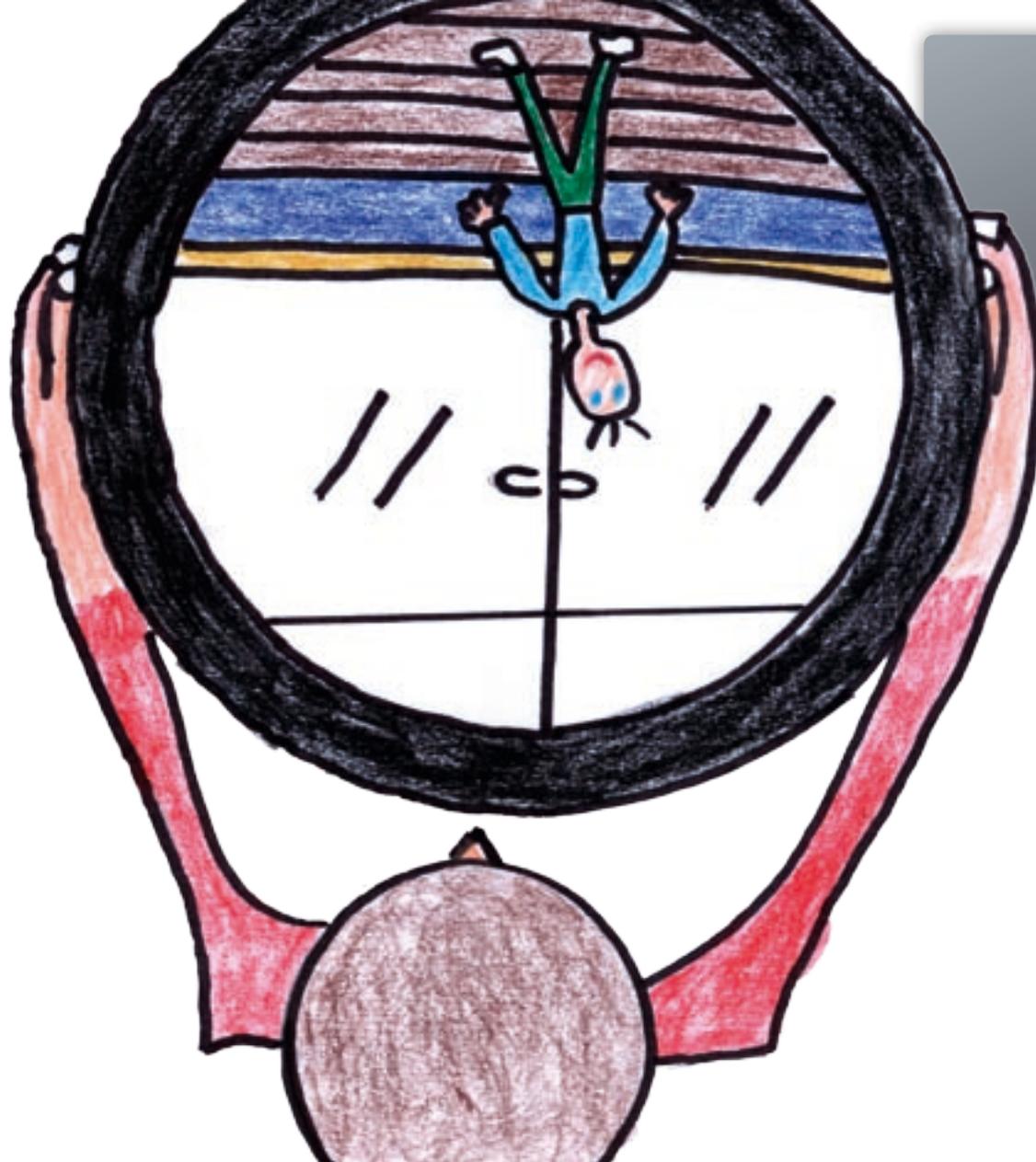
de me repetir, propor espaços adaptados às novas tecnologias da informação não é propor laboratórios. Como ilustração de um espaço que considero adequado para o ensino experimental posso dar o exemplo da figura que abre este artigo, do laboratório com que no ano passado a Escola Secundária de Montemor-o-Novo foi equipada. Neste espaço os alunos podem trabalhar, o professor pode interferir sem ser por cima das cabeças deles, e nada impede que se usem computadores nas bancadas para uso de sensores, registo dos dados, elaboração dos relatórios, e até ter acesso à rede sem fios, para consultar na net algo que seja necessário.

O EQUIPAMENTO NÃO É TUDO. É NECESSÁRIO O PRINCIPAL: AS PESSOAS

Há outro aspecto a ter em atenção, no uso das verbas para renovação do parque escolar. Os laboratórios devem ter bancadas, armários in situ, quadro de ferramentas, bengaleiro, claro. Mas também devem ser apoiados por um técnico que zele pela sua manutenção e conservação. É preciso este apoio de pessoas, técnicos, nas escolas do 3º ciclo e do secundário. No 1º e 2º ciclo a sala de aula talvez seja suficiente, mas a partir daí não me parece de todo possível. O equipamento não é tudo. É necessário o principal: as pessoas. Infelizmente, (e esta verdade estende-se do ensino secundário ao superior, aliás!) falta uma peça essencial no sistema: um técnico que se dedique aos laboratórios que a escola tem, de modo a que os professores se possam concentrar nos conteúdos e orientação da montagem, e não tenham de se preocupar com os consumíveis e a manutenção. Penso que os autores do artigo [2] estão envolvidos na construção dos espaços e têm a maior das boas vontades, mas talvez não tenham passado o tempo necessário a fazer experiências de secundário ou do básico nestes novos espaços que propõem. Caso contrário compreenderiam que esta não será certamente a opção mais correcta. É minha convicção que estamos perante um bom tema de debate no âmbito da Sociedade Portuguesa de Física.

Referências

1. M C Abreu, A C Rodrigues, M Quinteiro, A Pinho, P Nunes, J L Figueiredo, Actas da Física 2006, 16º Encontro Ibérico para o Ensino da Física, 4 a 7 de Setembro de 2006, Aveiro, pg 38 (2006).
2. T. Heitor, V Teodoro, J Fernandes, C Boavida, Gazeta de Física, V30, nº 2/3, pg 40-43, (2007).



Uma câmara mágica

Constança Providência

NO LIVRO “CIÊNCIA A BRINCAR: DESCOBRE O PATRIMÓNIO”, DE CONSTANÇA PROVIDÊNCIA E CARLOS FIOLEIS - NÚMERO 8 DA COLECÇÃO “CIÊNCIA A BRINCAR” DA EDITORA BIZÂNCIO, A SAIR EM JUNHO DE 2008 - DESCRIVE-SE, PARA OS MAIS PEQUENOS (CRIANÇAS DE 4 A 12 ANOS) O MODO DE CONSTRUIR UMA CÂMARA ESCURA.

Material

- lata pequena com um lado aberto
- cartolina preta
- papel de seda e um elástico
- tesoura e fita-cola

CÂMARA ESCURA

Sabes como é que antigamente os pintores desenhavam paisagens? Sentavam-se numa câmara escura que, como o próprio nome indica, é um pequeno quarto escuro, e copiavam para uma folha de papel a imagem que um espelho lhes projectava para dentro da câmara através de um pequeno buraco. Em muitos museus de ciência, como o

Constança Providência é professora da Universidade de Coimbra e tem prestado especial atenção à educação científica durante a infância, através da realização de experiências. É co-autora e impulsora dos livros da série “Ciência a Brincar” (Bizâncio).



Museu de Ciência da Universidade de Coimbra, encontram-se câmaras escuras. Encontra-se também uma numa torre do Castelo de São Jorge em Lisboa. Mas como funcionam essas câmaras?

Para perceberes o melhor é construíres a tua câmara escura. Precisas de uma lata pequena, que pode ser de refrigerante ou de vegetais enlatados, tendo um lado aberto. Pede a um adulto para fazer um buraco muito pequenino, com uma ferramenta bicuda, no centro da base da lata. Corta uma rodela de papel de seda com o dobro do diâmetro da lata. Cobre o lado aberto da lata com o papel de seda e fixa o papel à lata com um elástico de modo que o papel fique bem esticado. Corta depois um retângulo de cartolina preta com cerca do dobro de altura da lata e com largura suficiente para dar uma volta e meia à lata. Enrola a cartolina em torno da lata de modo a ficar bem justa e prende-a com fita-cola. Antes de enrolares a cartolina podes pintá-la a teu gosto. A base da lata coberta de papel de seda deverá ficar dentro do rolo de cartolina e a base com o pequeno buraco ajustada a uma das extremidades do rolo. Deves ter muito cuidado a construir a câmara: só deverá entrar luz pelo burquinho no fundo da lata. Se entrar luz pelo espaço entre a cartolina e a lata, terás de colar com fita-cola a cartolina à base da lata.

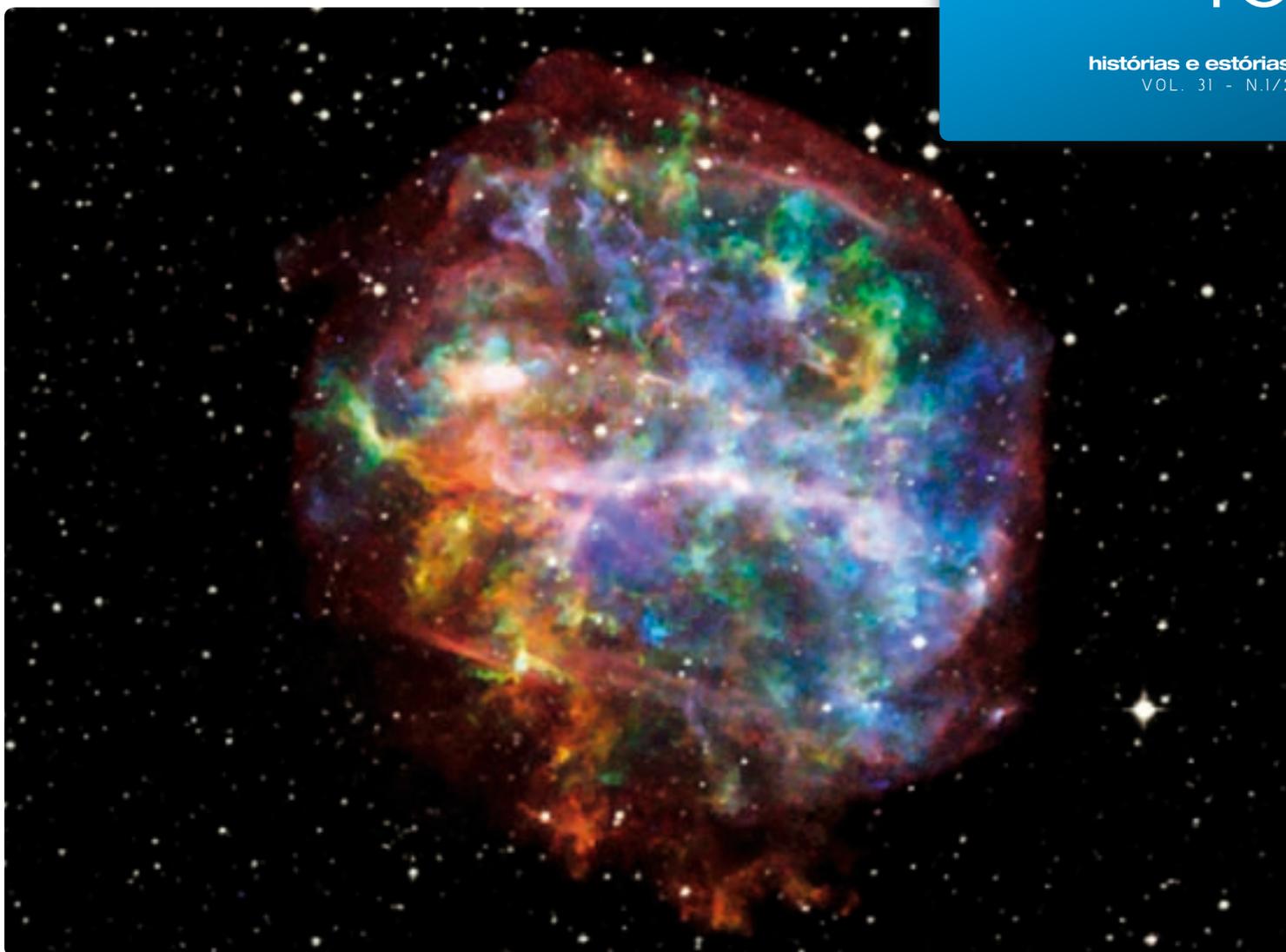
A CÂMARA ESTÁ AGORA PRONTA! APONTA A TUA CÂMARA, A FACE COM O PEQUENO BURACO, PARA A JANELA NUM DIA DE SOL E OLHA PARA DENTRO DA CÂMARA. O QUE VÊS?

A câmara parece mágica, pois vê-se uma imagem de pernas para o ar. É assim que funciona o olho humano, embora este seja bastante mais complicado. A imagem que se forma na retina também fica de pernas para o ar! Felizmente o cérebro aprendeu a interpretar as imagens invertidas como estando direitas...

CONSEGUIES EXPLICAR PORQUE É QUE A IMAGEM FICA DE PERNAS PARA O AR?

SUGESTÃO: Se o buraco no fundo da lata ficar muito grande tapa-o com um pouco de fita-cola preta ou cartolina preta e faz um buraco na fita-cola ou cartolina com um alfinete.

AGRADECIMENTOS: Agradeço à Mariana o desenho da imagem na câmara escura e à Rita o modelo decorado de uma câmara escura.



Restos da supernova G292.0+1.8, na constelação de Centauro, a cerca de 20 mil anos luz. Imagem obtida através do Observatório de Raios-X Chandra.

A guerra das estrelas

Gonçalo Figueira

EM SETEMBRO DE 2006, A SECÇÃO DE CARTAS DA PHYSICS TODAY FOI PALCO DE UMA BREVE MAS ACESA POLÉMICA ENTRE DOIS BIÓGRAFOS – OU MELHOR, DUAS ABORDAGENS À BIOGRAFIA – DO FAMOSO FÍSICO INDIANO SUBRAHMANYAN CHANDRASEKHAR (1910-1985), PRÉMIO NOBEL DA FÍSICA EM 1983.

Um dos autores defendia a sua versão, baseada no privilégio de “mais de uma década de extensas conversas” com o biografado, enquanto o outro apontava precisamente as falhas que uma visão subjectiva implica, preferindo confiar nas fontes dos arquivos históricos. Sobretudo, a discussão centrava-se nas consequências de um célebre

embate científico que teve lugar em 1935; o facto de ainda se falar dele sete décadas depois e as lições que nos ensina sobre o poder da autoridade na ciência justificam a revisitação.

Cinco anos antes, Chandra (como gostava de ser chamado) era um jovem recém-licenciado do prestigiado Presidency College em Madras, no sul da Índia Britânica,

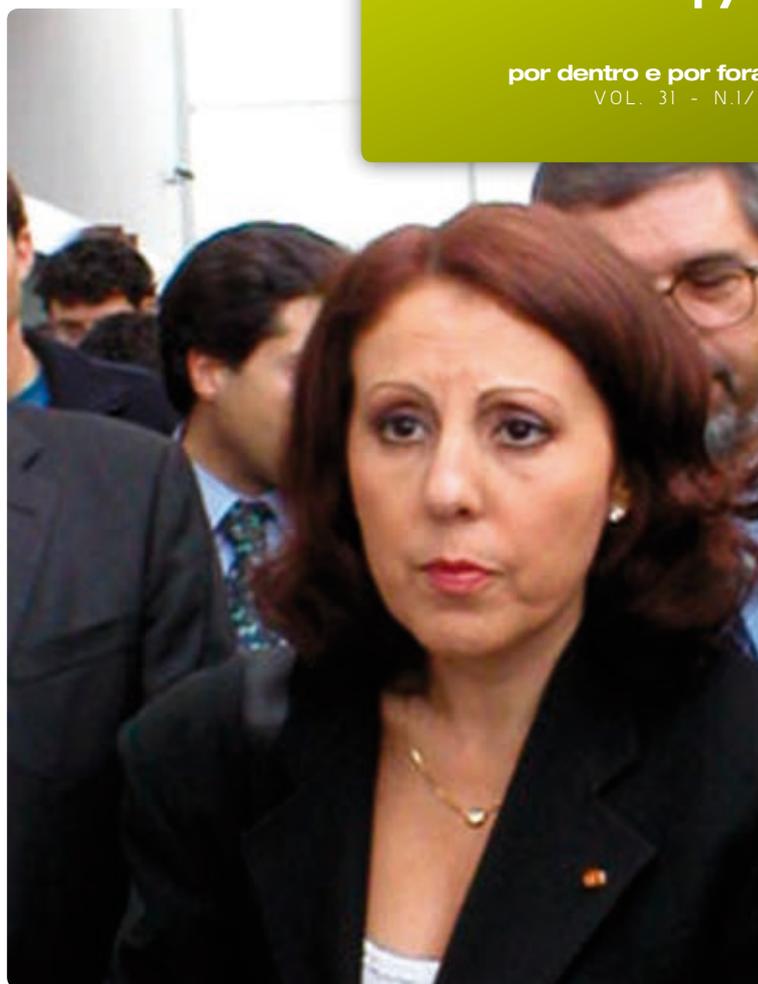
que tinha acabado de ganhar uma bolsa para estudos de pós-graduação em Cambridge. Durante a longa viagem de barco para Inglaterra, entreteve-se a fazer cálculos de mecânica estatística, assunto que já dominava. Num dia de calor, sentado num banco do convés frente ao Mar da Arábia, teve um rasgo de inspiração genial para um problema em que trabalhava. Em dez minutos, chegou a um resultado que demonstrava a existência de um limite máximo para a massa de uma estrela anã branca – cerca de 1,44 massas solares, o chamado limite de Chandrasekhar. Se uma dessas estrelas tiver mais massa, está condenada a implodir, encolhendo e originando uma estrela de neutrões ou uma supernova e, eventualmente, um buraco negro.

A ideia foi recebida friamente em Cambridge, em particular por Sir Arthur Eddington, a maior autoridade em astrofísica da época, que defendia que as anãs brancas eram o fim da vida de uma estrela. Afinal, apesar de Chandra ser um aluno brilhante, era apenas um miúdo indiano desconhecido, acabado de chegar de um canto remoto do Império. Mesmo assim, conseguiu publicar um artigo com os seus cálculos, mas numa revista americana. Depois de se doutorar em 1933, foi eleito Fellow do Trinity College, uma distinção rara para a idade. Voltou então a trabalhar neste assunto, refinando e confirmando as conclusões iniciais. Convidado para dar uma palestra na Royal Astronomical Society em Janeiro de 1935, ficou surpreendido quando descobriu que Eddington iria falar sobre o mesmo tema. Quando terminou, Eddington teve uma intervenção demolidora, humilhando-o em público e chamando à sua ideia uma “palhaçada estelar”. Desesperado, Chandra tentou encontrar apoio em físicos como Bohr e Pauli, que concordaram com ele em privado, mas não ousaram contrariar Eddington publicamente.

Compreendendo que as hipóteses de uma carreira na Europa eram mínimas, emigrou para os Estados Unidos, onde se estabeleceu como professor na Universidade de Chicago. Aqui deu início a um percurso brilhante, em que se dedicou a investigar de forma aprofundada e magistral várias áreas da Física, da hidrodinâmica à relatividade geral, deixando um legado ímpar. Mas teve que lutar durante décadas contra a herança de Eddington até que

as suas teorias sobre evolução estelar fossem reconhecidas, estabelecendo as bases da astrofísica moderna, e valendo-lhe o Nobel. No entanto, evitava mostrar rancor por aquele que considerou um mestre e amigo.

É precisamente este o aspecto que intriga e divide os biógrafos: será que ele tentou menosprezar e disfarçar ao longo da vida a devastadora humilhação da juventude, ou realmente a ultrapassou e esqueceu, como afirmava? Ou, pelo contrário, a usou como inspiração constante para exceder o mérito do homem que diziam ser um dos poucos que realmente compreendia a teoria da relatividade? É que, quanto a este último aspecto, não restam dúvidas que venceu o desafio. No obituário publicado em 1995 pela Universidade de Chicago, um colega de Princeton ilustra-o ao afirmar que “existe uma unanimidade total entre os astrónomos de que Chandra, como astrofísico matemático, foi o maior da nossa geração.”



Entrevista a Graça Carvalho

Por Teresa Peña

NO FIM DO MÊS DE FEVEREIRO, EM VÉSPERAS DO DIA DA MULHER, 8 DE MARÇO, GRAÇA CARVALHO DEU-NOS A OPORTUNIDADE PARA UMA CONVERSA CURTA MAS INTERESSANTE. RÁPIDA MAS CALMA, SUAVE MAS RIGOROSA, NUM ESTILO MUITO PRÓPRIO, EM CONSTANTE EQUILÍBRIO ENTRE SENTIMENTO E RACIONALIDADE, CONTOU-NOS MUITAS COISAS. DO LICEU DE BEJA ÀS DECISÕES E POLÍTICAS DE BRUXELAS, PASSANDO PELOS ALUNOS QUE AJUDOU A FORMAR NO IST...

TERESA PEÑA: Nasceu em Beja. Crescer e estudar no Alentejo nos anos sessenta e setenta influenciou, ajudou ou dificultou o tornar-se cientista e interessar-se por questões de engenharia e ciência?

GRAÇA CARVALHO: Eu penso que facilitou eu ser boa aluna. Em geral o liceu tinha muito bons professores de Matemática, Física, e que me levaram a gostar muito da Física e da Matemática desde muito cedo. E depois ajudou não existirem muitas solicitações exteriores. Portanto estudava muito. Por algum sentimento de isolamento, tinha uma maior curiosidade pelas questões mais globais. Este interesse funcionou um bocado como uma forma de fuga ao isolamento que sentia no Alentejo nos anos setenta.

TP: Tem ideia se actualmente essa qualidade de ensino, que teve a sorte de encontrar em Beja, se mantém ou não?

GC: Penso que sim. Por acaso, no âmbito da Comissão

Graça Carvalho, Doutorada pelo Imperial College, especializada em questões de Energia, Ambiente e Desenvolvimento Sustentável, Graça Carvalho é professora Catedrática do Instituto Superior Técnico (IST). Foi ministra da Ciência, Inovação e Ensino Superior, no XVI Governo Constitucional, e da Ciência e Ensino Superior, no XV Governo Constitucional.

Com grande experiência em cargos de coordenação e administração científica, dentro e fora do IST, é actualmente a Conselheira do Departamento dos Conselheiros de Políticas Europeias, designado por BEPA (Bureau of European Policy Advisers), reportando directamente ao Presidente da União Europeia. As suas actividades de aconselhamento cobrem Ciência, Educação Superior, Inovação e Sociedade de Informação, Energia, Transporte e Ambiente, Espaço, Segurança e Desenvolvimento Sustentável.

Europeia visitei o liceu no dia em que funcionários europeus foram ao liceu explicar o que é a Europa. Fui ao liceu a Beja e senti a mesma qualidade, o mesmo entusiasmo, tudo muito bem organizado e com muito bons professores, e penso que isso se mantém.

TP: É mulher e cientista: acha que é diferente de ser homem e cientista?

GC: Acho. Ser homem e cientista não significa fazer opções, portanto os homens têm uma vida muito mais facilitada em termos de tempo disponível para dedicar à ciência. A vida de cientista tem uma dedicação a 100% , e se se parar perde-se competitividade a nível internacional. Portanto para se ser mulher e cientista muitas vezes é preciso fazer-se opções e não se ter outras coisas, enquanto que a um homem essa questão nem sequer se põe.

TP: Acha que a exigência que se põe às mulheres é maior, que temos que provar mais nas mesmas situações?

GC: Sim, mas isso é geral, não é só para as mulheres cientistas. Há uma frase bem esclarecedora de Edith Cresson, que foi Comissária da Ciência, senhora bem polémica. Quando uma vez lhe perguntaram se ela achava que havia igualdade entre as mulheres e os homens, porque já havia muitas mulheres em cargos de chefia, ela respondeu que considerava que só haveria igualdade no dia em que houvesse tantas mulheres incompetentes em lugares cimeiros como há homens incompetentes.

TP: Há algum acontecimento que a tenha marcado na sua vida como cientista? Que resultado obteve que a satisfizesse mais?

GC: Talvez o ponto mais importante da minha carreira sejam os meus alunos de doutoramento que estão espalhados pelo mundo em lugares muito interessantes, professores em várias universidades desde os Estados Unidos, Ohio, ao Japão, e também em grandes empresas, como na Gaz de France, ou que são directores de investigação. É talvez o ponto que eu considero mais interessante da minha carreira: o sucesso das pessoas que se doutoraram comigo. É gratificante.

O IEIT VAI FAZER TODA A DIFERENÇA

TP: O Instituto Europeu de Tecnologia, agora rebaptizado Instituto Europeu de Inovação e Tecnologia, com orçamento previsto de 2,4 mil milhões de euros, e um financiamento à partida de 308 milhões de euros, é considerado um projecto e causa pessoal do Presidente Durão Barroso, e foi posto na mesa em 2005. A percepção de muitos é que o projecto é... muito seu.

GC: É mesmo uma ideia do Presidente Barroso. Eu estive muito envolvida em fazer nascer este projecto, e ser aprovado, a passar da ideia do Presidente para um projecto desenhado e organizado com muitos outros colegas de outras direcções gerais. Acompanhei este projecto e sinto-me muito feliz por ele ter sido já aprovado. Penso que é um projecto que vai fazer toda a diferença porque é a primeira vez que temos um projecto a nível pan-europeu que conjuga a investigação aplicada e o ensino. Há muitos projectos na área da investigação, mas há poucos que conjuguem investigação e o ensino pós-graduado para a

inovação, contribuindo para o desenvolvimento e para a competitividade da economia e da indústria europeia. É essa a grande novidade deste projecto.

TP: O Instituto poderá atribuir graus académicos?

GC: São as Universidades, que concorrem ao projecto individualmente ou em conjunto, as instituições que atribuem os graus académicos. Haverá um selo de qualidade dos diplomas, que é o selo IEIT, mas o grau é atribuído sempre pelas Universidades.

TP: O Instituto é vocacionado para o desenvolvimento tecnológico. Haverá ainda algum papel para a investigação fundamental, por exemplo em Física?

GC: Eu penso que sim, porque o Instituto tem como objectivo desenvolver investigação aplicada e treinar pessoas ao mais alto nível, portanto de pós-graduação, em áreas importantes para o desenvolvimento social e económico da Europa. Uma dessas áreas é precisamente a das alterações climáticas e da energia. Ora só haverá desenvolvimento e soluções inovadoras na área da energia e das alterações climáticas com uma base forte na física. Este instituto pretende exactamente ligar a investigação fundamental à investigação aplicada numa forma estreita, e incentivar a interacção entre as duas. Há novos problemas que se resolvem em investigação fundamental cujas soluções são aplicadas em soluções tecnológicas. Há aqui um papel importante para a física.

TP: O projecto, que nasceu em 2005, foi redesenhado em 2007 e aprovado no Outono de 2007. Nesse processo de reconfiguração, o projecto final apresenta desvios e concessões da ideia original?

GC: O projecto evoluiu porque começou por ser simplesmente uma ideia do Presidente de apostar numa instituição que juntasse o ensino superior de pós-graduação e a investigação aplicada, e depois teve que se concretizar. O projecto não se desviou. Houve muitas ideias que apareceram nos jornais, soluções, mas que nunca foram as soluções da Comissão Europeia. Nomeadamente ter um grande instituto em Estrasburgo nunca foi uma solução da Comissão Europeia. Nós nunca nos desviámos da ideia inicial de ter uma ligação em rede, mas estruturada e duradoura, das melhores universidades, das melhores empresas, para resolver problemas da indústria e problemas sociais da Europa. Nomeadamente a energia e as alterações climáticas, a nova geração de tecnologias de informação e comunicação, biotecnologia, saúde. Queríamos um projecto que juntasse os melhores departamentos universitários com a indústria, e que promovesse mestrados e doutoramentos europeus, e projectos de âmbito europeu ligados a essas instituições. Este foi sempre o projecto da Comissão Europeia desde o início.

TP: Falou-se em comunidades de conhecimento e inovação. Essas comunidades vão ser as estruturas que vão alicerçar o Instituto?

GC: Sim. São essas comunidades, que no fundo são consórcios entre universidades e empresas, ou departamentos ou docentes dentro das universidades e empresas que têm um projecto de actividades em comum, como por exemplo mestrados em conjunto, doutoramentos em conjunto, programas de investigação em conjunto, e que se candidatam a serem reconhecidos como uma comunidade de conhecimento e inovação, e obterem esse reconhecimento adicional de pertencerem e terem um selo IEIT.

A EUROPA TEM PELA PRIMEIRA VEZ UMA POLÍTICA DE ENERGIA

TP: São palavras suas: “Os últimos 11 anos contêm os 10 anos mais quentes da História da Humanidade”. A questão das alterações climáticas preocupa-a obviamente. Que medidas já recomendou, do ponto de vista de consultoria, ou foram tomadas na União Europeia (UE) para mitigar, no mínimo, ou resolver, os problemas que as alterações climáticas podem trazer no futuro? Qual é a melhor aposta da União Europeia, no seu entender: a melhoria da eficiência energética ou o melhor aproveitamento de recursos naturais? Essas duas intervenções bastam para resolver o problema, ou a Europa terá de recorrer ao nuclear como uma maior aposta?

GC: A Europa tem pela primeira vez desde a sua fundação há 50 anos uma política de energia, que foi aprovada por unanimidade pelos 27 Estados-membros, e que é simultaneamente uma política de energia e de combate às alterações climáticas. É uma política completa, que foi aprovada o ano passado no Conselho de Primavera, em Março de 2007, e que é composta por um pacote de uma série de medidas. Para já, tem como objectivo reduzir 20% das emissões de CO₂ até 2020, 20% de renováveis em 2020, aumentar em 20% a eficiência energética, 10% de biocombustíveis para os transportes. Há um plano para a ciência e tecnologia na área da energia e alterações climáticas, uma estratégia para melhorar as questões de mercado interno de electricidade e de gás. Portanto trata-se de uma estratégia global, e que não privilegia, por exemplo, as energias renováveis em função da eficiência energética. É tudo preciso e portanto há uma série de metas a atingir, metas ambiciosas, mas credíveis e acompanhadas por directivas que neste momento estão a sair e que têm de ser cumpridas pelos Estados-membros. E há um plano tecnológico e de investimentos na área da investigação científica através do programa-quadro “Investigação e Desenvolvimento”. Uma outra questão é que pela primeira vez estes objectivos, nomeadamente para os renováveis e os biocombustíveis, são obrigatórios. Já no passado tivemos metas para

as energias renováveis, mas não eram obrigatórias. Neste momento um país que não cumprir essas metas fica num regime de incumprimento e tem que pagar multas. Isto tem consequências graves para os países que não cumprirem essas metas. Esta Comissão tem na energia e nas alterações climáticas um dos principais dossiers da sua agenda. Decerto que influenciou bastante nas negociações em Bali e que vai influenciar bastante nas negociações em 2008 e 2009 até se chegar a um acordo em Copenhaga. O facto de termos uma política interna muito credível e ambiciosa deu-nos força para ter essa liderança a nível internacional.

TP: Creio que essas medidas fazem parte daquilo de que se orgulha quando auto-avalia o seu trabalho em Bruxelas. Há algum outro aspecto ligado ao que tem feito em Bruxelas, em que se devesse investir e que queira mencionar?

GC: O meu trabalho em Bruxelas é como conselheira. E o trabalho de conselheira é sempre um trabalho que fica na retaguarda, não é um trabalho que esteja na ribalta. Das minhas áreas, gostei muito de trabalhar no European Institute of Technology, nas energias e nas alterações climáticas. Penso que uma componente muito interessante em que também estou envolvida é a da questão social, novas políticas e medidas para a juventude, primeiro emprego. Esta componente de educação e ciência é muito interessante. É uma componente social que fecha bem um ciclo nas áreas de energia e alterações climáticas pelas quais me tenho interessado bastante.

TP: Voltando atrás, não me respondeu à questão do nuclear na Europa. Existe significativa produção de energia nuclear em França, e foi recentemente divulgada uma posição do Governo britânico sobre abertura ao investimento no nuclear.

GC: Nós temos uma posição muito clara sobre isso. O recurso a cada uma das formas de energia é uma decisão dos Estados-membros. Os Estados-membros são soberanos e pertence a cada um dos Estados-membros o recurso ou não ao nuclear. A Comissão Europeia apoia a investigação científica, a parte da segurança e da verificação das questões nucleares. Em relação ao apoio científico, ele é muito grande, não só na parte da geração de reactores, mas também do projecto ITER. Pensamos que cada um dos países tem de fazer o mesmo e devem preparar os seus jovens nestas áreas, mesmo que a decisão seja não haver nuclear. Mas é importante haver investigação científica de todos os países, e que tenham pessoas treinadas para acompanharem projectos internacionais e da ciência nessa área. Mesmo que a decisão de cada um dos países seja não ao recurso ao nuclear, será sempre importante ter investigação e conhecimento. É essa a nossa posição e recomendação aos Estados-membros: na investigação e na formação todos os Estados-membros deviam acompanhar o que se passa a nível internacional nesta área.



Projecto Quark!

Gonçalo Figueira

DA UNIVERSIDADE DE COIMBRA PARA O MUNDO, ATRAVÉS DA INTERNET E COM AS OLIMPÍADAS DA FÍSICA EM MENTE, PASSANDO POR UM FÓRUM COM MAIS DE DEZ MIL MENSAGENS E PELA MÚSICA JAZZ - O PROJECTO QUARK! (ASSIM MESMO, COM PONTO DE EXCLAMAÇÃO) PRETENDE PROMOVER A FÍSICA JUNTO DOS ESTUDANTES DOS 11º E 12º ANOS DE ESCOLARIDADE, COMBINANDO FORMAÇÃO À DISTÂNCIA E PRESENCIAL. FALÁMOS COM O PROFESSOR JOSÉ ANTÓNIO PAIXÃO, MENTOR DESTA INICIATIVA DE SUCESSO.

COMO SURTIU A IDEIA DESTE PROJECTO?

Há já alguns anos que o Departamento de Física (DF) da Universidade de Coimbra (UC) prepara as equipas de jovens estudantes que representam Portugal na Olimpíada Internacional de Física e na Olimpíada Ibero-Americana de Física. Esta preparação tem abrangido os estudantes seleccionados na Olimpíada Nacional, preparando-os em matérias do programa olímpico que não são cobertas no ensino secundário português. O projecto Quark! nasceu da experiência acumulada na preparação das equipas olímpicas, e do fórum Quark! (<http://algol.fis.uc.pt/quark>) inaugurado em Novembro de 2006 para complementar a formação presencial na UC, disponibilizando *on-line* problemas de física de nível olímpico, projectos experimentais e outro material para treino da equipa. O fórum Quark! teve um

crescimento muito rápido que extravasou o âmbito olímpico, criando uma comunidade “quarkiana” de jovens e professores que partilhavam com os olímpicos o gosto e entusiasmo pela física. A ideia da extensão da formação olímpica a outros jovens, criando uma escola de excelência em física aberta a toda a comunidade resultou, em boa parte, desta experiência. A proposta foi apresentada à agência nacional Ciência Viva que acolheu a ideia, patrocinando o projecto.

QUAL FOI A ADEÇÃO DE ALUNOS E PROFESSORES?

Tivemos uma boa adesão, não apenas de escolas que têm participado nas Olimpíadas de Física, mas também de alunos e professores que têm estado, por uma ou outra razão, arredados desta actividade.

COMO FUNCIONAM AS SESSÕES DO PROJECTO QUARK?

As sessões presenciais funcionam no DF da UC aos fins de semana, com periodicidade mensal, alternando sessões do tipo A (destinadas, sobretudo, a alunos do 11º ano) com sessões do tipo B (de nível olímpico). Consistem num conjunto de aulas sobre temas diversos de física, sessões experimentais e uma conferência sobre um tema actual de física. Mas o projecto Quark! não se resume às sessões presenciais: a formação à distância através do fórum – que em pouco mais de um ano já ultrapassou as 10 000 mensagens – é uma parte importante do projecto. Aí são disponibilizados regularmente problemas (a secção mais apreciada é a dos problemas *tricky!*), sugestões de experiências e outros projectos e actividades.

QUANTOS E QUE TIPO DE ALUNOS TÊM ADERIDO?

Participam nas sessões presenciais 45 alunos, maioritariamente do 12º ano, oriundos de várias regiões do país, incluindo os Açores. Há uma presença maioritária da região a Norte do Tejo, mas têm aderido ao projecto na forma *on-line*

alunos de regiões mais longínquas – no fórum Quark! participam activamente vários estudantes do Brasil. Ao todo, a comunidade “quarkiana” que participa na formação à distância conta mais de 250 elementos.

QUAIS OS PRINCIPAIS BENEFÍCIOS PARA OS ALUNOS PARTICIPANTES? QUAIS AS OPINIÕES DELES?

Tratando-se de uma escola que se assume de excelência, o nível é “olímpico”, mas os jovens estão à partida muito motivados. Não só abordam matérias novas, como aprendem estratégias para resolver vários tipos de problemas. A participação em actividades experimentais com equipamento que, na maioria dos casos, não está disponível nas suas escolas, é muito apreciada pelos alunos. O entusiasmo é grande e o *feedback* tem sido muito positivo, não só dos alunos, mas também dos seus professores.

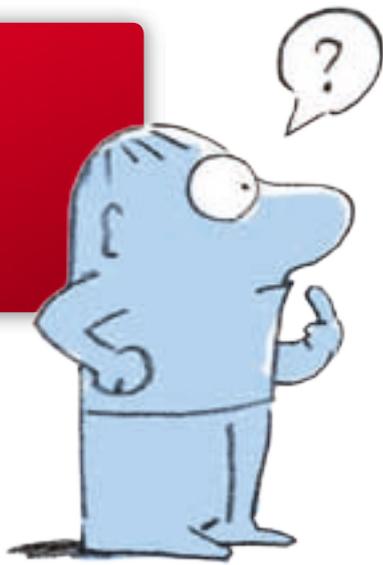
QUE TIPO DE ACTIVIDADES ADICIONAIS TÊM CRESCIDO À VOLTA DO PROJECTO?

O projecto não se esgota na física, embora esteja centrada nela! Constatámos que muitos “quarkianos” partilhavam o gosto pela ciência com a música, pelo que se decidiu que cada sessão teria um patrono musical, um músico importante de jazz, que daria o mote à sessão. Assim, tivemos as sessões “Miles Davis”, “Herbie Hancock” e “John Coltrane”, onde cada aula ou palestra é precedida de 5 minutos de jazz. Associaram-se ao projecto um clube de jazz de Coimbra e uma livraria que têm dinamizado a noite da sexta-feira dos fins de semana “quarkianos” com um evento “Live Physics & Jazz” num bar da cidade, ajudando a divulgação do projecto, e da física, entre os jovens.

QUAIS OS PRINCIPAIS OBJECTIVOS QUE ESPERA ALCANÇAR COM ESTE PROJECTO?

O principal objectivo é atrair para a física e áreas afins jovens com elevado potencial e gosto por esta ciência. O contacto directo com a Universidade, com outros jovens que partilham os mesmos gostos, e com uma física mais abrangente do que a que é ensinada nas nossas escolas, permitirá, esperamos, despertar algumas vocações que se concretizem numa carreira científica.

Pode encontrar informação sobre o projecto na sua página web principal em:
<http://quark.fis.uc.pt/Quark%21/Home.html>



Cartoons

Cortesia da European Physical Society (EPS).

Veja as respostas em:

WWW.GAZETADEFISICA.SPF.PT

A **Gazeta de Física online** irá publicar regularmente cartoons que desafiam os leitores com uma pergunta. Na semana seguinte à publicação dos cartoons as respostas correspondentes estarão disponíveis também *online*.

Por que é que o Sol poente parece vermelho?



Por que é que o céu é azul?



O Estado do Universo

PEDRO G. FERREIRA - EDITORIAL PRESENÇA, PORTO, 2007 -
ISBN: 978-9-722-33851-6



Estamos cheios de livros sobre cosmologia. Livros que falam dos primeiros instantes do Universo, do *Big Bang*, da geometria do espaço e do tempo, da formação dos primeiros núcleos atômicos, da radiação cósmica de fundo, da matéria negra, da energia escura. Mas quando menos esperamos há sempre algum cosmólogo a escrever mais um. A tentar uma nova receita para cativar o leitor, que ainda não reparou que temos o mercado cheio de livros de cosmologia. O Pedro Gil Ferreira, que dá aulas em Oxford, decidiu escrever mais um. Não para o leitor que está farto de ler livros de cosmologia, mas para aquele que pouco sabe sobre os mistérios do Universo. E o resultado não é nada mau para um primeiro livro sobre cosmologia. Não cosmologia técnica cheia de fórmulas, mas cosmologia para todos perceberem. O livro chama-se “O Estado do Universo” e de forma simples conta a história das nossas descobertas cósmicas, desde Newton, que descobriu a famosa Lei da Atracção Universal, até aos tempos modernos, à investigação de coisas estranhas como a matéria escura ou a energia negra. O livro tem a vantagem de ser escrito por um “cosmólogo praticante” como o próprio autor diz na introdução da obra. Ou seja, por alguém que sabe do que fala. Por alguém que tenta todos os dias “deslindar a história e os mecanismos do Universo, usando uma combinação de ferramentas matemáticas, observações efectuadas com potentes telescópios e, acima de tudo, hipóteses fundamentadas”. É claro que falar de “hipóteses fundamentadas” quando falamos de teorias de cordas ou de gravidade quântica com laços ou de mundos-brana é um pouco exagerado. Fundamentadas em quê? Em especulações matemáticas? Mas o próprio autor avisa-nos disso quando no capítulo final diz: “que a teoria das cordas é prometedora e elegante, mas por agora ainda está nos primórdios. Pode deter a chave para a quantização da gravidade, mas, de momento, ainda é incapaz de reproduzir alguns dos resultados mais básicos na Física de partículas”. É bom recado vindo de um cosmólogo praticante.

O livro começa com as concepções gregas sobre o Universo, que situavam a Terra no centro de tudo. Depois passa pelo mundo heliocêntrico de Copérnico para depois entrar na Teoria da Relatividade de Einstein. O autor não se debruça logo sobre o problema da origem propriamente dito. Ou seja, como era o Universo no primeiro instante? Havia alguma coisa antes? Ou fará sentido falar num

“antes” quando o tempo nem sequer existia? Mas deixa esta parte para os capítulos finais, onde nos dá uma visão sobre o começo do Universo e sobre os problemas que envolvem a origem de tudo o que conhecemos. É uma abordagem inteligente que dá uma visão de conjunto ao leitor pouco habituado a este tipo de temáticas. Depois nota-se um esforço constante do autor para tornar temas complexos acessíveis. O caso da teoria da relatividade é um

bom exemplo disso. Nada de fórmulas (aliás, não se vê uma única ao longo do livro). Percebe-se que a ideia é apresentar as noções fundamentais das várias teorias que descrevem o Universo sem grandes complicações. Não é um trabalho fácil, mas o autor até consegue lá chegar usando uma linguagem simples e ali e acolá alguma ilustração. No entanto, as ilustrações que surgem no livro são demasiado básicas (feitas pelo ilustrador Jem Finer), e podiam ter sido melhor exploradas na obra de forma a tornar os conceitos mais elucidativos. É claramente uma falha neste livro. Não é a única. A capa da edição portuguesa também é um pouco pobre. A Presença podia ter apostado numa capa mais atractiva. Encontram-se também algumas confusões pontuais, que escaparam à revisão científica de João Pimentel Nunes.

Quando Ferreira, na pág. 58, diz que “os Herschel conseguiram descobrir a nossa localização na galáxia, distante do centro, naquilo que actualmente sabemos ser um dos seus braços espirais”; está a confundir um pouco a história da descoberta da nossa posição na Via Láctea. Quem descobriu a nossa posição verdadeira na galáxia não foi Herschel, mas Harlow Shapley em 1918, pela observação de enxames globulares situados por cima do plano da galáxia. Ou quando na pág. 78 diz que a antena dos Laboratórios Bell, que descobriu a radiação cósmica de fundo “foi usada para reflectir os sinais de microondas de um balão meteorológico plástico” está a confundir um satélite com um balão meteorológico, que nunca entra em órbita da Terra. Embora o satélite em questão (o Echo 1) tivesse o aspecto de um balão gigante, a verdade é que esteve em órbita terrestre, característica que o distingue claramente de um balão meteorológico na terminologia espacial. Depois na pág. 161, quando fala do horizonte cosmológico, alimenta uma confusão frequente em cosmologia, que é

confundir o tempo que a luz demora a chegar dos lugares mais remotos do Universo com a distância percorrida em anos-luz. A luz de uma galáxia pode demorar 13 mil milhões de anos a chegar à Terra, mas isto não significa obviamente que a galáxia esteja a 13 mil milhões de anos-luz. É que durante o tempo em que a luz viajava, o espaço entre nós e a galáxia em questão aumentou devido à expansão do Universo e, hoje em dia, a galáxia já está muito mais distante do que o tempo que a luz demorou a chegar à Terra. Ora, isto significa que o mais longe que conseguimos ver não é 15 mil milhões de anos-luz (número similar à idade do Universo) que o autor afirma, mas mais do que isso, dado que o horizonte cosmológico em anos-luz é superior (cerca de 3 vezes) à

idade do Universo. Calculo que tenha alimentado esta confusão por querer simplificar o conceito, mas num livro de cosmologia é algo que não se deve fazer sob pena de semear uma ideia errada.

Em resumo, não é fácil escrever um livro sobre um tema tão complexo e vasto como a origem do Universo. E mesmo alguém como Pedro Ferreira (que domina claramente o tema) pode equivocar-se ali ou acolá. Mas nada que não se possa corrigir numa próxima edição actualizada da obra. Em suma, um bom livro para quem sabe pouco sobre o trabalho de um cosmólogo praticante.

José Matos (zematos@netvisao.pt / www.radiante.wordpress.com)

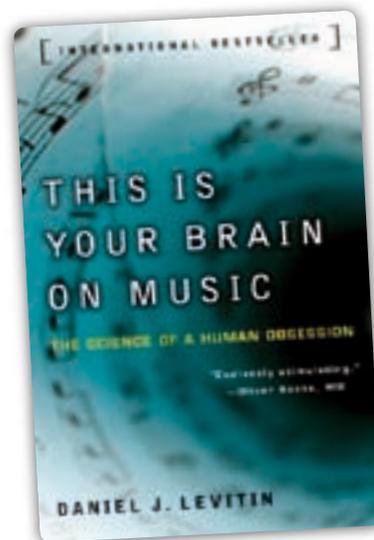
Uma Paixão Humana – O Seu Cérebro e a Música

DANIEL J. LEVITIN – EDITORA BIZÂNCIO (EDIÇÃO PORTUGUESA) – ISBN: 978-9-725-303664

Há muitos livros sobre Música. Mas este é diferente: é sobre a Ciência da Música e não (só) sobre ondas de som e acústica, decibéis, harmónicas, notas e instrumentos musicais. E sendo um livro de (neuro)ciência está longe de ser uma neura. A aridez de muitos livros técnicos sobre estes assuntos foi colorida aqui pela perspectiva da neurociência cognitiva. O tema de base é a percepção da música. Como é que a música afecta o nosso cérebro, e a nossa mente? Como é que o cérebro organiza a percepção de som nas dimensões complexas de ritmo, harmonia e melodia?

O autor é um especialista, em todas as facetas: especialista em música contemporânea, em jazz e blues, passou por bandas, foi produtor musical e engenheiro de som. Mas é também especialista-cientista. Formou-se no MIT e doutorou-se em Stanford. Conta-nos como o conselho de Francis Crick, “estude as conexões...”, definiu magicamente o percurso posterior que fez da psicologia cognitiva para a neurociência cognitiva dos processos de pensamento, memórias, emoções. A partir de imagens do cérebro, determinou as regiões envolvidas no processamento da música. Nessas imagens, o córtex auditivo, as regiões frontais e os centros de prazer ou medo activam-se, sucessivamente, em cascata, com a chegada de música, um sinal mecânico transformado em acontecimento neuroquímico. Mas é o cerebelo, a parte do cérebro mais antiga em termos de evolução da espécie, herdada dos répteis, que está presente, do princípio ao fim do processo, criando a noção de ritmo.

Mas, assim sendo, que ligação tem este livro com a física? Apesar do conhecimento formal próprio de um neurocientista, o autor conduz-nos numa linguagem



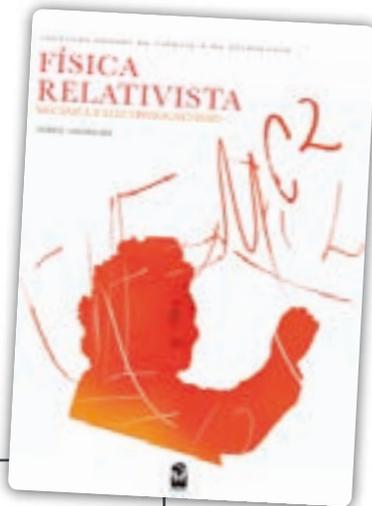
expressiva e não especializada através de uma viagem pela física, feita a três níveis distintos. No primeiro nível, começa por definir a música como som organizado, e caracteriza as ondas de som, gerais e abundantes num mundo em que a matéria e os objectos vibram a muitas frequências, ou modos, diferentes. No segundo nível da narrativa, a ligação entre a Física e a Música vai mais fundo: à própria noção de tempo. Um organismo vivo, como o homem, não escapa à orquestra universal que o envolve e, ao longo de um tempo de evolução suficientemente longo, desenvolve forçosamente no

cérebro uma unidade de processamento para essas regularidades do tempo. E... o que é o tempo? Sabemos que a física se alicerça nas noções de tempo (quando) e de espaço (onde). Ora como é que o cérebro adquire a noção de tempo? Como é que os padrões temporais são analisados ou apercebidos por nós? A Música liga-se pois à Física: o processamento da música está ligado ao processamento e organização do tempo, e sem tempo nada poderia acontecer, não haveria física. (Sem espaço também não! Mas isso dá outra história).

A terceira via pela qual a física está presente, é pelos dados experimentais apresentados para a base neuronal da extracção de ritmo do som, por exemplo, e também da emoção que lhes está associada. Há modelos matemáticos desta extracção criados nos anos noventa, mas, cientista desta década, Levitin apoia-se antes na explosão de resultados das novas tecnologias de imagem do

Física Relativista, Mecânica e Electromag- netismo

JORGE LOUREIRO
IST PRESS, LISBOA (2008)
ISBN: 978-9-728-46968-9



cérebro. Como diz o neurocientista francês Stanislas Dehaene, hoje “a psicologia tornou-se mais como a física”! É a era dos psicofísicos: os cientistas que estudam como o cérebro interage com o mundo físico.

Oliver Sacks, neurocientista com provas dadas também como escritor de ciência, apreciou muito o capítulo final sobre as origens do cérebro musical na evolução natural. E escreveu que este é um livro “estimulante, do princípio ao fim”, que só um neurocientista “profundamente musical” poderia escrever.

Entendo bem estes comentários! Li o livro num só trago, em cinco horas passadas na obscuridade de uma cabine de avião. Naquele dia, um nevoeiro súbito em Nova Iorque forçou o avião do regresso a Lisboa a ficar estacionado na pista, até tudo acalmar. Impedidos de sair, os passageiros dormiam à minha volta. Mas o meu cérebro estava bem iluminado. Li os sete capítulos sofregamente, saltitando entre eles, sem seguir a ordem do autor. Fui escolhendo pelos títulos, como faço nas revistas. “Music and the Mind machine”, “From pitch to timbre”, “Music, Emotion, and the Reptilian Brain”, etc... O capítulo final “Evolution”, deixei de facto para último. E revelou-se um grande *finale*. Trata de música e coesão social, música na preparação dos nossos ancestrais pré-humanos para a comunicação falada, música na divulgação dos mitos e religiões. E muito mais. E acaba, com “(...) como instrumento para despertar sentimentos e emoções, a música é melhor que linguagem. E a combinação das duas, como bem exemplificado nas canções de amor, é a melhor forma de namorar”... se formos dotados para a música, claro está, o que não é um problema para Levitin. A grande maioria tem de recorrer a outras estratégias para a reprodução da espécie. Foi quando levantei voo, e adormeci outras cinco horas que me pareceram poucos minutos, até chegarem os sons e os cheiros do pequeno-almoço.

Teresa Peña (teresa@fisica.ist.utl.pt)

Existe uma rica tradição de tratados de Electromagnetismo saídos do Instituto Superior Técnico. Considere-se, por exemplo, o “Teoria da Electricidade” de António da Silveira [1] ou o “Propagação e radiação de ondas electromagnéticas” de Abreu Faro [2], obras clássicas na literatura científica portuguesa, e que marcaram gerações de engenheiros.

O mais recente livro a inscrever-se nesta tradição chega-nos através da IST Press, com autoria de Jorge Loureiro, e de título “Física Relativista, Mecânica e Electromagnetismo”. O autor é Professor Associado com Agregação do Departamento de Física do IST, e investigador em Física dos Plasmas, tendo-se especializado em modelos cinéticos de electrónica de gases. Além disso, possui uma longa experiência no ensino de diversas disciplinas, em particular de electromagnetismo e electrodinâmica. Estreia-se agora, com mérito, na autoria de livros de carácter científico, ao oferecer-nos este novo texto, solidamente concebido e escrito num estilo claro e acessível.

O volume começa por impressionar o leitor pelo cuidado posto no visual (parabéns à IST Press!). A edição é magnífica, de excelente aspecto. O conteúdo está muito bem estruturado, sobretudo ao iniciar-se, desde logo, com os fundamentos da relatividade restrita, remetendo o electromagnetismo para mais tarde: é uma abordagem mais interessante, introduzindo o leitor à dinâmica relativista, aspecto fulcral na formação de qualquer físico ou engenheiro. O grau de profundidade, sendo adequado ao público-alvo de estudantes universitários de Física ou de Electrotecnia, é rico em detalhes, notando-se a preocupação em esclarecê-los. O impacto didáctico é sobretudo potenciado pela abundância de exercícios acompanhados de resoluções, muitos dos quais inspiradores e sugestivos. Merece ainda referência um último capítulo sobre a massa efectiva do fóton, pouco convencional neste tipo de textos, e que pode estimular a curiosidade dos alunos para áreas mais avançadas do electromagnetismo.

Esta obra vem assim ocupar um lugar necessário na literatura pedagógica, num registo intermédio entre os livros de referência sobre electrodinâmica clássica, como o Jackson [3] ou Lifshitz&Landau [4], e os livros mais elementares sobre electromagnetismo, muito abundantes na literatura científica anglo-saxónica, mas que raramente abordam a relatividade, ou o fazem de forma deficiente. Em português, não tem equivalente, pelo que é merecedor de calorosas boas-vindas.

Gonçalo Figueira (goncalo.figueira@ist.utl.pt)
José Tito Mendonça (titomend@alfa.ist.utl.pt)

[1] António da Silveira, “Teoria da Electricidade” (2 vols.), Bertrand, Lisboa (1941); Lisboa (1958) / [2] Manuel Abreu Faro, “Propagação e radiação de ondas electromagnéticas” (2 vols.), Técnica, Lisboa (1979 e 1980) / [3] J. D. Jackson, “Classical Electrodynamics” (3rd Ed.), Wiley (1998) / [4] E. M. Lifshitz, L. D. Landau “The Classical Theory of Fields: Vol. 2” (4th Ed.), Butterworth-Heinemann (1980)

Energia precisa-se

Teresa Peña

Com uma eficácia que o discurso dos cientistas nunca teve, tsunamis, verões tórridos, chuvas intensas, cheias e tornados (até em Santarém!) parecem finalmente estar a convencer muita gente que uma mudança climática global pode estar mesmo a ocorrer. Até os mais cépticos parecem agora entender ser necessário reduzir o consumo de energia baseada em combustíveis fósseis, e conseqüente emissão de CO₂ com efeito de estufa. Na Europa, em 1990-2003, 60% do consumo total de energia teve por base os combustíveis fósseis, carvão e derivados do petróleo.

Por outro lado, o aumento da procura da energia devido às novas economias emergentes levou a produção de um euro a corresponder a 32 gep (grama equivalente de petróleo) em 2003, versus os 18 gep de 1995. Como a Europa depende da importação de 50% de energia primária, com a escalada do preço do petróleo, travar esta tendência não é fácil.

Precisa-se pois de energia, motor essencial da vida e da economia humana. A sustentabilidade da nossa civilização pede, ao mesmo tempo, mais potência, menos custos, menos impacto ambiental, menos dependência dos derivados do petróleo.

E claro mais segurança, *last but not least*. Acontece que as diferentes formas de energia são muito diferentes em cada um dos quesitos. Na verdade, não há uma forma de energia que satisfaça plenamente em todas as categorias. É pois inevitável fazer opções.

Neste quadro, é natural que a Comissão Europeia queira influenciar através de directivas as políticas energéticas dos países membros (ver entrevista a Graça Carvalho neste número, p. 47). Surgem assim directivas, por exemplo, sobre a eficiência energética de edifícios e a etiquetagem de electrodomésticos. E como a utilização de petróleo e derivados tem aumentado, representando valores perto de 100% no sector dos transportes, sendo em geral a forma de energia mais comum na indústria, surgem as metas para promoção das energias renováveis — eólica, solar (fotovoltaica e térmica), hidroeléctrica, biomassa e biogás, para falar das mais importantes. Na Europa, apenas a Áustria e a Suécia apresentam uma percentagem de utilização de electricidade “verde” acima de 50%. Por gigawatthora de produção resultam respectivamente, 850, 750 e 500 toneladas de CO₂ quando a fonte primária de energia é o carvão, o petróleo e o gás. Para o nuclear, o vento e as fontes hidroeléctricas, a correspondente produção de CO₂ é 8, 7 e 4 toneladas. De que forma podemos assegurar sustentabilidade energética sem comprometer o ambiente para as gerações futuras? Chegará a política de “mitigação de impactos” (i.e. simplesmente evitar o exagero), ou será necessário puxar a cartola da criatividade científica além do bom-senso? Outra pergunta

que, até recentemente, apenas muito poucos faziam baixinho, parece estar a ressuscitar, lentamente: será a energia nuclear uma opção a considerar?

O “nuclear”, genericamente, foi de facto, uma grande ilusão que se transformou numa grande desilusão.

Começou por ser uma promissora fonte de energia, para acabar numa fonte de todas as pressões e receios. Chernobyl, em plena decadência do império soviético, foi a última gota para a massa crítica da grande explosão e rejeição.

Mas no quadro de estrita racionalidade, no difícil balanço entre o “deve” e o “haver”, os prós e os contras, os riscos e as vantagens, apoiado na análise e a discussão pública adequada (ainda no entanto por fazer em alguns países) a energia nuclear (da fissão) começa a ser percebida como uma opção possível para o horizonte dos próximos 60 anos. Pelo menos enquanto não se cumprir o sonho do “sol na terra” do reactor de fusão termonuclear. A Comissão Europeia está alerta para a questão, pois deseja dar prioridade à investigação sobre segurança nuclear e o tratamento de resíduos. No vazio crescente de capacidade técnica neste sector, com uma geração de profissionais na reforma sem se ter assegurado a formação de outra, a ideia parece boa. Mesmo que nem todos os países optem pela energia nuclear.

Na Europa cerca de um terço da electricidade tem a energia nuclear como fonte primária. No Reino Unido, onde um quinto da electricidade tem por origem a energia nuclear, o governo (ver notícia neste número, p.32) perante a evidência colectada e os argumentos de diferentes sectores, defende ser do interesse público permitir a empresas energéticas investir em energia nuclear. Por ser competitiva apenas com a eólica na minimização das emissões de CO₂, em primeiro lugar. Por ser competitiva também em preço, em segundo lugar. Por ser segura, quando baseada numa tecnologia de novos reactores já bem testada, em terceiro lugar. O governo inglês impõe uma condição: a opção nuclear tem de ser limitada e suportada por um sistema de regulação eficaz. O quadro legislativo tem de incluir os aspectos de segurança e protecção radiológica, e o reforço das agências de inspecção e regulação.

Mais: os investidores têm de assumir a responsabilidade das despesas de desactivação das centrais, quando acontecer, e dos custos de tratamento dos resíduos radioactivos.

Esta agenda será transponível para outros países? Uma coisa é certa: para resolver o problema energético, físicos e engenheiros vão ter de aprender a trabalhar em equipas multidisciplinares, com advogados e economistas, e não podem deixar de participar no processo. Vai ser preciso (e precioso!) o diálogo entre a Ciência, o Direito e a Economia. Sendo que em nenhum dos três campos as soluções são eternas!