Gazeta de

Física

Sociedade Portuguesa de Física

RUY LUÍS GOMES, EPISÓDIOS DA SUA VIDA

João da Providência

FÍSICA DE REDES COMPLEXAS

José Fernando F. Mendes

QUANDO A LUA OCULTA O SOL

Guilherme de Almeida

"SABE-SE POUCO SOBRE O TERRAMOTO DE 1755"

Entrevista ao geofísico João Fonseca Duarte, autor do livro *1755 O Terramoto de Lisboa*

Volume 28 | Fascículo 4 | 2005 | Publicação Trimestral | 5,00 €

GAZETA DE FÍSICA VOL. 28 FASC. 4, 2005

DIRECTOR Carlos Fiolhais
DIRECTORAS ADJUNTAS Constança Providência e Lucília Brito
EDITORA Paula Alexandra Almeida

CORRESPONDENTES Paulo Crawford (Lisboa), Joaquim Santos (Coimbra) e João Pedro Araújo (Porto)

COLABORAM AINDA NESTE NÚMERO
Fernando Nogueira, Guilherme de Almeida, João da Providência, José António Paixão, José Fernando Mendes, Manuel Fiolhais, Manuela Amaral, Regina Gouveia e Sandra Costa.

SECRETARIADO
Maria José Couceiro (Lisboa)
e Cristina Silva (Coimbra)

DESIGN
MediaPrimer - Tecnologias e Sistemas Multimédia Lda
Rua Sanches da Gama, nº 160
3030-021 Coimbra
E-mail info@mediaprimer.pt

PRÉ-IMPRESSÃO E IMPRESSÃO
Carvalho & Simões, Artes Gráficas, Lda
Estrada da Beira 479 / Anexo
3030-173 Coimbra

TIRAGEM 1800 exemplares

PREÇOS Número avulso 5,00 € (inclui IVA).
Assinatura anual 15,00 € (inclui IVA).
A assinatura é grátis para os sócios da SPF.

PROPRIEDADE DA SOCIEDADE PORTUGUESA DE FÍSICA

ADMINISTRAÇÃO E REDACÇÃO
Avenida da República 37-4º 1050-187 Lisboa
Tel 217 993 665 Fax 217 952 349
E-mail secretariado@spf.pt

ISSN 0396-3561
REGISTO DGCS nº 107280 de 13.05.80
DEPÓSITO LEGAL nº 51419/91
PUBLICAÇÃO TRIMESTRAL

A Gazeta da Física publica artigos, com índole de divulgação, considerados de interesse para estudantes, professores e investigadores em Física. Deverá constituir também um espaço de informação para as actividades da SPF, nomeadamente as suas Delegações Regionais e divisões Técnicas. Os artigos podem ter índole teórica, experimental ou aplicada, visando promover o interesse dos jovens pelo estudo da Física, o intercâmbio de ideias e experiências profissionais entre os que ensinam, investigam ou aplicam a Física. As opiniões expressas pelos autores não representam necessariamente posições da SPF.

Os manuscritos devem ser submetidos em duplicado, dactilografados em folhas A4 a dois espaços (máximo equivalente a 3500 palavras ou 17500 caracteres, incluindo figuras, sendo que uma figura corresponde em média a 140 palavras). Deverão ter sempre um curto resumo, não excedendo 130 palavras. Deve(m) ser indicado(s) o(s) endereço(s) completo(s) das instituições dos autores, assim como o endereço electrónico para eventual contacto. Agradece-se o envio dos textos em disquete, de preferência "Word" para PC. Os originais de figuras devem ser apresentados em folhas separadas, prontas para reprodução, e nos formatos electrónicos jpg, gif ou eps.

PUBLICAÇÃO SUBSIDIADA

APOIO:
Ministério da Educação - Sistema de Incentivos à Qualidade da Educação

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

ÍNDICE

ARTIGOS

RUY LUÍS GOMES, EPISÓDIOS DA SUA VIDA 4
João da Providência

FÍSICA DE REDES COMPLEXAS 10
José Fernando F. Mendes

QUANDO A LUA OCULTA O SOL 18
Guilherme de Almeida

ENTREVISTA

"SABE-SE POUCO SOBRE O TERRAMOTO DE 1755" 22
Entrevista ao geofísico João Fonseca Duarte, autor do livro *1755 O Terramoto de Lisboa*

NOTÍCIAS

FÍSICA NO MUNDO 28
FÍSICA EM PORTUGAL 31

SECÇÕES

ENSINO DA FÍSICA 34
OLIMPÍADAS DE FÍSICA 38
LIVROS E MULTIMÉDIA 40
2005 - ANO INTERNACIONAL DA FÍSICA 44

NOTA DE ABERTURA

O ANO INTERNACIONAL DA FÍSICA CHEGA AO FIM

Com o fim de 2005 chega também o fim oficial do Ano Internacional da Física. Mas algumas actividades continuarão durante os primeiros meses de 2006, uma vez que muito ainda há a fazer na divulgação da Física. A Gazeta falou com JOSÉ DIAS URBANO, presidente da Sociedade Portuguesa de Física e responsável pelas actividades a nível nacional, que faz um balanço positivo e revela as suas grandes expectativas sobre os resultados que no futuro se manifestarão. A secção 2005 - ANO INTERNACIONAL DA FÍSICA - que é publicada pela última vez, traz essa entrevista e noticia algumas das últimas actividades de 2005.

No quadro do Ano Internacional da Física, este número da Gazeta de Física é distribuído com a Gazeta de Matemática, numa acção recíproca (a Gazeta de Matemática é também distribuída a todos os sócios da Sociedade Portuguesa de Física). Um dos artigos que incluímos nesta edição é precisamente sobre um grande matemático português, Ruy Luís Gomes, da autoria do físico JOÃO DA PROVIDÊNCIA. Ruy Luís Gomes, cujo centenário do nascimento se comemora, foi um dos maiores divulgadores da teoria da relatividade em Portugal. Recomendamos ainda a leitura dos artigos de JOSÉ FERNANDO MENDES sobre "Física de Redes Complexas" e de GUILHERME DE ALMEIDA sobre o eclipse anular ocorrido em 3 de Outubro no nosso país, com imagens obtidas pelo autor. Destaque também para a entrevista com o geofísico JOÃO DUARTE FONSECA sobre o muito que ainda há a descobrir acerca do terramoto de Lisboa de 1755.

Nas secções Física em Portugal e Física no mundo damos conta, como é costume, de notícias na área da Física que têm marcado a actualidade nacional. O destaque vai para o Prémio Nobel da Física 2005, atribuído a dois norte-americanos e a um alemão que trabalham em óptica quântica.

Na secção Ensino, MANUELA AMARAL expõe a actividade multidisciplinar "Revivendo Eratóstenes", dinamizada em parceria com o Brasil e outros países. Em Olimpíadas de Física destacamos a brilhante prestação portuguesa nas Olimpíadas Ibero-Americanas. Finalmente, em Livros Multimédia, para além das habituais recensões, divulgamos alguns sítios e blogues portugueses de ciência.

Desejamos a todos boa leitura e um bom 2006!

Ruy Luís Gomes (1905-1984) foi um dos mais notáveis matemáticos portugueses do século XX. A Universidade de Coimbra, por onde passou e nele deixou marcas indeléveis, pode orgulhar-se de ser a sua *alma mater*.

JOÃO DA PROVIDÊNCIA

Departamento de Física da Universidade de Coimbra
3004-516 Coimbra
providencia@teor.fis.uc.pt

RUY LUÍS GOM
EPISÓDIOS DA

Ruy Luís Gomes foi um dos mais notáveis matemáticos portugueses do século XX. A Universidade de Coimbra, por onde passou e nele deixou marcas indeléveis, pode orgulhar-se de ser a sua alma mater. Foi nela que concluiu brilhantemente a licenciatura em Matemática com 20 valores. Foi também nela que iniciou em 1926 a docência universitária como Segundo Assistente Livre - do Segundo Grupo da Primeira Secção da Faculdade de Ciências, Ciências Matemáticas - Mecânica e Astronomia, tendo a sua nomeação sido proposta pelo Doutor João Pereira da Silva Dias e unanimemente aprovada pela Congregação da Faculdade de Ciências. E foi ainda nela, a 22 de Dezembro de 1928, que prestou provas de doutoramento defendendo a dissertação intitulada: Sobre o Desvio das Trajectórias dum Sistema Holónomo. O grau de Doutor foi-lhe concedido por unanimidade. A investigação inspirou-se em trabalhos do célebre matemático italiano Tullio Levi-Civita, nomeadamente no seu artigo Sur l'écart geodesique e na obra de Aureliano de Mira Fernandes, a quem o autor testemunhou: o mais sincero reconhecimento pela bondade com que sempre me acolheu e pelo inestimável auxílio que me quis prestar.

A aplicação dos métodos do Cálculo Diferencial Absoluto ao estudo dos sistemas holónomos, como transparece do título da sua dissertação doutoral, assinala o início da actividade científica de Ruy Luís Gomes.

Foi sobre a mesma temática do doutoramento que versou a dissertação intitulada *Sobre a estabilidade dos movimentos dum sistema holónomo*, com a qual se candidatou a uma vaga de Professor Catedrático do Segundo Grupo da Primeira Secção da Faculdade de Ciências da Universidade de Coimbra que tinha sido posta a concurso em 1929. Levi-Civita, a quem se deve a invenção do conceito de transporte paralelo de importância crucial em Geometria Diferencial,

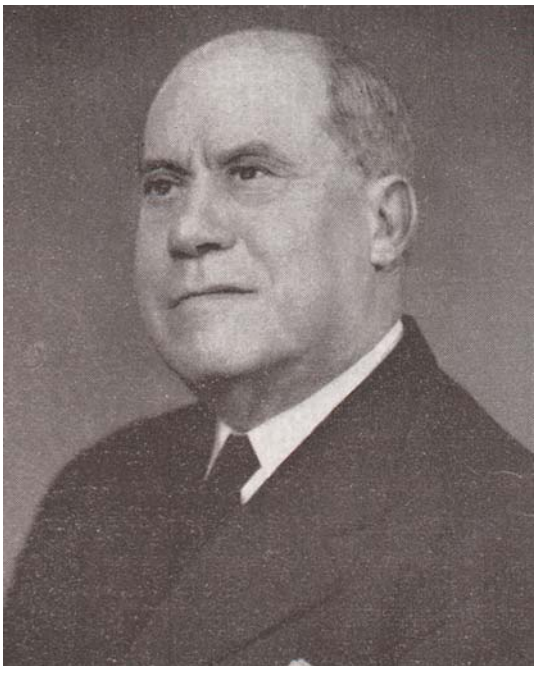
ES,
SUA VIDA

Ruy Luís Gomes

testemunhou ao jovem cientista o interesse que a sua obra lhe suscitara nos seguintes termos: "*aprezzando i moltiplici ravvicinamenti e gli utili complementi Ella ha saputo consiguire. Rallegramenti ed auguri cordiali di nuovi successi nella sua carriera scientifica che sera indubiamente brilhante*". (tradução do autor : "...apreciando as múltiplas abordagens e os úteis complementos que soube encontrar. Congratulações e desejos cordiais de novos sucessos na sua carreira científica que será indubitavelmente brilhante."). A este concurso candidatou-se também Manuel dos Reis, Segundo Assistente do Segundo Grupo da Primeira Secção, que foi admitido. José Vicente Gonçalves contestou na Congregação da Faculdade de Ciências a admissão de Manuel dos Reis, que na altura não possuia ainda o grau de doutor, e assim, em seu entender, não satisfazia os requisitos legais vigentes. Já então, nalgumas universidades portuguesas, os concursos académicos primavam pela falta de transparência e isenção. Ruy Luis Gomes cultivou com desvelo, pela vida fora, uma relação de profunda amizade e respeito pelo seu antigo mestre Vicente Gonçalves. Merece também uma especial referência o contacto científico e humano mantido com Mira Fernandes, que o apresentou a Levi-Civita. Foi o eminente matemático italiano quem patrocinou a sua primeira publicação internacional, *Sur les mouvements isoenergétiques*, na Revista da *Accademia Nazzionale dei Lince*, em 1930.

Em 1929 Ruy Luís Gomes passou a exercer funções docentes na Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, inicialmente como Assistente das cadeiras de *Álgebra Superior* e *Geometria Projectiva* e a partir de 1933 como Professor Catedrático da cadeira de *Física-Matemática*, mediante concurso então aberto.

O fecundo convívio intelectual na cidade do Porto com Abel Salazar atraiu Ruy Luís Gomes para as teses da corrente filosófica do Positivismo Lógico (Escola de Viena). A análise, à luz destas doutrinas, dos conceitos de espaço e tempo em Teoria da Relatividade e dos princípios da então emergente Teoria dos Quanta suscitaram a sua atenção, constituindo incentivo para a investigação de vanguarda, com projecção internacional, que desenvolveu em Física, nessas áreas. No campo da Relatividade, descobriu em 1935 uma nova dedução das fórmulas da transformação de Lorentz. Os problemas da Mecânica Quântica Relativista, criada pelo físico inglês Paul Dirac, atraíram, em particular, a sua atenção, tendo obtido uma demonstração elegante das propriedades algébricas das matrizes de Dirac, que publicou em 1937 nos *Lincei*. Esta demonstração era muito mais simples que as que tinham sido apresentadas em 1932 pelo matemático holandês Van der Waerden e em 1936 pelo físico suíço Wolfgang Pauli, utilizando forte aparato matemático - teoria dos grupos e resultados de Schur. Neste espírito, dedicou-se à nova teoria do fotão do físico francês Louis de Broglie, segundo a qual a partícula luminosa era descrita como o produto tensorial de um *spinor* de Dirac pelo *spinor* adjunto. Ruy Luís Gomes procurou simplificar um pouco uma teoria demasiado complicada que acabou por ser superada pela Electrodinâmica Quântica, permanecendo, no entanto, de inquestionável valor histórico. Dos doze artigos que publicou nos *Lincei*, de 1930 a 1937, dois referem explicitamente no título a nova teoria de De Broglie, sendo este tema recorrente noutras publicações. Por esta ocasião, um bolseiro português em Paris ouviu, com surpresa, o Professor Louis de Broglie citar, nas suas lições no Institut Poincaré, um matemático português autor de simplificações na equação fundamental que concebera para o estudo da radiação luminosa.



Aureliano de Mira Fernandes

Os dinamizadores do então recém-criado *Núcleo de Matemática Física e Química*, empenhados num amplo movimento de renovação da cultura científica portuguesa, receberam esta notícia, chegada de Paris, com compreensível entusiasmo e regozijo. *O Núcleo de Matemática, Física e Química* teve como fundadores, em 1936, o químico Arnaldo Peres de Carvalho, e os físicos Herculano Amorim Ferreira, Manuel Valadares e António da Silveira. A este grupo fundador juntou-se, logo ao início, o matemático Bento de Jesus Caraça. António Aniceto Monteiro, outro matemático, também aderiu ao *Núcleo*, e passou a ser, com Silveira e Valadares, um dos seus mais activos impulsionadores. Os principais objectivos do *Núcleo* eram a realização de cursos, seminários e conferências nas áreas da Física e da Matemática. Em 1937, Ruy Luís Gomes foi convidado pelo Núcleo a proferir uma série de conferências sobre *Relatividade* no Instituto Superior Técnico, em Lisboa. Por esta ocasião, encontrou-se com Aniceto Monteiro, o que foi um acontecimento marcante na sua vida. As conferências, que foram publicadas no volume 2 da Colecção do *Núcleo*, em 1938, intitulavam-se:

- *As equações fundamentais e o seu grupo de invariância.*
- *O tempo em relatividade.*
- *A interpretação física das fórmulas de Lorentz.*
- *Cinemática relativista.*

Para Ruy Luís Gomes, não tinha sentido cultivar a ciência pela ciência. A investigação científica devia estar subordinada ao interesse superior de contribuir para melhorar as condições de vida do povo e para a sua felicidade.

Segundo as suas palavras: *Uma descoberta é uma obra colectiva e de interesse colectivo - feita por muitos a todos interessa e dela todos podem beneficiar*. Por volta de 1940, entendendo que era a altura de relegar para plano secundário os seus interesses particulares de investigador, passou a dedicar-se, com outros vultos notáveis da chamada geração de 40, previamente mencionados, ao vasto programa de renovação e dinamização científica do País, em que se encontravam profundamente envolvidos.

Em 1947, Ruy Luís Gomes foi demitido de Professor Catedrático da Universidade do Porto, pela ditadura salazarista. Na sequência de feroz perseguição política e impossibilitado de desenvolver a sua actividade científica e académica em Portugal, viu-se obrigado a procurar o exílio. Em 1958, aceitou um convite para colaborar na docência de matemática da Universidade de Bahia Blanca, na Argentina. Em 1962, trocou a Argentina pelo Brasil, a convite da Universidade Federal de Pernambuco, no Recife. Aqui, Ruy Luís Gomes exerceu funções até à Revolução de 25 de Abril de 1974, após a qual foi reintegrado como Professor Catedrático da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, onde foi Reitor até à sua jubilação em 5 de Dezembro de 1975.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bebiano, Natália, *Ruy Luís Gomes, uma fotobiografia*, Gradiva e Universidade do Porto, 2005.

Fitas, A.J., Marcial, E.Rodrigues, M. Fátima Nunes, *A Filosofia da Ciência no Portugal do século XX*, in Pedro Calafate (direcção), "História do Pensamento Filosófico Português", (vol.5, tomo II), Lisboa, Editorial Caminho, 2000, 421-582.

Gagean, David Lopes e Leite, Manuel da Costa. "Cultura Científica em Portugal: a Universidade e o ensino científico da relatividade e da quântica na 1ª metade do século XX", *Actas Memória, História, Perspectivas*, Coimbra, 1990, pp. 499-512.

Morgado, José. "Ruy Luís Gomes Professor e Companheiro", *Boletim da SPM*, nº 8, 1985, pp. 5-40.

Neves Real, Luís. "A obra de investigação empreendida recentemente pelo Prof. Ruy Luís Gomes no domínio das matemáticas", *Diário de Lisboa*, 1 Abril 1953

Rezende, Jorge. http://ruyluisgomes.blogspot.com (páginas da Internet integralmente consagradas a Ruy Luis Gomes, que foi professor do autor).

Vilaça, Alberto. "Ruy Luís Gomes, Resistente antifascista", *O Militante 278*, Setembro/Outubro de 2005.

ALGUMAS PUBLICAÇÕES CIENTÍFICAS DE RUY LUÍS GOMES

- *Sobre os princípios de Gauss e de Hertz*, Oficinas Gráficas do Instituto Superior do Comércio de Lisboa, 1930.

- Sur les mouvements isoénergétiques, *Rendiconti della Accademia Nazzionale dei Lince* (6) 11, 180-184 (1930).

- Energia electrostática, *Anais da Faculdade de Ciências do Porto* 17, 123-127 (1931).

- Sur les limites de la dérivée normale d'un potentiel de simple couche, *Rendiconti della Accademia Nazzionale dei Lince* (6) 15, 642-645 (1932).

- Sur l'existence de la dérivée normale d'un potentiel de simple couche, *Rendiconti della Accademia Nazzionale dei Lince* (6) 15, 533-536 (1932).

- Opérateurs linéaires. Matrices limitées, *Rendiconti della Accademia Nazzionale dei Lince* (6) 17, 41-45 (1933).

- Sur la transformation canonique simultanée de plusieurs matrices non hermitiènnes ni unitaires, *Rendiconti della Accademia Nazzionale dei Lince* (6) 17, 436-438 (1933).

- Encore sur les opérateurs linéaires, *Rendiconti della Accademia Nazzionale dei Lince* (6) 17, 375-377 (1933).

- Encore sur les opérateurs linéaires. Remarques complémentaires, *Rendiconti della Accademia Nazzionale dei Lince* (6) 17, 797-798 (1933).

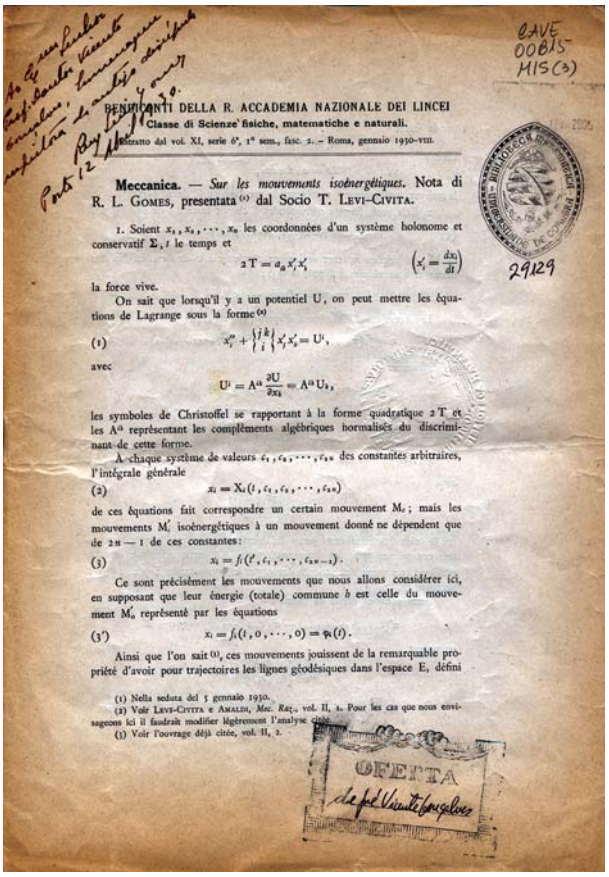
- Operadores lineares em espaços de Hilbert, *Anais da Faculdade de Ciências do Porto* 18, 65-76 (1933).

- Les matrices de Dirac dans un espace Riemannien, *Rendiconti della Accademia Nazzionale dei Lince* (6) 19, 325-328 (1934).

- Sur une propriété de l'opérateur H de M. de Broglie, *Rendiconti della Accademia Nazzionale dei Lince* (6) 21, 499-501 (1935).

- Quelques considérations sur l´équation fondamentale de la "Nouvelle Conception de la Lumiére" du Prof. Louis de Broglie, I, *Rendiconti della Accademia Nazzionale dei Lince* (6) 21, 358-364 (1935).

- Quelques considérations sur l´équation fondamentale de la "Nouvelle Conception de la Lumiére" du Prof. Louis de Broglie, II, *Rendiconti della Accademia Nazzionale dei Lince* (6) 21, 443-447 (1935).



RENDICONTI DELLA R. ACCADEMIA NAZIONALE DEI LINCEI
Classe di Scienze fisiche, matematiche e naturali.
Estratto dal vol. XI, serie 6ª, 1° sem., fasc. 2. – Roma, gennaio 1930-VIII.

Meccanica. — *Sur les mouvements isoénergétiques.* Nota di R. L. Gomes, presentata [1] dal Socio T. Levi-Civita.

1. Soient $x_1, x_2, \cdots, x_n$ les coordonnées d'un système holonome et conservatif Σ, t le temps et

$$2T = a_{ik} x'_i x'_k \qquad \left(x'_i = \frac{dx_i}{dt}\right)$$

la force vive.

On sait que lorsqu'il y a un potentiel U, on peut mettre les équations de Lagrange sous la forme [2]

$$(1) \qquad x''_i + \left\{ {jk \atop i} \right\} x'_j x'_k = U^i,$$

avec

$$U^i = A^{ia} \frac{\partial U}{\partial x_a} = A^{ia} U_a,$$

les symboles de Christoffel se rapportant à la forme quadratique 2 T et les A^{ia} représentant les complèments algébriques normalisés du discriminant de cette forme.

A chaque système de valeurs $c_1, c_2, \cdots, c_{2n}$ des constantes arbitraires, l'intégrale générale

$$(2) \qquad x_i = X_i(t, c_1, c_2, \cdots, c_{2n})$$

de ces équations fait correspondre un certain mouvement M_c; mais les mouvements M'_c isoénergétiques à un mouvement donné ne dépendent que de $2n - 1$ de ces constantes:

$$(3) \qquad x_i = f_i(t, c_1, \cdots, c_{2n-1}).$$

Ce sont précisément les mouvements que nous allons considérer ici, en supposant que leur énergie (totale) commune h est celle du mouvement M_0 représenté par les équations

$$(3') \qquad x_i = f_i(t, 0, \cdots, 0) = \varphi_i(t).$$

Ainsi que l'on sait [3], ces mouvements jouissent de la remarquable propriété d'avoir pour trajectoires les lignes géodésiques dans l'espace E, défini

(1) Nella seduta del 5 gennaio 1930.
(2) Voir Levi-Civita e Amaldi, *Mec. Raz.*, vol. II, 1. Pour les cas que nous envisageons ici il faudrait modifier légèrement l'analyse citée.
(3) Voir l'ouvrage déjà citée, vol. II, 2.

Primeiro trabalho científico publicado em revistas internacionais com dedicatória de Ruy Luís Gomes a José Vicente Gonçalves. Foi proposto para publicação por Levi-Civita (do espólio de José Vicente Gonçalves petencente à Biblioteca do Departamento de Matemática da Universidade de Coimbra)

- L'opérateur S-opérateur de Schroedinger, *Rendiconti della Accademia Nazzionale dei Lince* (6) 21, 179-186 (1935).

- Sur la déduction des formules de Lorentz, *Rendiconti della Accademia Nazzionale dei Lince* (6) 21, 433-437 (1935).

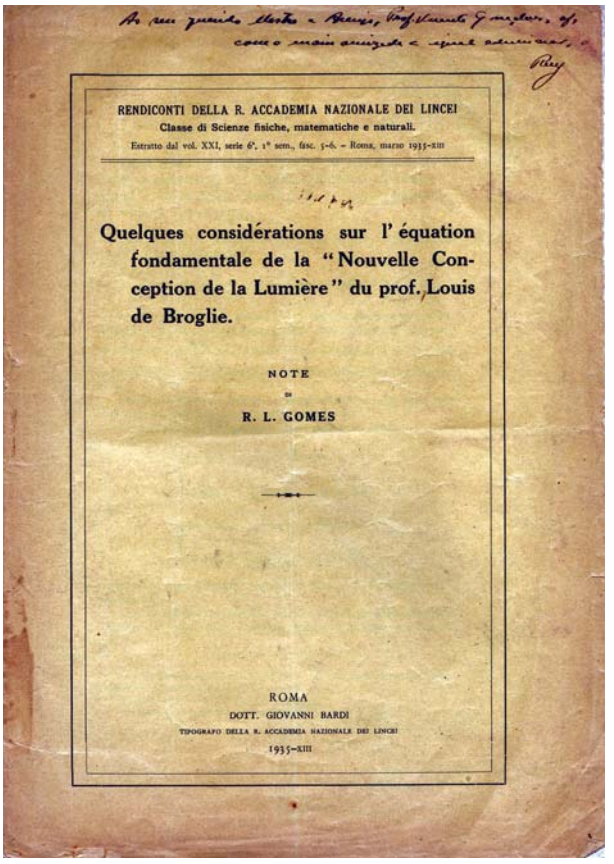
- Sur la cinématique relativiste des systèmes, *Portugaliae Mathematica* 1, 2 (1937-1940).

- Une rectification nécessaire de la note: L'opérateur de Schrodinger, *Rendiconti della Accademia Nazzionale dei Lince* (6) 24, 206 (1936).

- Une nouvelle démonstration de l'équivalence de deux systèms de Dirac, *Rendiconti della Accademia Nazzionale dei Lince* (6) 25, 560-564 (1937).

- Sur les matrices de Dirac au sens large, *Rendiconti della Accademia Nazzionale dei Lince* (6) 25, 75-81 (1937).

- Étude des systèmes de Dirac au sens large, *Journal Physique et Radium* (7) 9, 5 (1938)



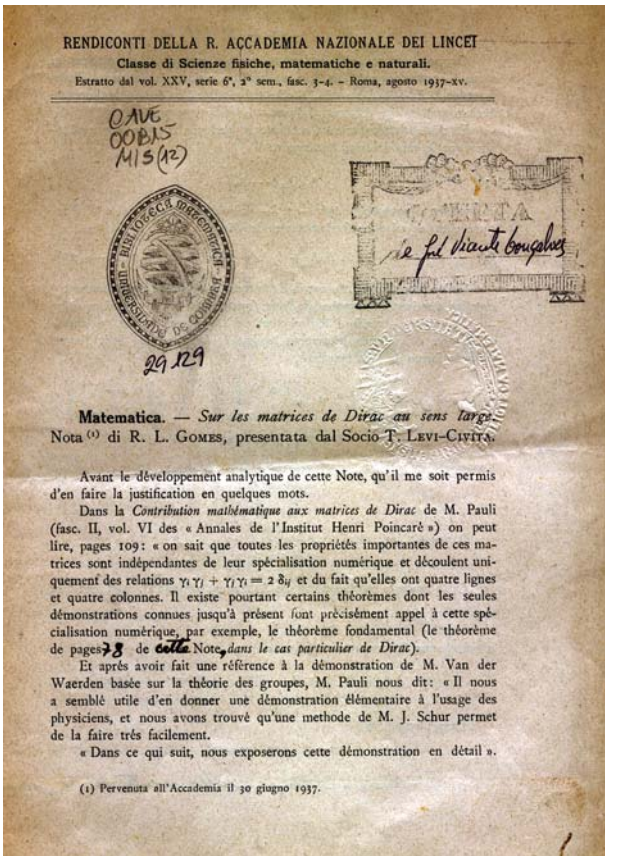
RENDICONTI DELLA R. ACCADEMIA NAZIONALE DEI LINCEI
Classe di Scienze fisiche, matematiche e naturali.
Estratto dal vol. XXI, serie 6ª, 1° sem., fasc. 5-6. – Roma, marzo 1935-XIII

Quelques considérations sur l' équation fondamentale de la "Nouvelle Conception de la Lumière" du prof. Louis de Broglie.

NOTE
DI
R. L. GOMES

ROMA
DOTT. GIOVANNI BARDI
TIPOGRAFO DELLA R. ACCADEMIA NAZIONALE DEI LINCEI
1935-XIII

Trabalho sobre a nova concepção de luz de Louis de Broglie com dedicatória de Ruy Luís Gomes a José Vicente Gonçalves (do espólio de José Vicente Gonçalves petencente à Biblioteca do Departamento de Matemática da Universidade de Coimbra)



RENDICONTI DELLA R. ACCADEMIA NAZIONALE DEI LINCEI
Classe di Scienze fisiche, matematiche e naturali.
Estratto dal vol. XXV, serie 6ª, 2° sem., fasc. 3-4. – Roma, agosto 1937-XV.

Matematica. — *Sur les matrices de Dirac au sens large.* Nota [1] di R. L. Gomes, presentata dal Socio T. Levi-Civita.

Avant le développement analytique de cette Note, qu'il me soit permis d'en faire la justification en quelques mots.

Dans la *Contribution mathématique aux matrices de Dirac* de M. Pauli (fasc. II, vol. VI des « Annales de l'Institut Henri Poincaré ») on peut lire, pages 109: « on sait que toutes les propriétés importantes de ces matrices sont indépendantes de leur spécialisation numérique et découlent uniquement des relations $\gamma_i\gamma_j + \gamma_j\gamma_i = 2\,\delta_{ij}$ et du fait qu'elles ont quatre lignes et quatre colonnes. Il existe pourtant certains théorèmes dont les seules démonstrations connues jusqu'à présent font précisément appel à cette spécialisation numérique, par exemple, le théorème fondamental (le théorème de pages 78 de cette Note, *dans le cas particulier de Dirac*).

Et après avoir fait une référence à la démonstration de M. Van der Waerden basée sur la théorie des groupes, M. Pauli nous dit: « Il nous a semblé utile d'en donner une démonstration élémentaire à l'usage des physiciens, et nous avons trouvé qu'une methode de M. J. Schur permet de la faire très facilement.

« Dans ce qui suit, nous exposerons cette démonstration en détail ».

(1) Pervenuta all'Accademia il 30 giugno 1937.

Trabalho sobre as matrizes de Dirac proposto para publicação por Levi--Civita (do espólio de José Vcente Gonçalves petencente à Biblioteca do Departamento de Matemática da Universidade de Coimbra)

- Les changements de référentiel et la cinématique des ensembles (de points). Quelques problèmes qui en dépendent, *Portugaliae Mathematica* 1, 181-203 (1937-1940).

- Algumas aplicações da noção de matriz associada a um vector, *Portugaliae Mathematica* 1, 293-302 (1937-1940).

- *Teoria da Relatividade Restrita*, Livraria Sá da Costa, Lisboa, 1938; Publicações do Núcleo de Matemática, Física e Química 2 (1938).

- Les changements de référentiel et la cinématique des ensembles de points. Problèmes, qui en dependent, *Journal Physique et Radium* (8) 1, 335-340 (1940).

- Sur une généralization de l'opérateur de projection ε(I), *Portugaliae Physica* 1, 29-34 (1943); *Publicações do Centro de Estudos Matemáticos do Porto*, 1943.

- Levi-Civita (1873-1941), *Anais da Faculdade de Ciências do Porto* 28, 5-7 (1943).

- O valor social da investigação científica, *Gazeta de Matemática* 19, 16-17 (1944); *Junta de Investigação Matemática*, p. 8 (1944).

- Exemplo de álgebras que admitem um tipo de involução particular, *Gazeta de Matemática* 23, 1-3 (1945).

- Sobre uma construção algébrica na noção de integral, *Publicações Centro de Estudos Matemáticos da Faculdade de Ciências do Porto* 12, (1945); Anais da Faculdade de Ciências do Porto 29, nº 4, (1944).

- Sur la notion de fonctionnelle, *Portugaliae Mathematica* 5, 202-206 (1946).

- A noção de integral baseada na medida à Jordan, *Gazeta de Matemática* 29, 5-9 (1946).

- Caracterização matricial de sistemas canónicos de Hamilton, *Anais da Faculdade de Ciências do Porto* 31, 5-17 (1946).

- Algumas propriedades dos conjuntos de ordenadas, *Gazeta de Matemática* 34, 1-3 (1947).

- Introdução aos fundamentos da Análise, de A. Andrade Guimarães, prefácio de Ruy Luís Gomes, *Junta de Investigação Matemática*, p. 22 (1947).

P: QUAL A FORÇA NECESSÁRIA PARA ELEVAR O POTENCIAL DE UM BOM ALUNO AO RECONHECIMENTO PÚBLICO?

R: $F = E_p$ (PÚBLICO+GRADIVA)*

* Força é igual à energia potencial do aluno, exponenciada pelos prémios PÚBLICO/GRADIVA.

PRÉMIOS PÚBLICO/GRADIVA

O jornal PÚBLICO e a editora GRADIVA, com o apoio da SPM-SOCIEDADE PORTUGUESA DE MATEMÁTICA, da SPF-SOCIEDADE PORTUGUESA DE FÍSICA e o patrocínio da BP, vão distinguir o melhor trabalho desenvolvido nestas duas áreas e atribuir o Prémio Bento de Jesus Caraça (Matemática) e o Prémio Mário Silva (Física) aos respectivos alunos e escolas participantes

DATA LIMITE DE INSCRIÇÃO: 15 DE JANEIRO
Informa-te com os teus professores ou vai a www.publico.pt ou a www.gradiva.pt
Podes ver o regulamento em:
SPM – www.spm.pt /spm@spm.pt / 21 793 97 85
SPF – www.spf.pt / secretariado@spf.pt / 21 799 36 65

Prémio "Bento de Jesus Caraça"
Atribuído ao autor do melhor trabalho sobre Matemática elaborado por alunos que tenham obtido no 11º ano classificação final igual ou superior a 18,0 valores na disciplina de Matemática ou tenham sido finalistas nacionais nas Olimpíadas de Matemática 2005.

Prémio "Mário Silva"
Atribuído ao autor do melhor trabalho sobre Física elaborado por alunos que tenham obtido no 11º ano classificação final igual ou superior a 18,0 valores na disciplina de Ciências Físico-Químicas, ou tenham sido finalistas nacionais nas Olimpíadas de Física 2005.

Organização

PÚBLICO gradiva publicações, lda. spm SOCIEDADE PORTUGUESA DE MATEMÁTICA spf

Patrocínio

bp

FÍSICA DE REDE COMPLEXAS

O que é um grafo ou rede? De uma forma muito simples não é mais do que um conjunto de nodos (vértices) e ligações (arestas) entre eles, como explica neste artigo José Fernando Mendes. Os exemplos mais comuns de redes incluem a *World Wide Web, Internet*, redes sociais, redes biológicas e muitas outras.

JOSÉ FERNANDO F. MENDES

Departamento de Física da Universidade de Aveiro
Campus Universitário de Santiago
3810-193 Aveiro
jfmendes@fis.ua.pt

O que é um grafo ou rede? De uma forma muito simples não é mais do que um conjunto de nodos (vértices) e ligações (arestas) entre eles (Fig. 1) [1-5]. Os exemplos mais comuns de redes (grafo é uma designação mais usada na literatura matemática) incluem a *World Wide Web (WWW)*, *Internet*, redes sociais, redes biológicas e muitas outras (Fig. 2). O estudo das redes teve o seu início por volta de 1735 quando Leonard Euler apresentou a solução para o problema das pontes de Königsberg. Esta prova é por muitos hoje considerada o ponto de partida de um ramo da matemática (teoria dos grafos), para o qual pessoas como Erdos Rényi deram contribuições importantíssimas, nas últimas décadas do século XX. Também, durante o século passado, muitos estudos, mais empíricos, foram realizados na área das ciências sociais. Um dos trabalhos percursores nesta área foi o de Milgram [6]. Mais recentemente, com o aparecimento de redes reais com um grande número de nodos e com o aumento da capacidade computacional tornaram-se viáveis estudos das mesmas.

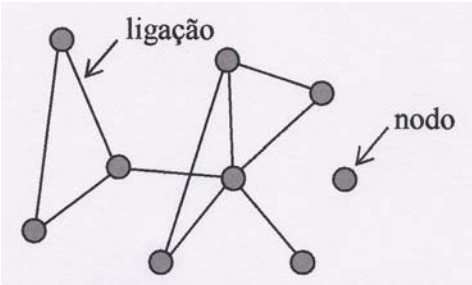


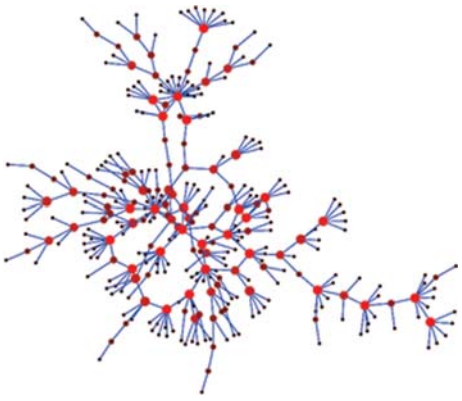
Fig. 1 Representação esquemática de uma rede

Como pode, por exemplo, a estrutura da rede afectar o tráfego na *Internet*, ou o desempenho de um motor de busca, ou a dinâmica de sistemas sociais ou biológicos? Ou podemos nós, através do conhecimento da rede social correspondente a uma dada sociedade, por exemplo, auxiliar na prevenção da propagação de uma epidemia, ou de um vírus informático na *Internet*? Respostas a estas, e a muitas outras perguntas, têm sido procuradas por uma grande comunidade de cientistas em variadas áreas. No entanto, a compreensão destes sistemas complexos (redes) permanece na sua infância.

O que são redes aleatórias? Redes aleatórias são *ensembles* estatísticos de redes. Um *ensemble* estatístico é um conjunto de redes particulares, cada uma delas tendo uma probabilidade específica de realização (um peso estatístico). Em estudos empíricos, regra geral, é observado um único membro (uma realização particular) deste *ensemble*. Em simulações numéricas pode ser gerado um número finito de realizações do *ensemble*. Como se sabe da mecânica estatística, os *ensembles* estatísticos são classificados como de equilíbrio ou de não-equilíbrio. No caso de redes, estas são aleatórias de equilíbrio ou de não-equilíbrio, consoante o seu número de nodos é fixo ou cresce.

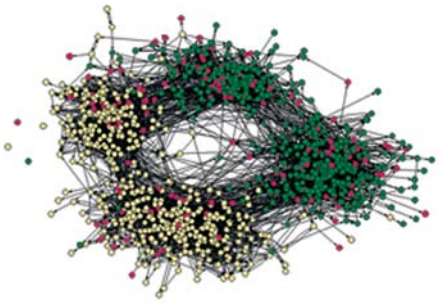
TIPOS DE REDES

Quando um conjunto de vértices é ligado através de um certo número de ligações, e não levando em consideração outro tipo de aspectos, estamos perante o exemplo mais simples de uma rede (Fig. 1). No entanto, estas podem ser mais complicadas. Pode, por exemplo, haver mais do que um tipo de nodos na rede, ou mais do que um tipo de ligações. Numa rede económica, por exemplo, os nodos podem representar empresas ou bancos, etc., o mesmo se passando com as ligações, que podem ser de diferentes tipos (banco-banco, banco-empresa), ou mesmo terem diferentes intensidades, correspondendo estas, por exemplo, ao volume de negócio entre os nodos. Podem ser dirigidas, ou não, consoante a troca se faz num ou em ambos os sentidos. Por exemplo, a *WWW* é uma rede dirigida, enquanto a *Internet* não o é.

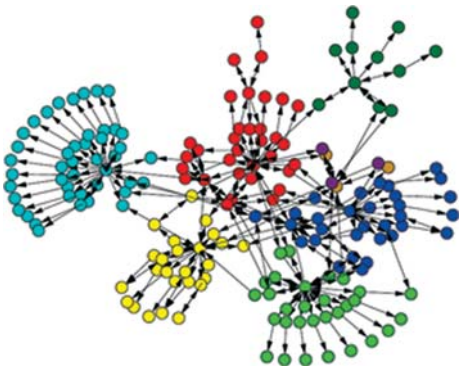


2a)

2b)



2c)



2d)

Fig. 2 a) Rede de contactos sexuais entre indivíduos, por Potterat *et al.* [7]; b) Rede de contágios entre pessoas [8]; c) Rede dos amigos numa escola dos Estados Unidos. As relações de amizade foram obtidas através de questionários, por James Moody [9]; d) Documentos num sítio da *Web* e ligações entre eles. As cores designam diferentes comunidades, por M. Girvan e M. E. J. Newman [10]

Nodo (vértice): característica local de uma rede, pode ser um documento (*Web*), um computador (*Internet*), um actor (filmes), um gene (biologia), etc.

Ligação: a linha entre dois nodos. Podem ser de vários tipos ou intensidades.

Dirigida/não dirigida: consoante aponta num sentido entre dois nodos ou em ambos. Por exemplo, na *Web* uma página pode ter um link para outra e o contrário não se verificar. Na *Internet*, os cabos ópticos transportam informação em ambos os sentidos.

Conectividade ou grau: número de ligações presentes num nodo. Se a rede é dirigida, fala-se de conectividade de entrada e de saída, consoante a ligação aponta para o nodo ou, pelo contrário, sai do nodo e aponta para outro.

Distribuição de conectividades: diz-nos como se distribuem as ligações pelos nodos, dá-nos a probabilidade de um nodo ter k ligações. Numa rede aleatória, a distribuição de conectividades é a fracção média dos nodos com grau k: $P(k) = \langle N(k)\rangle/N$. Aqui $N(k)$ é o número dos nodos de grau k numa rede particular do *ensemble* estatístico. O cálculo da média é sobre todos os elementos do *ensemble* estatístico.

Caminho mais curto: é a menor distância entre dois nodos na rede. Em geral existe mais do que um caminho a ligá-los.

Diâmetro: é o comprimento da maior distância entre quaisquer dois nodos (medida em número de ligações).

Matriz adjacente: esta matriz contém toda a informação sobre uma rede. Uma rede de N nodos tem uma matriz de adjacência de $N\times N$. Cada elemento da matriz de adjacência a_{ij} é igual ao número das ligações que conectam os nodos i e j.

Coeficiente de agregação: a sua definição está relacionada com os ciclos de comprimento três (triângulos de ligações). O coeficiente de agregação local é o número relativo das conexões entre os vizinhos mais próximos de um nodo i, $C_i = 2n_i/(k_i(k_i-1))$. Aqui k_i é o grau do nodo i e n_i é o número total das conexões entre seus vizinhos mais próximos.

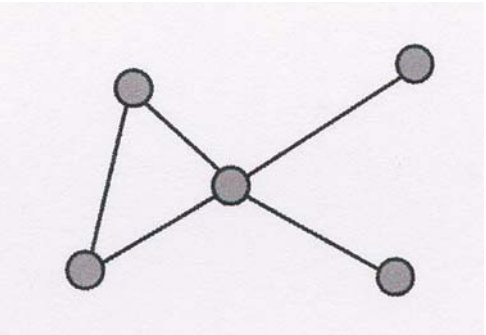


Fig. 3: Ilustração da definição de coeficiente de agregação, *C*. Esta rede tem um triângulo em seis possíveis, portanto, para o nodo central, *C=1/6*

ALGUMAS REDES REAIS

Nesta secção apresentar-se-ão alguns dos exemplos mais conhecidos de redes reais:

1 - Redes sociais

Uma rede social não é mais que um conjunto de pessoas ou grupos de pessoas, ligados entre eles por relações que podem ser profissionais, familiares ou outras. Os estudos neste campo iniciaram-se nos anos trinta por Moreno (1934) [11]. A introdução de modelos matemáticos foi feita por Rapoport [12], o primeiro autor a realçar a importância da distribuição do número de ligações. Outro estudo importante, nesta área, foi o de Milgram [13] através das suas experiências que levaram ao conceito de "pequeno mundo" (*small world*). Estas experiências estão na base do conceito dos "seis graus de separação".

2 - Redes de informação

O exemplo clássico de uma "rede de informação" é a rede das citações entre artigos científicos. A maioria dos artigos publicados cita outros trabalhos anteriores relacionados ou importantes para este. Estas citações geram uma rede em que os nodos são os artigos científicos e a ligação dirigida do artigo em causa para outro artigo indica que este cita o precedente. A estrutura da rede de citações reflecte assim a estrutura da informação armazenada nos seus nodos: daí a designação "rede de informação". Estas redes têm certas particularidades, que por vezes não surgem noutras. Isso prende-se com o facto de, após a publicação de um artigo que cita outros anteriores, a informação relativa ao número de citações ficar congelada não sendo mais possível alterar esse número. Jaffe e Trajtenberg [14], por exemplo, estudaram a rede das citações entre patentes dos E. U. A., que é semelhante, em alguns aspectos, à das citações entre artigos científicos.

Um outro exemplo muito importante de uma rede de informação é a *World Wide Web*, onde os nodos são os documentos disponíveis e os *links* fazem as ligações entre documentos.

3 - Redes biológicas

(a) - A estrutura de redes neuronais

A estrutura de uma rede neuronal de um organismo minúsculo, o *C. elegans*, contém 282 neurónios que dão forma a uma rede dirigida com uma conectividade média <*k*> = 14 [15]. As distribuições de conectividades são exponenciais. O comprimento médio da distância mais curta é 2,65, e o coeficiente de agregação 0,26. Consequentemente, a rede apresenta o efeito de pequeno mundo e o coeficiente de agregação é muito maior do que o valor característico para o caso da rede aleatória clássica, *C*=0,26>>14/282 =0,05.

(b) - As redes de reacções metabólicas

Um grande número de sistemas biológicos pode ser utilmente representado como uma rede. Um exemplo valioso de uma rede biológica com uma estrutura topológica extremamente rica é fornecido pela rede das reacções metabólicas [16]. Actualmente, tais redes estão documentadas para diversos organismos. Os seus nodos são substratos - componentes moleculares, e as ligações são reacções metabólicas que conectam os substratos. De acordo com [17], as ligações que apontam para um dado substrato são as reacções em que este participa como um produto.

(c) - Redes de proteínas

Trata-se da rede de interacções físicas entre proteínas (ao contrário das químicas nas redes metabólicas). Este tipo de redes foi estudado por um grande número de cientistas [18].

(d) - Redes genéticas

A rede de regulação genética designa uma outra classe, igualmente importante, de redes biológicas. A expressão de um gene, isto é, a produção através da transcrição e translação de proteínas codificadas pelo gene, pode ser controlada pela presença de outras proteínas. Assim o próprio genoma forma uma rede onde os nodos representam as proteínas e as ligações dirigidas representam a dependência da produção da proteína na presença de outras proteínas (nodos).

AS PROPRIEDADES DAS REDES

As redes aleatórias mais simples são o chamado *classical random graph* (Solomonoff e Rapoport, 1950-1952, Erdos e Rényi, 1959-1960 [19], Gilbert 1959). Em termos simples, estas são redes máximas aleatórias sob a restrição de que a conectividade média dos seus nodos, <*k*>, está fixa (o número de nodos está também fixo). Por "máximas aleatórias" entenda-se que são redes para as quais a entropia é máxima. Há várias versões de redes aleatórias clássicas:

- O **modelo de Erdos-Rényi**, que consiste no *ensemble* estatístico de todas as redes possíveis precisamente com *N* nodos e *L* ligações, onde cada membro do *ensemble* tem igual probabilidade de acontecer.

- No **modelo de Gilbert**, cada par de nodos (dos *N*) é conectado com uma probabilidade *p*. Obtém-se assim um *ensemble* estatístico de todos os gráficos possíveis de *N* nodos. Os membros deste *ensemble* são pesados com pesos estatísticos. No limite termodinâmico (redes infinitamente grandes), estas duas versões são equivalentes ($\langle k \rangle = p(N-1)$).

A distribuição de conectividades destas redes aleatórias clássicas obedece a uma distribuição binomial, ou uma distribuição de Poisson no limite de *N* grande: $P(k) \sim \langle k \rangle^k / k!$. A conectividade média <*k*> está fixa. Esta é uma distribuição que decai rapidamente com uma escala natural $k \sim \langle k \rangle$. Uma particularidade desta rede é que todos os seus momentos convergem. O mesmo não se verifica nas redes encontradas na Natureza, com uma dependência em lei de potência.

A maioria das características interessantes das redes reais que atraíram a atenção dos investigadores nos últimos anos prende-se com o facto de estas não serem redes aleatórias no sentido acima definido.

- O **modelo da configuracional** (introduzido por B. Bollobás [6]) é a primeira generalização natural do modelo de redes aleatórias clássicas. De um modo muito simples, o modelo de configuração é uma rede máxima aleatória com uma distribuição dada *P*(*k*) da conectividade. Esta rede aleatória complexa de equilíbrio é não correlacionada. A maioria dos resultados para redes complexas são obtidos usando o modelo de configuração. Existe, contudo, uma outra forma, mais tradicional para os físicos estatísticos, de construir *ensembles* de redes. Por vezes, é chamado modelo exponencial. Os membros do *ensemble* estatístico nesta construção são sistemas (conjuntos) de configurações locais dos nodos e ligações. Cada tipo destes conjuntos ("tijolos") tem a sua "energia de excitação". Por excitação térmica podemos obter um conjunto de realizações (redes) do *ensemble*. As energias específicas da excitação determinam os pesos estatísticos destas realizações, isto é, a estrutura da rede aleatória resultante.

REDES DE CAUSA PESADA (FAT-TAILED)

Se uma rede tiver uma distribuição de conectividades que varia de forma suficientemente lenta com o aumento da conectividade, como acontece com a maioria das redes reais importantes, as suas propriedades são bem distintas das caracterizadas por distribuições do tipo Poisson. Em geral, nestes casos os investigadores tentam interpolar as distribuições empíricas da conectividade por dependências específicas do tipo de lei de potência, $P(k) \sim k^{-\gamma}$ (distribuições sem escala). Contudo, um facto importante

observado é que os momentos de ordem mais elevada das distribuições empíricas da conectividade divergem em redes grandes. Esta observação mostra que, com probabilidade apreciável, os nodos de conectividade elevada estão presentes em redes reais, ao contrário das redes aleatórias clássicas.

OS MODELOS DE REDES EM CRESCIMENTO

Nesta secção iremos examinar uma classe de modelos cujo objectivo preliminar é explicar as propriedades de uma dada rede. Nestes modelos, as redes crescem tipicamente pela adição gradual de novos nodos e de ligações feitas de uma forma que de alguma maneira reflicta os processos de crescimento que originam as redes reais. As ligações são adicionadas de forma preferencial.

Começaremos com o modelo introduzido por Price [20] que foi baseado, por sua vez, num trabalho anterior de Simon [21]. Um trabalho semelhante foi apresentado anteriormente por Yule (1925) [22]. O modelo de Barabási e Albert [23], que foi em certa medida o precursor desta área, nos tempos mais recentes, será apresentado de seguida. Outras variantes e generalizações destes modelos foram introduzidas por outros autores [1].

O MODELO DE PRICE

Derek de Solla Price apresentou em 1965 [20] aquele que provavelmente terá sido o primeiro exemplo do que hoje é chamado uma rede *scale-free*; estudou a rede das citações entre artigos científicos e encontrou que ambas as distribuições (entrada e saída: número de vezes que um artigo é citado e número das vezes que um artigo cita outros) obedecem a uma lei de potência. De facto, o seu trabalho baseou-se nas ideias de Herbert Simon [21], que mostrou que as leis de potência surgem quando estamos na presença do conceito *rich get richer*, isto é, a quantidade de dinheiro que ganhamos depende da quantidade que já temos. Em sociologia, este efeito é conhecido por efeito Matthew [24]. Também é conhecido por "vantagem cumulativa". Na versão do economista Pareto, seria conhecido pela regra do 80/20. Todos estes mecanismos são equivalentes ao proposto mais recentemente por Barabási e Albert: **a ligação preferencial** [23]. Price foi talvez o primeiro a discutir especificamente a vantagem cumulativa no contexto das redes. A sua ideia era que a taxa com que um artigo começa a receber novas citações deve ser proporcional ao número das que já tem. Isto é fácil de justificar de uma maneira qualitativa. O mesmo argumento pode também ser aplicado a outras redes. A solução exacta do modelo de Price pode ser obtida através de uma equação-mestra.

Consideremos uma rede dirigida com N nodos. Seja p_k a fracção de nodos na rede com conectividade k, de modo que $\sum_k p_k$.

Novos nodos são adicionados continuamente à rede, embora não necessariamente com uma taxa constante. Cada nodo adicionado tem um dado número prévio de ligações começando nele próprio - corresponde ao número dos artigos que cita - e note-se que este valor ficará inalterado durante a evolução da rede.

Por razões de simplicidade seja m (em média) o número dessas citações. A conectividade média da rede é dada por $m = \sum_k k\, p_k$.

A probabilidade de um artigo, recentemente aparecido, citar um artigo precedente é simplesmente proporcional ao número de ligações que chegam ao artigo existente. No entanto, inicialmente um artigo não tem citações para ele próprio, o que faz surgir um problema. Price resolveu o problema admitindo que o artigo à nascença tem automaticamente uma ligação para si próprio (auto-citação). Portanto, a probabilidade de um artigo receber uma nova citação é simplesmente proporcional a k+1. A distribuição para este modelo vem assim dada por:

$$p_k = (1+1/m)B(k+1, 2+1/m) \sim k^{-(2+1/m)}$$

onde $B(a,b) = \Gamma(a)\Gamma(b)/\Gamma(a+b)$ é a função Beta de Legendre. Portanto, no limite de N grande, a distribuição de conectividades é do tipo lei de potência (*scale-free*) com um expoente $\gamma = 2+1/m$.

MODELO DE BARABÁSI E ALBERT E A IDEIA DE LIGAÇÃO PREFERENCIAL

O modelo que agora apresentaremos consiste numa redescoberta do modelo proposto por Price. Este modelo também é conhecido por modelo com ligação preferencial. A solução exacta deste modelo foi apresentada por Dorogovtsev e Mendes [1] (a solução apresentada por Barabási e Albert [2] era aproximada e apenas válida sob certas condições). A probabilidade de um nodo se ligar a outro de conectividade k é proporcional a k.

Consideremos então uma rede dirigida, e vamos estudar a distribuição do número de ligações de entrada num nodo (*in-degree*), $q(s,t) = k_i(s,t)$. As regras de evolução são as seguintes:
(1) Por unidade de tempo, um novo nodo é adicionado à rede.

(2) Simultaneamente, m novas ligações dirigidas provenientes de nodo não especificados são adicionadas.

(3) As extremidades destas novas ligações são distribuídas de acordo com a seguinte regra: a probabilidade de uma nova ligação apontar para um nodo s é proporcional a $q(t) + A$. O parâmetro $A = ma$ joga o papel de uma atractividade adicional. Desta forma a conectividade total de um nodo s no instante t é dada por $k(s,t) = q(s,t) + m$. Se consi-

derarmos $A = m$, isto é, $a = 1$, então as novas ligações são distribuídas com probabilidade proporcional a $k(s,t)$.

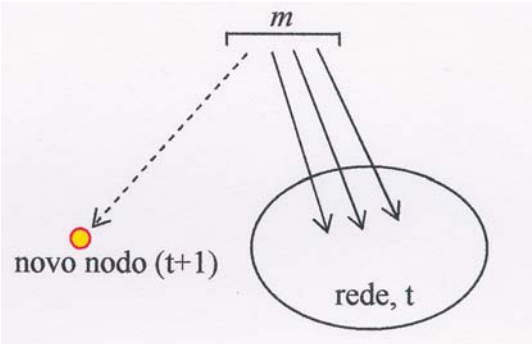


Fig 4: Representação esquemática da distribuição das *m* novas ligações.

A equação mestra para a evolução da distribuição de conectividade de chegada num nodo *s* no instante *t* é $p(q, s, t)$ e pode ser entendida do seguinte modo. A probabilidade de uma nova ligação apontar para um nodo *s* é igual a

$$\Pi = \frac{q(s,t) + am}{(1+a)mt}$$

A probabilidade de um nodo *s* receber exactamente *l* novas ligações das *m* injectadas é:

$$P_s^{ml} = \binom{m}{l}\left[\frac{q(s,t)+am}{(1+a)mt}\right]^l \left[1 - \frac{q(s,t)+am}{(1+a)mt}\right]^{m-l}$$

Assim, a distribuição de conectividades de um nodo particular é dada por,

$$p(q,s,t+1) = \sum_{l=0}^{m} P_s^{ml}\, p(q-l,s,t)$$
$$= \sum_{l=0}^{m}\binom{m}{l}\left[\frac{q-l+am}{(1+a)mt}\right]^l$$
$$\times\left[1 - \frac{q(s,t)+am}{(1+a)mt}\right]^{m-l} p(q-l,s,t).$$

Esta equação está sujeita a uma condição de fronteira, $p(q,t,t) = \delta_{q,0}$ (delta de Kronecker). Somando sobre s na equação anterior e considerando *t* grande, obtém-se a equação integro-diferencial:

$$(1+a)t\,\tfrac{\partial P}{\partial t}(q,t) + (1+a)P(q,t)$$
$$+(q+am)P(q,t) - (q-1+am)P(q-1,t)$$
$$=(1+a)\delta_{q,0}$$

Levando em consideração a parte estacionária da equação (excluir o termo com a derivada temporal) tem-se uma equação para a distribuição estacionária

$$P(q) = P(q, t \to \infty),$$

supondo que esta existe. A solução exacta desta equação é dada por [1]:

$$P(q) = (1+a)\frac{\Gamma(1+(m+1)a)}{\Gamma(ma)}\frac{\Gamma(q+ma)}{\Gamma(q+2+(m+1)a)}$$

onde Γ é a função gama. Quando $a = 1$, obtém-se o resultado correspondente ao modelo de Barabási e Albert,

$$P(q) = \frac{2m(m+1)}{(q+m)(q+m+1)(q+m+2)} \sim q^{-3}$$

Uma formulação mais rigorosa deste modelo foi apresentada por Ballobás [6]. Dada a atenção que este modelo despertou na comunidade científica, várias generalizações têm sido propostas. Uma variante, proposta por Dorogovtsev e Mendes [5], consistiu em considerar que a conectividade média da rede cresce com o tempo (crescimento acelerado). Este efeito foi observado, por exemplo, na *World Wide Web* e na *Internet*, o que corresponde ao parâmetro *m* variar com o tempo. Se admitirmos que *m*, número de novas ligações por unidade de tempo (por cada novo nodo introduzido), cresce com o tamanho da rede, *t*, na forma t^{α}, e que a probabilidade de se ligar a um dado nodo é proporcional a $q+Bt^{\alpha}$ (com *B* constante), então a distribuição de conectividades obedece a uma lei de potência com expoente:

$$\gamma = 2 + \frac{B(1+\alpha)}{(1-B\alpha)}\ .$$

Muitos outros estudos têm mostrado que na sua maioria, as redes naturais e artificiais apresentam uma estrutura descrita por leis do tipo *fat-tailed* e *scale-free*. Uma das mais importantes e intrigantes propriedades de redes deste tipo está relacionada com o facto destas apresentarem uma grande estabilidade contra ataques intencionais e aleatórios.

Esta robustez contra falhas é obviamente importante para as redes biológicas e de comunicações. Isto, em parte, explica por que razão as redes com esta estrutura são comuns na Natureza. A sua enorme estabilidade é uma consequência da sua estrutura. Mas, ao mesmo tempo, apresentam um fenómeno contrastante, a ausência de um limiar epidémico, por exemplo, na propagação de epidemias. Epidemias podem facilmente espalhar-se em redes complexas, sendo este o ponto fraco destas.

REFERÊNCIAS

[1] Dorogovtsev, S.N. and Mendes, J.F.F., "Evolution of networks", *Adv. Phys.*, **51**, 2002, pp. 1079.

[2] Albert, R. and Barabási, A.-L., "Statistical mechanics of complex networks", *Rev. Mod. Phys.*, **74**, 2002, pp. 47.

[3] Newman, M.E.J., "The structure and function of complex networks", *SIAM Review*, **45**, 2003, pp. 167.

[4] Watts, D.J., *Small Worlds: The Dynamics of Networks between Order and Randomness*, Princeton University Press, Princeton, NJ., 1999.

[5] Dorogovtsev, S.N. and Mendes, J.F.F., *Evolution of Networks: From Biological Nets to the Internet and WWW*, Oxford University Press, Oxford, 2003.

[6] Bollobás, B. and Riordan, O.M., "Mathematical results on scale-free random graphs", in *Handbook of Graphs and Networks: From the Genome to the Internet* (S. Bornholdt and H.G. Schuster, eds.), Wiley-VCH, Berlin, 2002.

[7] Potterat, J. J., *et al.*, "Risk network structure in the early epidemic phase of HIV transmission in Colorado Springs", *Sexually Transmitted Infections*, **78**, 2002, i159-i163.

[8] Valdis Krebs, http://www.orgnet.com/contagion.html

[9] "High school friendship: James Moody, Race, school integration, and friendship segregation in America", *American Journal of Sociology* **107**, 2001, pp. 679-716.

[10] M. E. J. Newman and M. Girvan, "Finding and evaluating community structure in networks", *Physical Review E*, **69**, 2004, 026113.

[11] Moreno, J. L., *Who Shall Survive?*, Beacon House, Beacon, NY, 1934.

[12] Rapoport, A., "Contribution to the theory of random and biased nets", *Bulletin of Mathematical Biophysics*, **19**, 1957, pp. 257-277.

[13] Milgram, S., "The small world problem", Psychology Today, 2, 1967, pp. 60-67; Travers, J. and Milgram, S., "An experimental study of the small world problem", *Sociometry*, 32, 1969, pp. 425-443.

[14] Jaffe, A. and Trajtenberg, M., Patents, *Citations and Innovations: A Window on the Knowledge Economy*, MIT Press, Cambridge, MA, 2002.

[15] Watts, D. J. and Strogatz S. H., "Collective dynamics of small-world networks", *Nature*, **393**, 1998, pp. 440.

[16] Kauffman, S. A., "Metabolic stability and epigenesis in randomly constructed genetic nets", *J. Theor. Biol.*, **22**, 1969, pp. 437.

[17] Jeong, H., Tombor, B., Albert, R., Oltvai, Z. N. and A-L. Barabási, "The large-scale organization of metabolic networks", *Nature*, **407**, 2002.

[18] Jeong, H., Mason, S., Barabási, A.-L., and Oltvai, Z. N., "Lethality and centrality in protein networks", *Nature*, **411**, 2001, pp. 41-42.

[19] Erdos, P. and Rényi, A., "On random graphs", *Publicationes Mathematicae*, **6**, 1959, pp. 290-297; Erdos, P. and Rényi, A., "On the evolution of random graphs", *Publications of the Mathematical Institute of the Hungarian Academy of Sciences*, **5**, 1960, pp. 17-61.

[20] Price, D. J. de S., "Networks of scientific papers", *Science*, **149**, 1965, pp. 510-515; Price, D. J. de S., "A general theory of bibliometric and other cumulative advantage processes", *J. Amer. Soc. Inform. Sci.*, **27**, 1976, pp. 292-306.

[21] Simon, H. A., "On a class of skew distribution functions", *Biometrika*, **42**, 1955, pp. 425-440.

[22] Yule, G., "A mathematical theory of evolution based on the conclusions of Dr. J.C. Willis, F.R.S.", *Philosophical Transactions of the Royal Society of London (Series B),* 1925, 213:21-87.

[23] Barabási, A.-L. and Albert, R., "Emergence of scaling in random networks", *Science*, **286**, 1999, pp. 509-512.

[24] Merton, R. K., "The Matthew effect in science", *Science*, **159**, 1968, pp. 56-63.

Concurso "Imagens da Física"

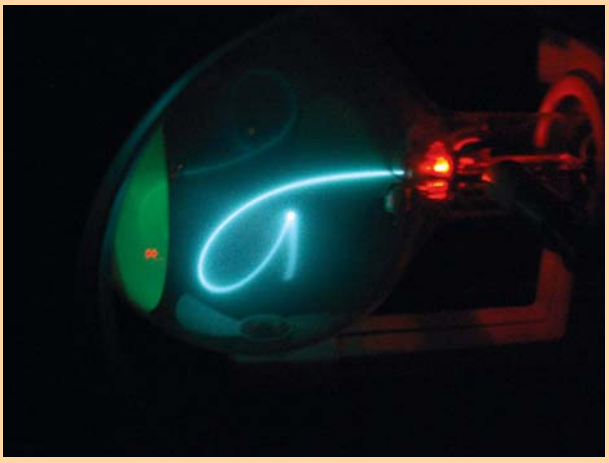
Categoria A

1º prémio: Paulo Jorge Pires Moita, Amora
Nuvens *cirrus* e *altus stratus* sobre o forte de Peniche com halo

2º prémio: Maarten Roos Serote, Lisboa
Eclipse anular do Sol projectado no chão

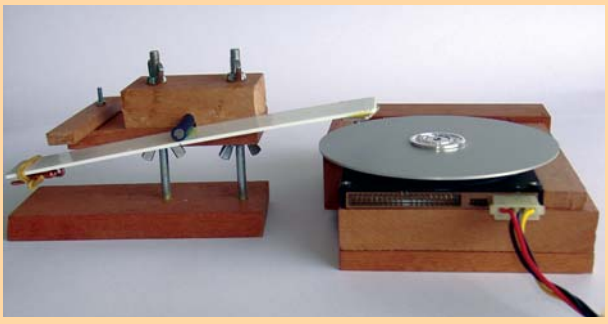
3º Prémio: José Augusto da Silva Gama, Carvalhos
Arco-íris fotografado no Brasil

Categoria B



1º prémio: Sandra Maria Almeida Neves, Figueira da Foz
Deflexão de um feixe de electrões num tubo de raios catódicos

2º prémio: Ricardo Sá da Costa, Lisboa
Encapeladura de uma gota de água.



3º prémio: Carlos Saraiva, Vila Franca das Naves
Levitação magnética

O júri decidiu ainda atribuir as seguintes menções honrosas: Alexandre Miguel Ferreira Lindote, Coimbra; José Luís Malaquias, Coimbra; Maria Luísa Esteves, Cascais; José Augusto da Silva Gama, Carvalhos; Rosa Maria Figueiredo Simões, Covilhã; Paulo Martins, Coimbra e Maarten Roos Serote, Lisboa.

Todos os trabalhos premiados poderão ser vistos na exposição "Passado ao espelho - máquinas e imagens das vésperas e primórdios da photographia" de 9 de Janeiro a 12 de Fevereiro, no Museu de Física da Universidade de Coimbra. A entrega dos prémios decorrerá durante a inauguração da exposição.

Resultado do concurso organizado pelo Departamento de Física da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, no âmbito do Ano Internacional de Física 2005.

Este artigo discute os eclipses do Sol, em geral, e documenta o eclipse anular ocorrido em 3 de Outubro de 2005, com imagens obtidas pelo autor.

GUILHERME DE ALMEIDA

Colégio Militar
Largo da Luz, Lisboa
g.almeida@vizzavi.pt

QUANDO A LU
OCULTA O SOL

OS ECLIPSES DO SOL E AS LUAS-NOVAS

O diâmetro do Sol é cerca de 400 vezes maior do que o diâmetro da Lua. Tal facto poderia ser banal se não houvesse uma coincidência incrível: o Sol está, em média, cerca de 400 vezes mais distante de nós do que a Lua. Desta coincidência resulta o facto de ambos os astros, vistos da Terra terem o mesmo tamanho aparente: cerca de 0,5º. Sempre que a Lua passa entre a Terra e o Sol (lua-nova) deveria ocorrer um eclipse do Sol, mas tal não acontece porque a órbita lunar está inclinada cerca de 5º em relação ao plano da órbita da Terra, ou plano da eclíptica. Deste modo, na maior parte das luas-novas, a Lua passa demasiado a norte, ou demasiado a sul do Sol, e não o oculta. Por outras palavras, a sombra da Lua passa demasiado a norte ou demasiado a sul do nosso planeta, não atingindo a sua superfície. Só haverá um eclipse do Sol se a Lua, em fase de lua-nova, se encontrar no plano da eclíptica ou muito próxima deste plano. Nesse caso a sombra da Lua atingirá a Terra e será observado um eclipse do Sol, que poderá ser total nos pontos da superfície terrestre por onde passa a sombra da Lua. Esta sombra tem um diâmetro de aproximadamente 150 a 260 km, dependendo da distância da Lua à Terra no momento do eclipse. Devido ao movimento da Lua e à rotação da Terra, esta sombra percorre uma faixa (faixa de totalidade), com diâmetro igual ao da sombra referida e com milhares de quilómetros de comprimento. Para quem estiver nessa faixa, a Lua passa centrada com o Sol e pode ocultá-lo "à justa", devido à coincidência de diâmetros aparentes já referida. Nas regiões abrangidas pela penumbra, que se estende cerca de 3400 km para cada lado da faixa de sombra, não se vê a Lua centrada com o Sol e o eclipse será parcial.

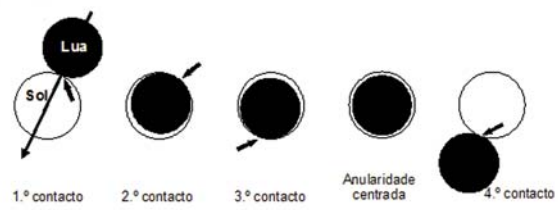


Fig. 1. Momentos característicos de um eclipse anular do Sol.

Acontece, porém, que a órbita da Lua em torno da Terra é elíptica e, consequentemente, a distância da Lua à Terra, com o valor médio de 384 400 km, varia entre uns 357 800 km (no perigeu) e uns 408 000 km (no apogeu). A órbita da Terra em torno do Sol também é elíptica, pelo que a distância do Sol à Terra também varia, atingindo o máximo de cerca de 152 100 000 km por volta de 7 de Janeiro (afélio) e o mínimo de aproximadamente 147 000 000 km (periélio) a 7 de Julho de cada ano.

Estas pequenas variações nas distâncias Terra-Lua e Terra-Sol traduzem-se por diferenças nos diâmetros aparentes com que, da Terra, vemos a Lua (variação de 14% do seu diâmetro aparente) e o Sol (variação de 3,3%). Se ocorrer um eclipse do Sol com a Lua no apogeu (ou quase no apogeu), ela vai aparecer mais pequena e não conseguirá ocultar totalmente o Sol, mesmo que, para o observador terrestre, ela passe centrada com o Sol. Na realidade ficará um fino anel de Sol em volta do disco lunar, no máximo do eclipse. Foi o que ocorreu a 3 de Outubro (o apogeu lunar teve lugar a 26 de Outubro). Por isso, na lua nova de 3 de Outubro houve um eclipse anular do Sol.

Um eclipse anular do Sol será visível como tal (e centrado) para os observadores que se encontrem no prolongamento da sombra que a Lua projecta sobre a Terra. Diz-se que o eclipse é *anular* (do latim *annulus* = pequeno anel) porque o Sol, no máximo do eclipse, é visto com a forma de um anel fino. Fora do prolongamento desta sombra o eclipse será visto como parcial, como aconteceu, por exemplo, para os observadores em Lisboa.

A VIAGEM AO NORDESTE

Para observar e documentar este eclipse desloquei-me às proximidades de Miranda do Douro, integrado num grupo de que faziam parte Pedro Ré, Rui Gonçalves, João Inácio, Luís Ramalho, José de Almeida, Raimundo Ferreira e Nicolas Cuvillier. A nossa equipa saíu de Lisboa a 2 de Outubro para percorrer os 490 km até ao local de destino.
Como o eclipse se iniciava às 8:39 (hora legal) na manhã seguinte foi necessário sair do hotel pelas 6:30. Houve que contar com o tempo necessário para chegar ao local previsto e montar, preparar e ajustar o material de observação. O local de observação foi junto à capela de S. João, nas imediações da Aldeia Nova. As coordenadas do local, indicadas por GPS, são: latitude 41º 32' 28,8", longitude 6º 13' 14,1" e altitude 678 m. Este local foi escolhido por ser um dos que se encontravam junto ao eixo da faixa de anularidade do eclipse (desta vez a faixa de anularidade tinha 138 km de largura). Outro factor determinante foi o sossego do local, onde se encontrava uma dezena de observadores, afastados de multidões, podendo, assim, concentrar-se melhor.

Fig. 2. Equipamento utilizado pelo autor para obter as imagens do eclipse anular deste artigo: 1- vista global; 2- tubo e montagem equatorial.

Fig. 3. O autor quando obtinha algumas imagens: 1- a preparar o telescópio e alinhar o buscador (veja-se o filtro *AstroSolar Baader* na frente do telescópio e do buscador); 2 e 3- a fazer fotografias do eclipse.

PREPARAÇÃO DO EQUIPAMENTO

Chegados ao local, ainda cedo, verificámos com satisfação que não havia uma única nuvem no céu. Cada observador, bem agasalhado, preparou o seu equipamento. Como é habitual nestes eventos, cada um levou, entre os seus telescópios, aquele que melhor se adaptava à função, o que neste caso significava um telescópio portátil, mas de boa qualidade. No meu caso utilizei uma montagem equatorial alemã *EQ 3-2* sobre tripé em tubo de aço, sobre a qual montei o meu telescópio refractor semiapocromático *William Optics Megrez SD 80* (80 mm de abertura, *f/6*) e sobre ele um buscador 6x30. O telescópio e o buscador foram protegidos com filtros especiais para observação solar, com um factor de transmissão de luz de 1/100 000, confeccionados com a película metalizada *AstroSolar*, produzida pela empresa alemã *Baader Planetarium*. Fotografei pelo método afocal, utilizando no telescópio uma ocular de Plössl de 32 mm de distância focal acoplada à minha câmara digital *Olympus C3020 Zoom*.

O ECLIPSE DE 3 DE OUTUBRO DE 2005

As várias fotografias apresentadas neste artigo documentam as diversas fases do eclipse e o equipamento utilizado. A hora de ocorrência de cada uma das imagens foi obtida através do ficheiro *exif* que está associado a cada imagem digital (para o efeito, o relógio interno da câmara digital foi acertado pela hora legal, obtida no *website* do Observatório Astronómico de Lisboa).

Um eclipse do Sol desta magnitude desencadeia sensações fortes, nem sempre fáceis de descrever. Pouco depois do "primeiro contacto" (momento em que o disco da Lua começa a intersectar o do Sol), alguém anunciava "já começou!", com voz emocionada. Quando mais de metade do Sol estava coberta pela Lua, antes do máximo do eclipse, a temperatura começou a baixar sensivelmente e notou-se um vento frio. Voltou a notar-se o mesmo vento na fase correspondente depois do máximo. Pensa-se que este vento, conhecido como "vento de eclipse", tenha a sua origem no abaixamento de temperatura provocado pelo bloqueio da radiação solar, resultando daí diferenças de pressão atmosférica.

Durante a anularidade houve um abaixamento de temperatura mais pronunciado (cerca de 5 ºC). A iluminação ambiente baixou bastante, mas não ficou escuro. O anel de Sol, bordejando o disco lunar, ainda iluminava, mas de forma mais fraca, quase mágica e surreal. As aves deixaram de cantar e fez-se um silêncio impressionante. A fase de anularidade (disco da Lua dentro do disco solar) durou 4 minutos e 6 segundos que correram céleres. Em breve ocorria o terceiro contacto e voltou a descobrir-se, pouco a pouco, uma fracção cada vez maior da superfície solar.

Mais tarde, pelas 11:19, ocorreu o 4.º contacto: o Sol voltou a brilhar como habitualmente e o eclipse terminou.

Fig. 4. Composição de algumas imagens obtidas durante o eclipse anular de 3 de Outubro. A imagem maior, obtida às 10:03 (8 minutos depois da anularidade centrada) foi feita em maior escala, para destacar essa fase.

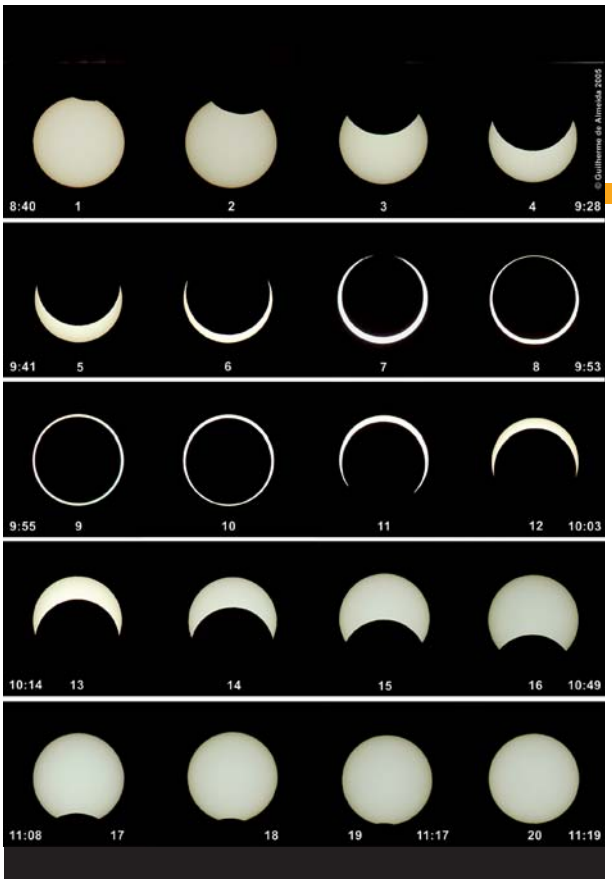


Fig. 5. Momentos sucessivos do eclipse anular de 3 de Outubro. Junto a algumas imagens está a hora legal. **1**- pouco depois do 1.º contacto; **7**- pouco antes do 2.º contacto; **8**- anularidade ainda não centrada; **9**- Fase de anularidade centrada. **10**- pouco antes do 3.º contacto; **11**- pouco depois do 3.º contacto; **19**- pouco antes do 4.º contacto e do fim do eclipse.

Terminado o eclipse, chegou o momento de desmontar e arrumar o equipamento nas suas malas e estojos de transporte. O procedimento rotineiro foi dificultado por alguma poeira levantada pelo vento. Pelas 11:50 tudo estava pronto. Esperava-nos a viagem de regresso a Lisboa. De passagem por Mogadouro, ao almoço, saboreámos a famosa "posta mirandesa".

UMA OUTRA PERSPECTIVA

As árvores de folhagem compacta permitem ver os eclipses do Sol numa outra perspectiva. Dado que os minúsculos intervalos entre as folhas funcionam como orifícios de câmaras escuras, durante as fases parciais de um eclipse do Sol podemos observar, no chão, muitos crescentes minúsculos que são outras tantas imagens do Sol.

DEPOIS DO ECLIPSE

Seguiu-se o tratamento das imagens em *Photoshop*, para seleccionar as mais nítidas, identificar o momento de ocorrência de cada uma e montar as diferentes imagens individuais nos mosaicos que se mostram neste artigo. Apesar de se utilizar um filtro específico para observação solar, com 99,999% de rejeição da luz (factor de transmissão de 1/100 000), os tempos de exposição de cada imagem, ainda assim, situaram-se entre 1/400 s e 1/600 s, o que mostra bem a elevada intensidade da radiação solar. Por esse motivo, a observação do Sol, a olho nu, com binóculos ou com telescópios só se deve fazer com filtros especiais, e estes devem ser sempre colocados à entrada do sistema óptico, para que a luz solar que neles entra venha filtrada. À data do eclipse não havia manchas solares significativas, mas é frequente a nossa estrela apresentar manchas de dimensão superior ao diâmetro da Terra.

A análise da imagem 11 da Fig. 5 permitiu medir com rigor a razão entre os diâmetros aparentes do Sol e da Lua no momento do eclipse: 0,93. Se o eclipse tivesse ocorrido numa ocasião mais próxima do *perigeu lunar*, a referida razão teria excedido 1 e o eclipse teria sido total. Na verdade, o perigeu lunar seguinte (permitindo que a Lua fosse vista com maior diâmetro aparente) ocorreu a 14 de Outubro, apenas 11 dias após o eclipse. Estes 11 dias fazem uma grande diferença no que se refere à variação da distância entre a Lua e a Terra, dado que o nosso satélite natural demora 27,32 dias a percorrer a sua órbita em torno da Terra: um intervalo de 11 dias corresponde a mais de 40% do período orbital da Lua. O valor máximo da razão entre os diâmetros aparentes da Lua e do Sol, vistos da Terra, é 1,07; a razão mínima é 0,92.

Os eclipses solares têm a particularidade de passar emocionalmente mais depressa do que o tempo contado pelos relógios. É sempre assim quando se assiste a algo de que se gosta... As recordações ficam e as imagens perpetuam o acontecimento.

BIBLIOGRAFIA

- Almeida, G., *Telescópios*, Plátano Editora, Lisboa 2004.

- Ferreira, M e Almeida, G., *Introdução à Astronomia e às Observações Astronómicas,* Plátano Editora, Lisboa, 1993 (7.ª edição, 2004).

Autor do livro *1755 o terramoto de Lisboa*, o geofísico João Fonseca Duarte, professor do Instituto Superior Técnico, falou à *Gazeta* sobre aquele evento e sobre os riscos sísmicos em Portugal.

Entrevista de Paula. A. Almeida
gazeta@teor.fis.uc.pt

Entrevista a João Fonseca Duarte

"SABE-SE POUCO SOBRE O TERRAMOTO DE 1755"

P. - Passados 250 anos sobre o terramoto de 1755, em Lisboa, ainda subsistem dúvidas sobre as suas origens?

R. - Sabe-se surpreendentemente pouco sobre o terramoto de 1755. Na década de 80 o assunto era dado por encerrado: acreditava-se que o banco de Gorringe, uma enorme montanha submarina a Sudoeste do Cabo de São Vicente, era a estrutura responsável por esse grande sismo e pelo subsequente *tsunami*. Durante a década de 90 surgiram outras ideias quanto à geodinâmica da Península Ibérica, com destaque para o modelo de subducção incipiente, proposto por António Ribeiro e seus colaboradores. Foram então publicados novos estudos sobre os tempos de propagação do *tsunami* de 1755, baseados na interpretação dos relatos da época, que numa fase inicial pareciam apoiar esse modelo.

A descoberta por investigadores da Universidade de Bolonha, em 1999, de uma importante estrutura geológica activa ao largo da costa do Alentejo, baptizada de Falha do Marquês de Pombal, veio desviar a ênfase para essa região. Mas as dimensões da estrutura recém-descoberta eram insuficientes para explicar a dimensão do sismo – a magnitude de um sismo cresce com o logaritmo da área da rotura geológica – e vários modelos propostos em seguida tentaram combinar essa falha com outras roturas,

por vezes para Norte (caso da Falha Pereira de Sousa, entretanto detectada em estudos de geologia marinha por investigadores da Universidade de Lisboa), outras vezes para Sueste, ao largo da costa do Algarve.

Mais recentemente, foi proposto por um investigador da Universidade da Bretanha Ocidental, França, que o terramoto de Lisboa tenha sido devido a subducção no Arco de Gibraltar. Além disso, o grupo a que pertenço propôs, num artigo de 2003, que a rotura geológica inicial, ao largo da costa, teria desencadeado poucos minutos depois uma rotura secundária em terra, ao longo do Vale Inferior do Tejo, a qual teria sido responsável pela extensão dos danos em Lisboa. Este modelo baseia-se no princípio, recentemente estabelecido, de que falhas geológicas separadas no espaço podem interagir através das alterações estáticas do campo de tensões que resultam dos grandes sismos. Uma das vantagens que vemos nesta interpretação para o terramoto de 1755 é uma explicação alternativa para a inundação da zona baixa de Lisboa, difícil de atribuir a um *tsunami* vindo do oceano e que, segundo este modelo, teria origem no interior do Mar da Palha. O artigo contendo esta teoria, no *Bulletin of the Seismological Society of America*, foi destacado no *Editor's Choice* da *Science* em Outubro de 2003, o que mostra como a questão é seguida com interesse pela comunidade científica. Aliás, durante a conferência internacional comemorativa dos 250 anos do terramoto de 1755, que decorreu recentemente em Lisboa, a sessão dedicada à sismogénese do terramoto foi muito animada. O que não surpreende, em face da diversidade das propostas apresentadas, com fontes sísmicas alternativas que se distribuem por cerca de 600 km. Uma versão resumida desta controvérsia pode ser encontrada na *Science* de 1 de Abril de 2005.

Pessoalmente, creio que é necessário voltar ao ponto de partida no que respeita à interpretação dos relatos dos tempos de propagação do *tsunami*, informação crucial para localizar o epicentro do terramoto.

P. - Até que ponto foi o acidente importante para o desenvolvimento da sismologia moderna?

R. - É habitual referir-se que o inquérito do Marquês de Pombal, enviado a todos os párocos do país pedindo uma descrição detalhada dos efeitos do sismo na sua paróquia, foi o primeiro documento da sismologia moderna. E não é exagero porque as perguntas do questionário são bem elaboradas, tendo em conta o pouco que se sabia sobre os fenómenos sísmicos no século XVIII. Ainda hoje as respostas que foram localizadas graças a Francisco Pereira de Sousa, no início do século XX, são a fonte para quem queira investigar o assunto. O Marquês teve o mérito de ordenar a

realização do inquérito, mas o critério da elaboração das perguntas foi provavelmente do padre oratoriano Luís Cardoso, que alguns anos mais tarde publicaria um *Dicionário Geográfico* em cuja preparação adoptou metodologia semelhante.

Gravura alemã do século XVIII

Mas também a nível internacional o terramoto de 1755 impulsionou a sismologia. Os modelos que à data explicavam os terramotos pouco acrescentavam às concepções aristotélicas, que invocavam vapores subterrâneos devidos ao fogo do interior da Terra. Era no escape acidental desses ventos que residia a causa dos terramotos. Kant, nos ensaios que escreveu sobre o terramoto de Lisboa logo em 1756, adopta ainda esse modelo, embora identifique algumas contradições.

O terramoto causara *seiches* em diversos lagos da Europa, fenómeno que consiste na agitação das águas por ressonância com as ondas sísmicas, as quais podem não ser detectadas pelas pessoas nas margens. Para Kant, era forçoso que as condutas subterrâneas que levavam os vapores para baixo dos lagos passassem também sob as suas margens, e o filósofo postulou que também aí se deveriam verificar pequenas "vacilações". Surge aqui pela primeira vez a sugestão de uma onda elástica a propagar-se num meio sólido, fazendo a ligação entre a região onde o fenómeno inicial ocorreu - a região focal - e a área mais vasta em que os efeitos são sentidos. A mesma ideia foi avançada pelo físico inglês John Michell, num artigo apresentado à *Royal Society* em 1760, inspirado pelos relatos que chegaram de Lisboa. Michell usou como analogia um tapete em que um dos bordos é rapidamente levantado e baixado de novo, propagando-se essa perturbação a todo o tapete. Pela primeira vez, a fonte do sismo é explicitamente dissociada da região onde o efeito é sentido, mas, tal como Kant, Michell não abandonou totalmente o vapor aristotélico (que, capturado sob o tapete, é empurrado pelas forças elásticas e se propaga forçando a elevação das outras zonas).

Os fundamentos da elasticidade eram conhecidos desde os trabalhos de Hooke (1676), mas só no século XIX com Navier, Cauchy e Poisson se tornou possível um salto qualitativo na compreensão das ondas sísmicas, salto efectuado pelo irlandês Robert Mallet em 1846 (*On the Dynamics of Earthquakes*). A prevalência das concepções aristotélicas nos modelos sismológicos durante mais de dois mil anos é um exemplo da hesitação dos cientistas em abandonar um paradigma, antes que um outro (neste caso, a transmissão de energia através de ondas, sem transporte de um suporte material) o possa substituir.

P. - Como estão os institutos em Portugal com responsabilidades na monitorização de sismos? Estão bem equipados? Têm bons especialistas?

R. - Como o Prof. Mariano Gago declarou em 1995, quando iniciou o seu mandato como Ministro da Ciência e Tecnologia, a investigação em sismologia tem implicações ao nível da segurança das pessoas e dos bens, e por isso deve ser uma incumbência dos laboratórios do Estado.

Dada a natureza da tarefa em apreço, e as suas consequências normativas quanto à mitigação do risco, esta investigação não pode ser deixada apenas à esfera académica, por muito meritórios que sejam os seus contributos. Mas vem-se assistindo entre nós a um surpreendente desinvestimento nas geociências ao nível dos laboratórios do Estado, primeiro com a extinção dos Serviços Geológicos de Portugal e sua integração no Instituto Geológico e Mineiro (IGM), e depois com a extinção do IGM e sua integração no Instituto Nacional de Engenharia e Tecnologia Industrial (INETI). Parece existir a convicção de que a investigação em sismologia se reduz à operação de uma rede sismográfica nacional pelo Instituto de Meteorologia (IM), onde aliás a expressão da geofísica é residual após a reestruturação do antigo Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica (INMG). Entre 1977 e 1987, sob a liderança do Prof. Luís Mendes Victor, o INMG foi um parceiro credível no esforço internacional que conduziu a extraordinários avanços na compreensão do funcionamento do planeta.

Mas, durante as duas últimas décadas, a sismologia nacional, remetida para uma apagada e vil tristeza ao nível dos laboratórios do Estado, perdeu o comboio em relação aos grandes esforços a nível internacional. A situação é agravada pelo facto de os desenvolvimentos científicos no estrangeiro não poderem ser aplicados de forma automática no nosso país, pois a investigação que falta fazer é justamente o melhor conhecimento do nosso território, das suas falhas geológicas activas e das respectivas características. Não nos podemos defender do que não conhecemos. A operação de uma rede sismográfica nacional é apenas uma parte desse esforço, e mesmo essa é feita com equipamentos obsoletos e desenquadrados da cooperação sis-

mológica internacional, baseada na partilha de registos sísmicos em tempo real. Há aqui uma grave falta de atenção dos decisores políticos, mas creio que é oportuno a comunidade geofísica nacional reflectir se tem feito o que está ao seu alcance para ganhar credibilidade e respeito. O desinvestimento nesta área tem ainda o efeito perverso de desencorajar a formação avançada. Felizmente, vai-se formando apesar de tudo uma nova geração de sismólogos portugueses, alguns a trabalhar em boas instituições internacionais. Mas seriam desejáveis condições para trazer para Portugal, e fixar, esses jovens investigadores.

P. - Como é que se prevê um terramoto? E um tsunami?

R. - No estado actual do conhecimento, a sismologia não sabe prever terramotos. Na década de 70 verificou-se um grande entusiasmo quanto à previsão sísmica - entendida como a capacidade de indicar antecipadamente o local, a hora e a magnitude de um terramoto - mas essa expectativa viu-se gorada por repetidos insucessos. O falhanço mais mediático terá sido a previsão de um sismo em 1988 em Parkfield, na Califórnia, na Falha de San Andreas. Nada se passou até 2004, tendo então ocorrido o sismo com as características previstas mas com um atraso de 16 anos!

Nas últimas duas décadas, foi-se generalizando a ideia de que os sismos poderiam ser intrinsecamente imprevisíveis, pela natureza caótica do processo de geração, associada à incerteza inerente à caracterização do estado de um sistema geológico num dado instante.

No entanto, em 1992 o sismo de Landers, na Califónia, trouxe um dado novo, ao mostrar, sem margem para dúvida, que a ocorrência de uma rotura sísmica numa dada falha geológica podia alterar significativamente o estado de uma outra falha distinta, a uma distância de centenas de quilómetros, aproximando-a ou afastando-a da rotura, e eventualmente conduzindo a uma rotura sísmica secundária. Ficou claro a partir daí que qualquer hipótese de previsão implicaria o estudo de todas as falhas numa dada região, e a modelação numérica da tensão de Coulomb na região envolvente de uma falha que acaba de sofrer um sismo passou a ser prática corrente. É por isso que a comunidade científica está muito preocupada com a situação de Istambul, pois a sequência de sismos na Falha do Norte da Anatólia tem "empurrado" no sentido da rotura o segmento da falha situado sob o Mar de Marmara, perto de Istambul. Espera-se por isso um terramoto de dimensões trágicas naquela cidade turca nos próximos anos, mas não há previsão dada a incerteza quanto à data. Em língua inglesa este tipo de antecipação é designado por *forecasting*, para o distinguir de *prediction*. A situação é mais promissora quanto a um *tsunami*, principalmente se for gerado a uma distância considerável da costa. A velocidade das ondas sísmicas na crosta é da ordem de 6000 m/s, o que é bem superior à velocidade de um *tsunami*, ainda que no mar alto esta possa ser muito elevada. Para comprimentos de onda muito superiores à profundidade h da água, a velocidade de fase de um *tsunami* é $(gh)^{1/2}$, sendo g a aceleração da gravidade. Se, imediatamente após um terramoto ao largo da costa, as ondas sísmicas forem detectadas, o epicentro, a profundidade focal e a magnitude forem calculados, e se se proceder a uma estimativa do mecanismo focal (orientação do plano de rotura, direcção do movimento relativo dos bordos da falha) no intervalo de alguns minutos, é possível avaliar com segurança a geração de um *tsunami*, e modelar o seu tempo de chegada aos diferentes pontos da costa. Estações maregráficas em ilhas ou junto à costa, ligadas em tempo real aos centros de monitorização, permitem validar as previsões. Trata-se de um grande desafio tecnológico, em que as palavras-chave são "tempo real". É também imperativo que a generalidade dos cálculos seja feita automaticamente, sem intervenção de um operador.

No Pacífico, a detecção de *tsunamis* é feita também por via directa, através da instalação de sensores de pressão no fundo oceânico (sistema DART) e transmissão dos respectivos sinais em tempo real para o centro de alerta de *tsunamis* no Hawai. Um sensor semelhante foi recentemente instalado no Mediterrâneo, junto à costa italiana. Contudo, prevejo que a observação sismológica convencional continue por muito tempo a ser a coluna vertebral de qualquer sistema de previsão de *tsunamis*. Resta notar que, com o tipo de sensores utilizados na rede sismográfica nacional, é irrealista querer avaliar o potencial tsunamigénico de um terramoto ao largo da nossa costa.

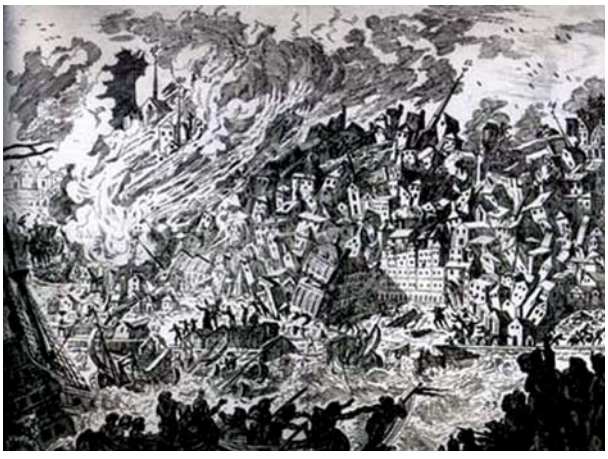
Por se tratar de instrumentos de banda passante estreita, estes sensores não permitem calcular magnitudes muito elevadas, "saturando" por volta da magnitude 6,3, para a qual um sismo não é considerado tsunamigénico. Há mais de vinte anos que se generalizou a utilização de sensores de banda passante larga ou muito larga, que permitem registar o espectro completo das ondas sísmicas e extrair informação sobre o mecanismo focal e a magnitude a partir da modelação das formas de onda, mas essa tecnologia tarda a ser integrada na rede sismográfica nacional.

P. - Que factores é que contribuem para uma menor ou maior capacidade destruidora de um terramoto?

R. - O principal factor é a magnitude, que se conjuga com a distância ao epicentro e a profundidade do foco para determinar a amplitude das ondas sísmicas no lugar em análise. Se se tratar de uma zona construída, e para uma dada amplitude das ondas sísmicas, o factor determinante é a qualidade da construção. A prática moderna

da engenharia sísmica tende a prestar mais atenção ao conteúdo espectral das vibrações, em detrimento dos valores de pico da aceleração ou do deslocamento do solo, pois a resposta das estruturas é fortemente condicionada pela frequência da solicitação.

Factores como a duração do sismo podem ser igualmente importantes, nomeadamente para sismos mais distantes mas de grande magnitude, em que a dispersão das ondas conduz a uma maior duração e a um possível efeito de fadiga. A hora de ocorrência é também decisiva, por determinar o tipo de ocupação dos diferentes edifícios. Como os engenheiros sísmicos afirmam repetidamente, são os edifícios que causam mortos num terramoto, não as ondas sísmicas. Urge tirar partido das forças do mercado, levando os compradores de casa nova a exigir um certificado de qualidade de construção (o que passa pela criação de entidades certificadoras), em lugar de se preocuparem apenas com a qualidade das torneiras ou o acabamento dos rodapés.



Gravura francesa do século XVIII

P. - Qual é a probabilidade de um acidente desta natureza se repetir?

R. - Os sismos são fenómenos cíclicos. Os processos geológicos que estão na origem da acumulação de tensão elástica no interior da crosta têm durações da ordem das dezenas de milhões de anos, e a essa escala a deformação ao longo das falhas geológicas é um processo contínuo. Mas, segundo o modelo consensual do "ressalto elástico", as tensões acumulam-se lentamente em torno de uma falha durante décadas, séculos ou milénios, até que ocorre a rotura e a energia é libertada em segundos ou minutos, propagando-se uma fracção dessa energia na forma de ondas elásticas. Uma falha activa não deixa de um dia para o outro de ser activa, e actualmente utiliza-se como critério para classificar uma falha geológica o seu comportamento durante os últimos cem mil anos. Só na ausência de actividade durante um período dessa ordem é que uma falha é considerada inactiva. Uma falha com actividade sísmica no período histórico tem forçosamente que ser encarada como potencialmente sismogénica. Claro que a ciclicidade do fenómeno não acarreta periodicidade, e só em sentido estatístico se pode falar do período de retorno de uma falha. Para complicar a questão, uma região como Lisboa pode estar sujeita ao efeito de várias fontes sísmicas, cada qual com o seu período de retorno. Muito provavelmente o próximo desastre sísmico em Lisboa não será uma repetição do terramoto de 1755, forçosamente raro, dada a sua excepcional magnitude, mas sim um sismo mais próximo mas de menor magnitude (logo, exponencialmente mais frequente). O terramoto de 1531 no Vale Inferior do Tejo, que causou grandes danos em Lisboa, é um exemplo do que pode vir a acontecer.

P. - Quais são as zonas mais problemáticas em Portugal? Há motivos para preocupação?

R. - Há que distinguir entre a perigosidade sísmica – a probabilidade de que seja excedido um dado nível de vibração sísmica do solo num dado período – e o risco sísmico, que mede o potencial de destruição e combina, por isso, a perigosidade com a vulnerabilidade. Portugal é um país de perigosidade sísmica baixa a moderada, segundo os estudos que temos vindo a realizar (este assunto foi objecto da tese de doutoramento concluída em 2004 por Susana Vilanova no Departamento de Física do Instituto Superior Técnico). As zonas mais críticas são os Açores, Lisboa e Vale do Tejo, e o Algarve. É geralmente tomado como limiar entre a perigosidade baixa e a perigosidade moderada a probabilidade de 10% de excesso em 50 anos de uma aceleração de pico do solo igual a 25% da aceleração da gravidade. É nessa ordem de valores que se situa a perigosidade sísmica de Lisboa e Vale do Tejo, a mais elevada do território de Portugal Continental segundo os resultados mais recentes. Contudo, há que sublinhar que estas estimativas estão afectadas de uma grande margem de incerteza devido ao profundo desconhecimento geológico do território nacional, no que respeita à tectónica activa. Esta é uma falha que, em meu entender, urge colmatar com urgência, mobilizando recursos e criando condições de investigação na rede de laboratórios do Estado. Quanto ao risco sísmico, pode ser muito significativo em zonas de perigosidade baixa a moderada, se a vulnerabilidade for elevada. É claramente o que se passa na região de Lisboa e Vale do Tejo, e no Algarve. O esforço de mitigação do risco deve ser motivado não apenas pela probabilidade de ocorrência do fenómeno, mas pela dimensão das suas consequências.

P. - Qual é o papel da física na sismologia?

R. - A sismologia teórica é essencialmente a aplicação da teoria da elasticidade ao interior da Terra, pelo que estamos em face de uma aplicação da física. A compreensão dos mecanismos de rotura das falhas geológicas implicou

o desenvolvimento de sofisticados modelos para o atrito, para o que se cruzaram a física e as ciências dos materiais. Mas eu diria que é limitativo para quem aborda a sismologia, ou qualquer outra área científica interdisciplinar, focar demasiado a atenção na ferramenta que se domina. Olhar para o processo de geração dos sismos através de um espartilho disciplinar, qualquer que ele seja, conduzirá sempre a uma visão parcelar. Sem negar a necessidade da especialização, há que reconhecer que o grande desafio das geociências, sismologia incluída, reside na sua transversalidade em relação a diversas áreas do saber. Tal reconhecimento levou a que se generalizassem nas universidades mais avançadas (com destaque para as anglo-saxónicas) os departamentos de Ciências da Terra, em que os desafios científicos respeitantes ao nosso planeta são abordados de forma integrada com as ferramentas da geofísica, da geoquímica, da geologia estrutural, da geodesia e outras disciplinas começadas por "geo".

A *GAZETA* ERROU

Na entrevista publicada no último número da *Gazeta* deveriam ter sido indicados os seus autores e respectivos endereços do modo seguinte:

PATRÍCIA FAÍSCA[1] e PEDRO PATRÍCIO[1,2]

[1] Centro de Física Teórica e Computacional
da Universidade de Lisboa
Av. Prof. Gama Pinto, 2
1649-003 Lisboa

[2] Instituto Superior de Engenharia de Lisboa
Rua Conselheiro Emídio Navarro, 1
1950-062 Lisboa

patnev@cii.fc.ul.pt
patricio@cii.fc.ul.pt

No texto da entrevista, na pergunta número seis, onde está "na teoria dos sólidos" deveria estar "em física do estado sólido".

A *Gazeta* apresenta desculpas por estas incorrecções.

Visite o nosso “site”

http://spf.pt

e faça-se sócio da Sociedade Portuguesa de Física

Nobel da Física 2005 para trabalhos de óptica

Nanoestruturas aumentam capacidade de discos duros

Descobertas estrelas perto de buraco negro no centro da Via Láctea

Astronautas voltam à Lua em 2018?

Engenheiro japonês nomeado director do ITER

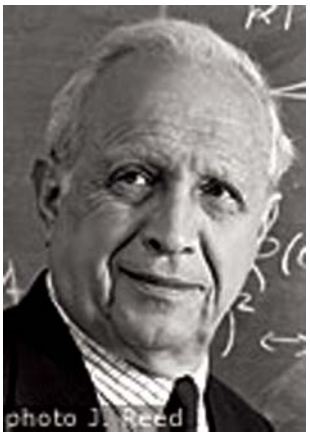
Einstein e Darwin escreviam muita correspondência

Algumas notícias foram adaptadas do sítio http://www.cienciahoje.pt, a quem se agradece

A "Gazeta" agradece aos seus leitores sugestões de notícias do mundo da Física. gazeta@teor.fis.uc.pt

FÍSICA NO MUNDO

NOBEL DA FÍSICA 2005 PARA TRABALHOS DE ÓPTICA



Roy Glauber

Roy Glauber (EUA), John Hall (EUA) e Theodor Haensch (Alemanha) foram distinguidos com o Prémio Nobel da Física 2005 por importantes contribuições no domínio da óptica quântica nos últimos 20 anos. Metade do prémio coube a Roy Glauber, pelo desenvolvimento da teoria quântica da coerência óptica e a outra metade foi para John Hall e Theodor Hansch pelos seus trabalhos em espectroscopia *laser* de alta resolução.

Roy Glauber aprofundou as bases da Óptica Quântica. Explicitou diferenças fundamentais entre fontes de luz quentes, como lâmpadas, com uma mistura de frequências e de fases, e os *lasers* que emitem numa frequência bem definida.

Segundo um comunicado da Academia Sueca, "*as importantes contribuições de John Hall e Theodor Haensch permitiram medir frequências com uma precisão de 15 dígitos*". Assim, "*é agora possível construir lasers com cores extremamente vivas e*

John Hall

Theodor Haensch

fazer leituras precisas da luz de todas as cores". Estas descobertas têm sobretudo aplicações nas telecomunicações, no desenvolvimento de relógios de alta precisão e nas tecnologias de posicionamento global (sistemas GPS).

Roy Glauber, de 80 anos e nascido em Nova Iorque, é professor de física na Universidade de Harvard, em Cambridge (Massachusetts). John Hall, de 71 anos, nascido em Denver (Colorado), é catedrático no National Institute of Standards and Technology da Universidade de Colorado. Quanto a Theodor Hansch, de 63 anos, nasceu em Heidelberg. É director do Instituto Max-Planck de Óptica Quântica de Garching e professor de Física na Universidade de Ludwig-Maximiliam em Munique.

NANOESTRUTURAS AUMENTAM CAPACIDADE DE DISCOS DUROS

Sylvie Rousset e Vincent Repain Investigadores do CNRS (Centre National de la Recherche Scientifique) e da Universidade Paris 7 criaram nanoestruturas magnéticas com propriedades inigualáveis. Permitem criar *stocks* de quatro biliões de *bits* por centímetro quadrado, ou seja, ganhar um factor de 200 em relação aos melhores discos duros actuais. A microelectrónica tem vindo a defrontar-se com dificuldades para responder às necessidades incessantes da sociedade no que toca à miniaturização e ao aumento da capacidade de memória. Num futuro próximo, apenas a nanoelectrónica será capaz de o fazer. Contudo, precisa de dominar as propriedades físicas (magnéticas, eléctricas, ópticas) da matéria à escala do nanómetro. Nesta perspectiva, os referidos investigadores, em colaboração com uma equipa da Escola Politécnica Federal de Lausana, Suíça demonstram as possibilidades de uma nova aproximação: a auto-junção.

Esta técnica de auto-junção consiste em deixar a natureza fabricar nanoestruturas. É igualmente denominada de *bottom-up*.

Trabalhando no vazio a uma temperatura de - 143 graus Celsius, os investigadores depositaram átomos de cobalto, condensados a partir de uma fase gasosa, sobre superfícies de ouro cristalinas. Centenas de átomos assim obtidos formaram uma rede regular.

Como os átomos depositados são magnéticos, obtêm-se nanoestruturas que ultrapassam os limites da densidade de armazenamento de informação que existe nos discos duros. Actualmente, a informação é guardada numa camada estreita, constituída por pequenos grãos de uma mistura à base de cobalto. Um *bit* ocupa cem grãos. Com as redes de nanoestruturas magnéticas poder-se-á guardar um *bit* num só grão, o que representa um ganho muito significativo em relação às densidades de registo dos melhores discos duros actuais.

DESCOBERTAS ESTRELAS PERTO DE BURACO NEGRO NO CENTRO DA VIA LÁCTEA

Várias dezenas de estrelas maciças foram descobertas, para surpresa de muitos astrónomos, perto do gigantesco buraco negro que está no centro da Via Láctea, a que pertence o nosso sistema solar, anunciou recentemente a *NASA*. A descoberta foi feita com a ajuda do telescópio espacial Chandra de raios X .

Estas estrelas terão nascido a menos de um ano-luz do centro do principal buraco negro da nossa galáxia, apesar de, nas estimativas dos astrónomos, nada poder escapar à forte atracção dessa espécie de sifão cósmico que engole tudo à sua volta incluindo a luz.

Contrariamente ao que acontece com a maioria dos buracos negros, conhecidos pelo seu papel destruidor, é extraordinário que este contribua para a criação de novas estrelas. Estas estrelas estão afastadas apenas o suficiente para se manterem em órbita em volta do buraco negro tal como os planetas em volta do Sol.

O nascimento das estrelas tão perto de um buraco negro indica que deve existir uma zona estável, uma espécie de enorme anel, onde elas se podem formar.

As estrelas agora descobertas têm massa entre 30 a 50 vezes a massa do Sol e são 100 mil vezes mais brilhantes. Estas características indicam que queimam o seu combustível muito mais rapidamente do que o Sol. Por isso prevê-se que esgotarão 80 por cento da sua massa em cerca de cinco milhões de anos e explodirão como supernovas antes de acabarem como buracos negros.

ASTRONAUTAS VOLTAM À LUA EM 2018 ?

A *NASA* anunciou que quatro astronautas serão enviados à Lua em 2018 a bordo de uma cápsula transportada na nave espacial *Crew Exploration Vehicle* (CEV), que deverá estar pronta em 2012. Esta missão dos astronautas na Lua deverá durar uma semana, ou seja, quatro vezes mais do que as missões "Apollo" em 1972.

Segundo os responsáveis da *NASA*, o objectivo não é simplesmente voltar à Lua, mas alargar a presença humana ao longo do sistema solar num projecto que custará cerca de 85,5 mil milhões de euros.

Ainda de acordo com especialistas da *NASA*, este programa espacial vai permitir estabelecer uma presença permanente na Lua, através de uma plataforma lunar na qual os astronautas se poderão preparar para missões mais longínquas, como, por exemplo, a exploração do planeta Marte.

No seu sítio na *Internet*, a *NASA* dá conta de que a nova nave espacial, projectada para transportar quatro pessoas para a Lua, poderá vir a realizar missões a Marte, transportando até seis tripulantes, assim como a enviar astronautas e mercadorias para a Estação Espacial Internacional.

Quando a plataforma lunar estiver concluída, a tripulação poderá permanecer na Lua até seis meses.

ENGENHEIRO JAPONÊS NOMEADO DIRECTOR DO ITER

Kaname Ikeda, engenheiro e diplomata japonês, foi recentemente nomeado director-geral do projecto de reactor de fusão termonuclear internacional, ITER, que irá ser construído em Cadarache, no sul de França.

Este projecto destinado à produção de energia em larga escala a partir da fusão nuclear demorará cerca de 10 anos a construir.

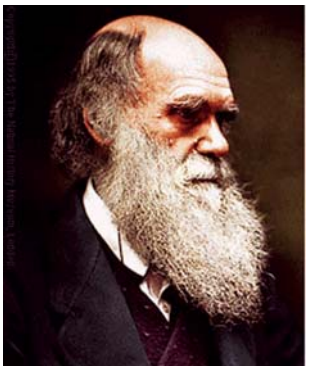
A nomeação de Kaname Ikeda foi decidida em Viena, durante uma reunião dos seis parceiros do projecto - União Europeia, Estados Unidos, Coreia do Sul , China, Rússia e Japão e poderá ser entendida como uma "compensação" pelo facto de o Japão ter dado o seu acordo à instalação do reactor na Europa.

Engenheiro nuclear por formação, Kaname Ikeda, de 59 anos, é embaixador japonês na Croácia desde Abril de 2003, e anteriormente já tinha dirigido o gabinete da Segurança Nuclear da Agência das Ciências e Tecnologias japonesa, o gabinete de Pesquisa e Desenvolvimento da mesma agência e a Agência de Desenvolvimento Espacial.

EINSTEIN E DARWIN ESCREVIAM MUITA CORRESPONDÊNCIA

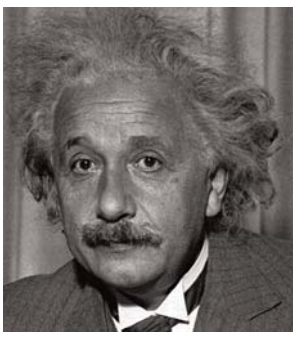
Darwin e Einstein, respectivamente autores das teorias da evolução e da relatividade, mantiveram uma volumosa correspondência com os seus colegas a propósito das suas investigações, indica um estudo publicado recentemente pela revista britânica *Nature*.

O estudo é da autoria de João Gama de Oliveira, do Departamento de Física da Universidade de Aveiro (Portugal) e de Albert-Laszlo Barabasi, da Universidade de Notre Dame (Indiana, EUA). Segundo este trabalho, Charles Darwin e Albert Einstein respondiam em geral a uma carta num prazo de dez dias: o primeiro em 63% dos casos e o segundo em 53%.



"*O facto de responderem tão rapidamente à maioria das cartas revela a importância que atribuíam a essas trocas intelectuais*", afirmaram os autores do estudo à agência Lusa.

Darwin (1809-1882) enviou 7591 cartas e recebeu 6530 durante a vida, mas foi largamente ultrapassado por Einstein (1879-1955) com mais de 14 500 cartas enviadas e 16 200 recebidas.



A correspondência dos dois cientistas aumentou nitidamente à medida que se tornaram célebres, com algumas flutuações no tempo (diminuição durante a guerra, no caso de Einstein). Mas em média, Darwin escreveu 0,59 cartas por dia e Einstein 1,02 durante os seus últimos 30 anos. Entre os dias especiais constam, por exemplo, 1 de Janeiro de 1874, em que Darwin escreveu 12 cartas, e 14 de Março de 1949, em que Einstein recebeu 120 pelo seu 70.º aniversário.

FÍSICA EM PORTUGAL

Estação de rastreio nos Açores

Perspectivas em Econofísica

Escola de Setúbal em primeiro lugar no ensino da Física

Físicos portugueses em Timor

Prémio Gulbenkian de estímulo à investigação

Exploratório Infante D. Henrique celebra dez anos

Passado ao espelho em Coimbra

Estudante da Maia vence Prémio Pinto Peixoto

ESTAÇÃO DE RASTREIO NOS AÇORES

O Governo Regional dos Açores inaugurou em Novembro uma infra-estrutura para acolher uma estação de rastreio da Agência Espacial Europeia (ESA) na ilha de Santa Maria, Açores, que irá seguir o lançamento do primeiro *Automated Transfer Vehicle* (ATV) europeu para a Estação Espacial Internacional (ISS) e que foi planeado para ajudar o reabastecimento dos astronautas em órbita. As infraestruturas incluem uma plataforma onde será colocada a estação de rastreio móvel, um posto de fornecimento de energia eléctrica, pára-raios e meios de suporte. O Monte das Flores fará parte da rede de estações que seguirão lançamentos do Centro Europeu da Guiana (*Centre Spatial Guyanais, CSG)* para a Estação Espacial Internacional, começando com Jules Verne, o nome dado ao primeiro veículo de abastecimento ATV da ESA. Este lançamento será efectuado com o lançador europeu *Ariane 5*.

De acordo com a Agência Espacial Europeia, o ambiente de Santa Maria e a sua reduzida população - à volta de 5000 pessoas - garantem

Algumas destas notícias foram adaptadas do sítio http://www.cienciahoje.pt, a quem se agradece.

A "Gazeta" agradece o envio de notícias para esta secção.
gazeta@teor.fis.uc.pt

uma interferência de rádio muito reduzida e tornam-na uma localização apropriada para a estação móvel. Para além de seguir voos do ATV à ISS, a estação também poderá ser usada para apoiar os lançamentos dos satélites *Galileo* com o *Ariane 5*, assim como dos *Soyuz* para a ISS e do novo lançador *Vega* da ESA.

PERSPECTIVAS EM ECONOFÍSICA

Vai decorrer a 27 de Janeiro de 2006, na Universidade de Évora, a *workshop* "Perspectivas em Econofísica", organizado pelos Departamentos de Física e de Gestão de Empresas daquela universidade.

Nos últimos vinte anos, a investigação na área de economia e finanças tem atraído um número substancial de académicos de outras áreas, nomeadamente físicos, que se interessaram pelo estudo dos mercados financeiros e pela economia em geral tendo como resultado a emergência de uma nova área interdisciplinar conhecida pelo nome de Econofísica.

Este desenvolvimento ocorreu devido ao facto de os métodos de modelação, analíticos e computacionais, usados no estudo dos sistemas físicos poderem ser aplicados de forma quase imediata na economia e revelarem poder interpretativo e preditivo no estudo dos mercados financeiros e das dinâmicas económicas.

Em Portugal, embora de forma dispersa, vários investigadores têm, nos últimos anos, estudado estas questões e publicados estudos na literatura da especialidade. Esta *workshop* vai-se realizar com o objectivo de reunir esta ainda informal comunidade, visando a apresentação e discussão conjunta dos respectivos resultados de investigação e a avaliação das perspectivas de trabalho que se abrem na área.

Mais informações no sítio: www.uevora.pt.

ESCOLA DE SETÚBAL EM PRIMEIRO LUGAR NO ENSINO DA FÍSICA

A Escola Secundária Bocage, de Setúbal surge em primeiro lugar na Física no *ranking* 2005 das escolas secundários feito pelo semanário **Expresso**, com uma média de 17,34 valores. A classificação fez-se com base nos resultados dos exames dos alunos no final do secundário. O "segredo" desta escola está no facto de uma das professoras ter dado aulas de apoio aos alunos mais fracos. Estas aulas são, aliás, prática comum na Escola Secundária Bocage, em todas as disciplinas em que se verificam mais dificuldades, como a Física, a Matemática e o Português. As aulas suplementares abarcam também os alunos do 3.º ciclo do básico e têm sido, provavelmente, determinantes para os bons resultados que os jovens daquele estabelecimento de ensino têm obtido nos exames nacionais.
A escola está actualmente na 32ª posição no *ranking* nacional, tendo em 2004 ficado em 46º e em 2003 em 63º.

FÍSICOS PORTUGUESES EM TIMOR

Foi um sucesso a estadia em Díli de um físico e de três estudantes de Engenharia Física Tecnológica, que mostraram como a física pode ser divertida, numa iniciativa do Núcleo de Física do Instituto Superior Técnico (NFIST). Ao longo de uma semana, os quatro portugueses montaram experiências para demonstrar várias leis fundamentais da Física, durante encontros com professores e com centenas de alunos de todos os níveis de ensino.

O sucesso das visitas às escolas residiu na capacidade de apresentar os fenómenos e as leis da física de uma forma acessível, com experiências simples que todos puderam observar e realizar.

Yasser Omar, responsável pela missão, considerou que a estadia em Díli abriu caminho à cooperação para combater a iliteracia científica. Para além da forma divertida como sensibilizaram os alunos e professores timorenses, Yasser Omar, Ruben Conceição, João Cardoso e Ricardo Figueira ofereceram livros de divulgação científica a cada um dos estabelecimentos de ensino que visitaram e ainda, no caso da Universidade Nacional de Timor Lorosae, um telescópio para divulgar a Astronomia.

A esta iniciativa do NFIST, criado em 1995, associou-se o Instituto Superior de Economia e Gestão, tendo os necessários apoios sido garantidos pela Fundação para a Ciência e a Tecnologia, Fundação Calouste Gulbenkian, Instituto Português de Apoio ao Desenvolvimento e Embaixada de Portugal em Díli.

PRÉMIO GULBENKIAN DE ESTÍMULO À INVESTIGAÇÃO

Vítor Manuel dos Santos Cardoso, investigador do Centro de Física Computacional da Universidade de Coimbra, foi distinguido com o prémio de Estímulo à Investigação da Fundação Calouste Gulbenkian. A residir actualmente nos Estados Unidos da América, onde está a realizar um pós-doutoramento no *McDonnell Center for the Space Sciences*, Universidade de Washington, é a segunda vez que Vítor Cardoso é distinguido com idêntico prémio pela Fundação Calouste Gulbenkian. O projecto de investigação apresentado a concurso intitula-se "Radia-

ção gravitacional e produção de buracos negros em aceleradores de partículas e raios cósmicos".

O prémio "Estímulo à Investigação 2005" distinguiu também João Gama Oliveira, aluno de doutoramento em Física na Universidade de Aveiro. Para além do reconhecimento, é um incentivo financeiro para desenvolver a sua investigação em torno de dois processos dinâmicos de redes complexas distintas - redes sociais e *World Wide Web* que, embora se insiram na área da Física Teórica, dizem respeito, também, a áreas tão diversas como Matemática, Ciência de Computadores, História ou Sociologia. O trabalho que João Gama Oliveira vai desenvolver abarca duas vertentes interligadas: os padrões de corres-pondência de Darwin e Einstein e a frequência de ocorrência dos números na *World Wide Web*. Em Outubro passado, foi publicado na *Nature* um dos seus artigos sobre os hábitos de escrita de cartas de Einstein (1879-1955) e de Darwin (1809-82).

EXPLORATÓRIO INFANTE D. HENRIQUE CELEBRA DEZ ANOS

O mais antigo centro interactivo de ciência em Portugal, o Exploratório de Coimbra, fez 10 anos em Novembro: uma janela aberta para a ciência, para todas as idades ao longo de uma década. Desde o princípio, o espírito é "experimente você mesmo", sendo não só "proibido não mexer", como "proibido não pensar", na expectativa de que seja também "impossível não gostar e não aprender". O Exploratório, criado em 1995, integra a rede de Centros Ciência Viva desde 1998.

Dez anos é uma boa altura para uma avaliação e uma projecção para o futuro. Na avaliação da Direcção do Exploratório, apoiada por vários testemunhos externos, há bons motivos para comemorar.

Apesar do seu desempenho ao longo de uma década e não obstante ser conhecido da quase totalidade das escolas básicas e secundárias do País, o Exploratório é desconhecido do cidadão comum, inclusivé o da própria cidade. A principal razão reside na sua localização. Assim, o aniversário do Exploratório começou logo no início de Novembro a ser assinalado através de vários concursos, com a participação de jornais diários:

1. "Embaixadores do Exploratório", destinado aos alunos do 1º e 2º ciclo das escolas de Coimbra, visando trazer adultos ao Exploratório "pela mão" das crianças.

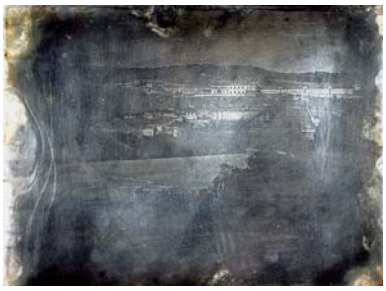
2. "10-100: Exploratório 10 anos, Einstein ... 100", um convite aos leitores para relacionarem temas de Física, de História da Física e da Física no Exploratório.

3. "Perguntar é preciso", destinado a fomentar e a valorizar a capacidade de fazer perguntas em ciência.

Mais informações em http://www.exploratorio.pt

PASSADO AO ESPELHO EM COIMBRA

"Passado ao espelho" é o tema de uma exposição temporária dedicada a "máquinas e imagens das vésperas e primórdios da Photografia", que poderá ser visitada no Museu de Física da Universidade de Coimbra, a partir de Janeiro de 2006.



Esta exposição pretende divulgar a existência, no espólio do Museu de Física, de máquinas e imagens que mostram que Coimbra participou no processo que culminou com o aparecimento da fotografia.

A descoberta da fotografia e especificamente o daguerreótipo foram acompanhados de perto em Coimbra, tendo em 1841 sido adquiridos os instrumentos necessários para a obtenção deste tipo de imagens: uma câmara a daguerreótipo e uma câmara de revelação a vapores de mercúrio. Na exposição poderão ser apreciados estes instrumentos, imagens por eles produzidas, bem como imagens obtidas por outras técnicas. Serão também expostas imagens de Coimbra, algumas praticamente desconhecidas, contemporâneas dos primórdios da fotografia.

ESTUDANTE DA MAIA VENCE PRÉMIO PINTO PEIXOTO

Francisca da Rocha Aguiar, aluna da Escola Secundária de Águas Santas, na Maia, venceu a edição deste ano do Prémio Nacional Professor José Pinto Peixoto.
A aluna, de 18 anos, terminou este ano o 12.º ano com a classificação de 20 valores, a média final mais elevada, do ensino secundário.

Instituído em 2002, este prémio recorda o cientista pioneiro das ciências geofísicas, José Pinto Peixoto, natural da Miuzela, e que se notabilizou a nível internacional, sobretudo em áreas como as ciências da atmosfera, teorias do clima, hidrologia e termodinâmica.

UMA ACTIVIDADE INTERNACIONAL MULTI-DISCIPLINAR

Inserido nas comemorações do Ano Internacional da Física e tendo como principal objectivo incutir nos alunos do ensino secundário o carácter universal dos conhecimentos científicos, realizou-se na Escola Secundária da Cidadela em Cascais, na semana que precedeu o equinócio e no solstício de Verão a actividade multidisciplinar "Revivendo Eratóstenes". Embora com adaptações, recorreu-se ao método utilizado pelo grego Eratóstenes há mais de 2000 anos para determinar as dimensões da Terra. A autora coordenou este trabalho em conjunto com os astrónomos Fernando Vieira e Paulo Pereira do Planetário do Rio de Janeiro. Colaboraram nesta iniciativa escolas das cidades de: Falkenberg, da Suécia; Sulingen, Darmstadt e Munique, da Alemanha; Londres, do Reino Unido; Marselha, da França; os Planetários de Belém, Campinas e Florianópolis, do Brasil; Varna e Haskovo, da Bulgária e a escola internacional francesa do Cairo, no Egipto. Nesta actividade que teve a melhor aceitação de todos, foi possível mostrar aos alunos a importância da colaboração internacional para resolver problemas. Esta iniciativa teve um significado especial pelo facto de em 21 de Junho ter sido realizada uma actividade no átrio da Biblioteca de Alexandria no Egipto, local original da experiência.

A Gazeta agradece o envio de contribuições para esta secção.
gazeta@teor.fis.uc.pt

ENSINO DA FÍSICA

UMA ACTIVIDADE INTERNACIONAL MULTIDISCIPLINAR

Eratóstenes nasceu em Cirene (actual Líbano), em 276 a.C. e faleceu em Alexandria em 194 a.C. Como muitos sábios do seu tempo, foi astrónomo, historiador, geógrafo, filósofo, poeta e matemático. Estes conhecimentos levaram-no a ocupar um dos cargos mais importantes na Antiguidade: director da maior e mais importante biblioteca da época - a Biblioteca de Alexandria, uma das setes maravilhas do mundo [1]. Apesar de ser um estudioso de nível superior nas áreas em que interveio nunca chegou a atingir o patamar máximo do seu contemporâneo Arquimedes [2]. No entanto, os seus feitos e descobertas, tornaram-no uma das figuras mais importantes da ciência [3].

Uma das questões que desafiou os matemáticos e astrónomos da Antiguidade foi a determinação dos tamanhos do Sol e da Lua. As primeiras especulações a respeito da forma da Terra tinham natureza não-científica. Os egípcios, por exemplo, acreditavam que a Terra era plana e alongada, reflectindo a gigantesca extensão daquele país. A partir do século VI antes de Cristo, surgiram visões mais racionais sobre a forma do nosso planeta. Parece que a primeira sugestão de esfericidade partiu da Escola Pitagórica de Crotona. Segundo vários estudiosos da época, a esfera seria a mais bela de todas as figuras sólidas. No século IV antes de Cristo, Aristóteles apresentou argumentos mais sólidos. O mais importante deles estava relacionado com o eclipse da Lua, um fenómeno cuja origem (alinhamento aproximado entre o Sol, a Terra e a Lua) já era conhecida na época. Aristóteles considerou que a sombra projectada da Terra sobre a Lua, durante o eclipse lunar, tinha forma circular porque a Terra era esférica. Uma vez admitida a esfericidade da Terra faltava medir o tamanho desta. Várias foram as pes-

soas e os processos utilizados, mas foi Eratóstenes, há mais de dois mil anos, quem fez a demonstração mais interessante.

Eratóstenes observou que ao meio-dia, do solstício de Verão, na cidade de Siena (actual Assuão), 5000 *stadium* a sul de Alexandria [4] [5] e situada no mesmo meridiano, os raios solares reflectiam-se no fundo de um poço. Ao mesmo tempo, em Alexandria, podia observar-se a sombra de uma coluna, o que indicava que a distância angular do Sol no zénite era de um cinquenta avos de um círculo. De facto, as sombras de objectos altos, tais como uma torre, indicavam que os raios solares faziam um determinado ângulo com a vertical. Eratóstenes deduziu que a única explicação para este facto era a Terra ser esférica [3] e que a sombra era mínima no momento em que o Sol passasse no meridiano local.

Eratóstenes sabia que, se aplicasse a matemática, seria possível determinar o tamanho da curvatura da Terra. Para realizar o cálculo, precisava de conhecer a altura da coluna, o comprimento da sombra produzida por esta em Alexandria, bem como a distância entre Alexandria e Siena. Segundo alguns historiadores, para medir a distância entre as duas cidades, Eratóstenes encarregou um escravo de ir a pé de Alexandria a Siena. Em 21 de Junho, ao meio-dia em Alexandria, Eratóstenes, em substituição da coluna, espetou uma vara de madeira de altura conhecida, mediu o comprimento da sombra desta e com estes valores determinou as dimensões do perímetro da Terra (Fig. 1).

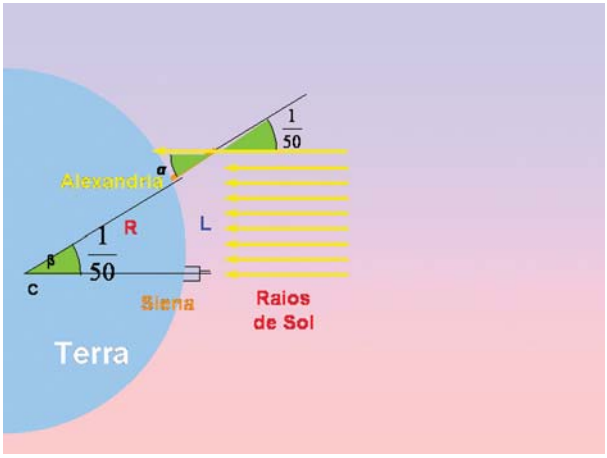


Fig. 1. Cálculo das dimensões da Terra de acordo com Eratóstenes.

Eratóstenes usando uma *skaphe*, um instrumento de forma semi-esférica, concluiu facilmente que o ângulo α media 1/50 de toda a circunferência da Terra.
Como $\alpha = \beta$, a distância entre Siena e Alexandria também era 1/50 da circunferência da Terra. Para a distância aproximada entre Siena e Alexandria foi medido o valor de 5 000 *stadium*. Tenhamos em conta que, de acordo com Plínio, o *stadium* de Eratóstenes valia 300 cúbitos egípcios e que 1 cúbito = 0, 5259 metros [5]. Eratóstenes concluiu então, que a circunferência da Terra era aproximadamente igual a 250 000 *stadium*, ou seja, 39 682 km [3].

Com os modernos equipamentos, sabe-se hoje que este valor é de 39 941 km se considerarmos a circunferência polar igual à circunferência equatorial.

O erro do modelo seguido por Eratóstenes foi muito pequeno, se considerarmos que na época não existiam bons instrumentos de medida e que houve algumas aproximações introduzidas no seu trabalho. Na verdade, sabe-se actualmente que Siena não está exactamente no trópico de Câncer (ou seja, os raios solares não são estritamente perpendiculares à superfície no solstício de Verão). A distância de Siena a Alexandria é superior às utilizadas no cálculo e as duas cidades não estão alinhadas na direcção Norte-Sul, ou seja, não estão no mesmo meridiano. De qualquer forma o valor encontrado por Eratóstenes foi surpreendente!

O objectivo do projecto desenvolvido foi precisamente determinar as dimensões da Terra, por um processo semelhante ao usado por Eratóstenes. Para a sua concretização são necessários, no mínimo, dois grupos de participantes localizados em regiões diferentes do globo, quer no hemisfério Norte quer no hemisfério Sul. Cada grupo é responsável pelos seguintes passos:

1 - Determinação da orientação geográfica

Fig. 2 - No pátio da Escola Secundária da Cidadela marca-se a direcção Norte-Sul.

Para isso coloca-se uma vara (haste), de forma a ficar perfeitamente na vertical, num local ao ar livre onde incida a luz solar durante boa parte do dia. De manhã traça-se uma circunferência que tem como centro a haste e cujo raio é igual à dimensão da sua sombra, marcando-se o ponto de intercepção desta com a referida circunferência. No período da tarde, logo que a sombra volta a tocar no círculo marca-se neste o novo ponto de intercepção. A recta que une essas duas marcas indica a linha Este--Oeste. Traçando-se uma linha perpendicular a esta obtém-se a direcção Norte-Sul (Fig. 2), que corresponde ao meio-dia solar, instante de menor sombra da haste.

2 - Determinação da latitude do local do grupo participante

Mede-se o comprimento da sombra projectada pela haste vertical, presa ao solo no momento da passagem meridiana do Sol. Com a altura da haste e da declinação do Sol e com a ajuda da matemática obtém-se a altura angular deste ao meio-dia solar (Fig. 3).

Fig. 3 - Medição da altura do Sol.

Finalmente calcula-se a latitude, usando a expressão $f = \delta + (90^o - \alpha)$ onde δ [6] é a declinação solar. A hora do local na passagem meridiana do Sol é um dado básico da experiência, devendo ser registado e convertido para o tempo de *Greenwich* (GMT).

3 - Determinação da diferença da longitude entre os dois grupos participantes

Efectivamente, não se determina a longitude das duas cidades, mas a diferença entre elas. No momento em que a sombra da haste atinge a direcção Norte-Sul, é registada a hora local e seguidamente convertida para a hora universal. A diferença entre os instantes das culminações determina a diferença entre as longitudes das duas cidades. Note-se que a velocidade do Sol é aproximadamente 15°/ h, de forma que a diferença do tempo das culminações está directamente relacionada com a diferença entre as longitudes das duas cidades. Sabendo a diferença dos tempos (Δt), determina-se a diferença entre as longitudes, multiplicando Δt por 15°/ h.

4 - Cálculo do tamanho da Terra utilizando uma escala e uma bola (de voleibol ou de esferovite)

Fig. 4 - Bola de esferovite utilizada na determinação das dimensões da Terra pelo Planetário do Rio de Janeiro.

Os dados obtidos na escola de Cascais foram marcados numa bola de voleibol de 63,0 cm de perímetro.

Foram atingidos diversos objectivos: a vivência de um trabalho científico, o desenvolvimento de formas de expressão e a aquisição de conhecimentos variados, em História, Geografia, Astronomia, Física e Matemática.

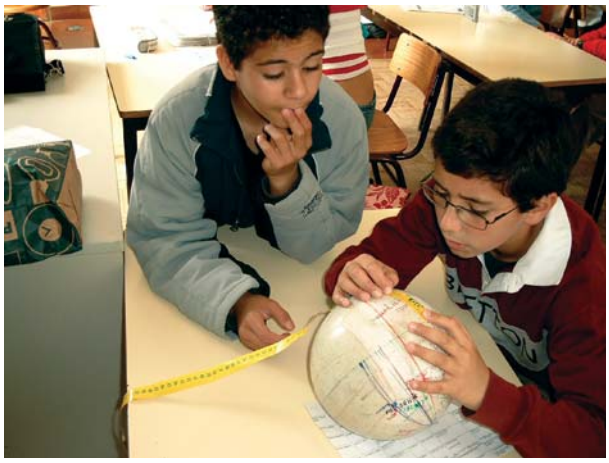


Fig. 5 - Alunos da Escola Secundária da Cidadela , trabalhando no cálculo das várias distâncias marcadas na bola de voleibol.

Esta actividade promove uma aplicação integrada de competências relativas às várias utilizações da Tecnologia de Informação e Comunicação, na medida em que os alunos, para além de consultas na *Web* acompanham as comunicações dos colegas por meio de câmaras e "falam" entre eles por *chat* [8].

Verificou-se que os estudantes executaram as tarefas com grande entusiasmo e motivação, tendo ficado surpreendidos com a precisão dos resultados obtidos em Cascais, 40 414 km em média.

Considera-se ainda que a simplicidade da actividade, conjugada com a possibilidade de se trabalhar com cidades que não estejam num mesmo meridiano, sugere que qualquer professor pode implementar esta experiência na sua escola, sem grandes dificuldades.

Atendendo aos óptimos resultados obtidos e ao interesse mostrado pelos alunos espera-se que nas próximas sessões, já programadas, haja ainda uma maior adesão de participantes, a nível quer nacional quer internacional.

A actividade de Eratóstenes, considerada em Setembro de 2002 pela revista *Physics World* como uma das mais belas experiências da Física, é sem dúvida uma excelente oportunidade de aprender física sem fronteiras.

Manuela Alves Moreira do Amaral
Escola Secundária da Cidadela - Cascais
manuela_amaral@yahoo.com

Mais informações:
http://www.rio.rj.gov.br/planetario/eratostenes/english/era1.html

REFERÊNCIAS

[1] - "Biography" in *Dictionary of Scientific Biography*, New York, 1970-1990.

[2] - Heath, T. L., *A History of Greek Mathematics*, Oxford, 1921.

[3] - Boyer. C.B., *História da Matemática*, Editora Edgard Blucher Ltda., 1974.

[4] - Gulbenkian, E. "The origin and value of the stadion unit used by Eratosthenes in the third century B.C", *Archive for History of Exact Sciences*, 37, 359-363, Springer, New York, 1987.

[5] - D. Rawlins, "The Eratosthenes - Strabo Nile map. Is it the earliest surviving instance of spherical cartography? Did it supply the 5000 stades arc for Eratosthenes' experiment?", *Archive for History of Exact Sciences*, 26, 211-219, Springer, New York, 1982.

[6] - http://euler.on.br/ephemeris/index.php

[7] - http://www.wcrl.ars.usda.gov/cec/java/lat-long.htm

[8] - http://cophylab.no-ip.org/

NOTAS:

[1] *stadium* designa uma antiga medida grega: 1 km seria aproximadamente 6,3 *stadium*.

A Secção "Olimpíadas de Física" é coordenada por José António Paixão, Manuel Fiolhais e Fernando Nogueira do Departamento de Física da Universidade de Coimbra, 3004-516 Coimbra

UNIÃO EUROPEIA
FUNDOS ESTRUTURAIS

GOVERNO DA REPÚBLICA PORTUGUESA

Ministério da EDUCAÇÃO

Ciência Inovação 2010 Programa Operacional Ciência e Inovação 2010

olimpiadas@teor.fis.uc.pt
http://olimpiadas.fis.uc.pt

OLIMPÍADAS DE FÍSICA

MEDALHA DE OURO E MENÇÕES HONROSAS NA OLIMPÍADA IBERO-AMERICANA DE FÍSICA

A delegação de 4 jovens estudantes do ensino secundário que representaram Portugal na X Olimpíada Ibero-americana de Física obteve uma medalha de ouro e duas menções honrosas nesta competição. A medalha de ouro foi ganha por Miguel António Tábuas da Cunha Pereira, estudante do 12º ano da Escola Secundária Francisco Rodrigues Lobo, Leiria. Os estudantes galardoados com uma menção honrosa foram Pedro João Lobo César Medeiros Costa, da Escola Secundária Fonseca Benevides, Lisboa, e Noel da Costa Leitão, da Escola Secundária da Lourinhã. O vencedor absoluto da competição foi um estudante brasileiro.

A Olimpíada Ibero-Americana de Física é uma competição anual para estudantes pré-universitários dos países da Organização de Estados Ibero-americanos (OEI), consistindo na realização de uma prova teórica e uma prova experimental de Física. Este ano a Olimpíada realizou-se na cidade de Colonia del Sacramento, Uruguai, de 19 a 24 de Setembro, tendo participado 17 países.

A prova teórica era constituída por cinco problemas cobrindo temas de mecânica, electromagnetismo e física moderna. A

prova experimental consistiu em duas experiências. Na primeira determinava-se a viscosidade da água através da medição do seu tempo de escoamento através de um orifício num recipiente. A segunda experiência tinha como objectivo a determinação da condutibilidade térmica do poliestireno. Os enunciados das provas podem ser consultados no endereço http://olimpiadas.fis.uc.pt/iberoamericanas.htm.

Os estudantes e professores acompanhantes tiveram a oportunidade de conhecer a interessante cidade de Colonia del Sacramento, fundada por portugueses no ano de 1680, e que foi classificada pela UNESCO em 1995 como património da humanidade. A olimpíada decorreu num ambiente muito acolhedor, onde todos os participantes tiveram a oportunidade de desfrutar da cultura local, com destaque para a música, o artesanato e os convívios em torno do "mate".

No próximo ano a SPF irá organizar, em Coimbra, a XI Olimpíada Ibero-americana de Física. A participação de Portugal nas Olimpíadas foi patrocinada pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Ensino Superior, através do programa POCI-2010, e pelo Ministério da Educação.

A equipa portuguesa que participou na X Olimpíada Ibero-americana de Física: Noel Leitão e Cristiano Cruz (Esc. Sec. da Lourinhã), Pedro Costa (Esc. Sec. Fonseca Benevides, Lisboa) e Miguel Pereira (Esc. Sec. Francisco Rodrigues Lobo, Leiria) .

Olimpíadas de Física 2005/2006

O calendário das Olimpíadas de Física do próximo ano está disponível em http://olimpiadas.fis.uc.pt (ver cartaz na página 51). Na mesma página da *Internet* está disponível o regulamento da competição. As pré-inscrições das escolas deverão ser efectuadas pela *Internet* até ao dia 31 de Janeiro de 2006.

MEDALHA DE OURO PARA MIGUEL PEREIRA

Miguel António Tábuas da Cunha Pereira, que obteve uma medalha de ouro na X Olimpíada Ibero-americana de Física.

A Gazeta falou com Miguel Pereira, que obteve uma medalha de ouro na X Olimpíada Ibero-Americana de Física.

P: O que é que o levou a participar na Olimpíada de Física?
R: Já participava na Olimpíada de Matemática, mas sem grande sucesso e resolvi, desta vez, experimentar a de Física. Fui sendo classificado até chegar ao segundo lugar da final nacional em 2003/2004. Não me passava pela cabeça chegar sequer a este lugar, quanto mais à medalha de ouro agora. De qualquer modo, quando consegui o segundo lugar na etapa nacional, estipulei como objectivo pessoal participar na Ibero-Americana.

P: E não nas Olimpíadas Internacionais?
R: Nas Internacionais não iria com certeza obter grande resultado. Além disso, coincidiam com a minha época de exames e se fosse lá não poderia preparar-me bem nem para uma coisa, nem para a outra.

P: Foi uma vitória difícil?
R: Foi também uma questão de sorte. E não é modéstia...

P: Entrou este ano em Medicina. A Física nunca foi uma opção de futuro?
R: Passou-me pela cabeça seguir Física, mas para fazer o quê? Na realidade, a Física atrai muito mais a nível de conhecimentos. Tem muito mais interesse do que Anatomia, por exemplo. Mas escolher Física para passar o resto da vida a fazer contas...

P: E a investigação?
R: Penso que não teria muito futuro na investigação.

P: Porquê?
R: Por causa do país. A medicina dá mais garantias.

LIVROS NOVOS

Registam-se os seguintes títulos novos sobre temas de Física, de ciência em geral ou de educação, publicados nos últimos meses:

Albert Einstein
Como Vejo a Ciência, a Religião e o Mundo
Relógio D' Água Editores, 2005

Isabelle Stengers e Bernadette Bensaude-Vincent
100 Palavras para Conhecer as Ciências
Editorial Teorema Lda., 2005

Manuel da Costa Leite
O Pedal Estelar. Einstein & Companhia. Notas e Crónicas de CTS
Universidade Lusófona - Biblioteca, 2005

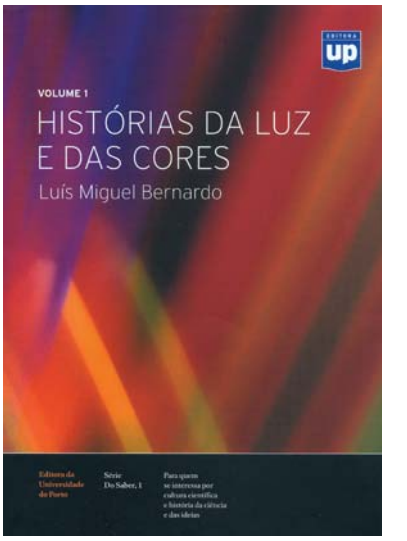
Michael Allaby & Derek Gjertsen
Grandes Cientistas Vol. 3
Círculo de Leitores, 2005

Robert P. Kirshner
O Universo extravagante
Publicações Europa América, Lda., 2005

Stuart Kauffman
O Universo, a Nossa Casa
Editorial Bizâncio, 2005

Agradecemos aos editores o envio de novos livros de ciência e/ou educação, aos quais faremos a devida referência.

SOBRE A LUZ E AS CORES



Histórias da Luz e das Cores
Luís Miguel Bernardo
Editora da Universidade do Porto, 2005.

Luís Miguel Bernardo é professor catedrático no Departamento de Física da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto. Já é conhecido dos leitores da *Gazeta* por ter publicado no primeiro fascículo de 2004 um artigo intitulado "Teorias Cosmológicas Antigas".

Acaba de sair da sua autoria um enorme (mais de 700 páginas!) e bem elaborado volume (foram concerteza muitos anos de trabalho) intitulado *Histórias da Luz e das Cores*, que integra o referido trabalho. O volume inaugura a nova colecção "Do Saber" da também nova editora da Universidade do Porto, que assim se vem juntar a outras editoras universitárias como a Imprensa da Universidade de Coimbra e a IST Press.

Apesar do tamanho do volume, a história da óptica que o autor apresenta não é completa: acaba no século XIX. Inclui Newton, no século XVII, e Goethe, no século XVIII, mas já não inclui Einstein e Bohr, no século passado. Os desenvolvimentos do século XX no domínio em causa foram tão grandes

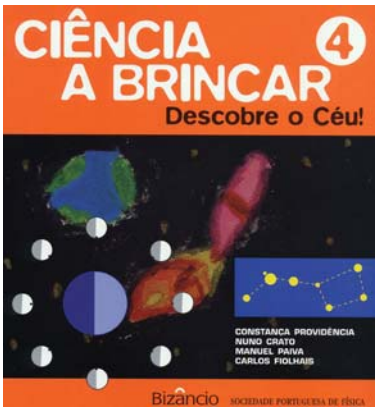
- basta lembrar os *lasers* e a óptica quântica, que acabam de dar mais um Prémio Nobel da Física - que a sequela vai necessitar de dois volumes, perfazendo um total de três.

A primeira impressão com que se fica da leitura de alguns capítulos é a profundidade da pesquisa que o autor teve de empreender para reunir os materiais para o seu livro. Não se encontra em língua portuguesa e dificilmente se encontra noutra língua um livro sobre a história da luz que seja tão exaustivo e tão bem documentado. O autor não se limita a expor os desenvolvimentos de natureza científica, mas comunica também as numerosas lendas e relatos de teor pouco ou nada científico que, ao longo dos tempos históricos, foram surgindo a propósito dos vários fenómenos naturais em que a luz se manifesta. Mais do que um tratado de história da luz é de uma história cultural da luz que se trata. E a luz é um tema que se propicia extraordinariamente para uma história cultural: ela está por todo o lado na nossa cultura, não só na ciência e na tecnologia mas também nas artes.
Por outro lado não se limita aos desenvolvimentos no plano internacional mas também comunica o que se passou no plano estritamente nacional, fornecendo assim um precioso contributo para a história da óptica em Portugal, um capítulo importante ainda que limitado da história nacional da ciência.

Este tipo de publicações que partem da ciência mas fazem cultura científica são raras entre nós. Reflectem aquilo que os ingleses designam por *scholarship* e mostram que o saber académico, longe de estar limitado aos anfiteatros, pode e deve ser transmitido sob a forma de livro dentro das escolas superiores e, principalmente, fora delas. Atrevo-me até a dizer que as escolas que não sejam capazes de produzir obras desta índole não serão verdadeiramente superiores. Além do mais, o livro está bem apresentado, estando ilustrado com gravuras e figuras a cores em extratexto. É uma óptima prenda de Natal. São devidos os parabéns tanto ao autor como à Universidade do Porto!

Carlos Fiolhais
tcarlos@teor.fis.uc.pt

CIÊNCIA A BRINCAR - DESCOBRE O CÉU



Ciência a Brincar - Descobre o Céu
Constança Providência, Nuno Crato, Manuel Paiva e Carlos Fiolhais
Bizâncio/Sociedade Portuguesa de Física, Lisboa, 2005

Os fenómenos celestes despertam a curiosidade natural de muitas pessoas. As crianças têm uma curiosidade ávida por estes assuntos e tendem a "bombardear" os adultos com perguntas e mais perguntas: é a famosa fase do "porque é que …?"

Este grupo de pequenos leitores tem agora uma obra especificamente dedicada, escrita em termos simples *mas cuidados*, que dá respostas acessíveis a muitas perguntas movidas por essa curiosidade transbordante. Do pôr do Sol ao lado escondido da Lua; do peso comparado de objectos nos vários planetas até à construção de um pequeno foguetão; do reconhecimento de algumas constelações até à estrela Polar, os pequenos leitores encontrarão muito para aprender com gosto. No final, a bibliografia dá apoio aos pequenos leitores e também indica obras de referência onde os pais, educadores e alguns professores podem obter informação adicional para melhor responderem à curiosidade incansável própria destas idades.

Ao longo de 64 páginas a abordagem é clara e dirigida a um público bem caracterizado. Os conceitos são acompanhados por bastantes ilustrações, na sua maior parte feitas por crianças com a idade aproximada do público-alvo da obra em apreço (7-10 anos). Esta ideia é inovadora e pode ser eficaz: se tais ilustrações forem feitas com o acompanhamento de adultos conhecedores, ou seleccionadas (para garantir clareza e rigor suficientes), será possível criar, com estes pequenos leitores, pontes de comunicação que os desenhos feitos pelos mais crescidos nem sempre alcançam.

Constança Providência e Carlos Fiolhais são físicos na Universidade de Coimbra; Nuno Crato é professor de Matemática no ISEG e colaborador regular do jornal Expresso. Manuel Paiva lecciona Física na Faculdade de Medicina da Universidade Livre de Bruxelas. Os autores aliaram a experiência com filhos (ou netos) pequenos à sua sólida formação científica. O resultado está à vista e recomenda-se.

Guilherme de Almeida
g.almeida@vizzavi.pt

OS SÍTIOS DO TRIMESTRE

WWW.CIENCIAHOJE.PT

"Ciência Hoje" é, segundo o seu estatuto editorial, uma publicação *on-line* que visa oferecer uma informação completa sobre toda a actividade científica desenvolvida em Portugal e no estrangeiro. Pretende ainda ser um meio de contribuir para a cultura científica nacional, ao divulgar a investigação de qualidade que se produz no país.

Assim, o sítio, com direcção de Jorge Massada, acolhe a informação proveniente de escolas, universidades, unidades de investigação e indústria, dando cobertura a todas as áreas científicas, incluindo as ciências humanas e sociais. Assegura a divulgação de eventos científicos, disponibilizando sob a forma de agenda a informação do que acontece em Portugal e no estrangeiro.

O "Ciência Hoje" tem actualização diária e abre as suas páginas electrónicas aos trabalhos dos mais jovens, incluindo os do ensino básico, quando desenvolvidos sob orientação dos respectivos professores. Quer contribuir também para a divulgação de trabalhos de investigadores que não caibam nas revistas técnicas de especialidade.

São várias as opções para consultar notícias no sítio. A "Revista" oferece as notícias mais recentes de divulgação científica, ciência para os mais pequenos, agenda, universidades, indústria, caminhos profissionais, imprensa, opinião, viagens, discos, livros, cinema, *links* e endereços, entrevistas e artigos, assim como uma secção dedicada a jovens investigadores.

Quem quiser uma busca mais precisa, pode optar directamente pelos canais de Ciências Sociais e Humanas, Ciências da Engenharia e Tecnologias, Ciências Naturais, Saúde, Mar, Aquacultura e Ciências Exactas, onde se inclui, naturalmente, a Física.

O sítio tem actualização permanente. Oferece uma *newsletter* diária com os destaques mais importantes e as últimas notícias. Quem gostar de expor a sua opinião publicamente, pode fazê-lo no "Fórum" ou em "A Palavra do Leitor".

WWW.MOCHO.PT

O portal de ensino das ciências e cultura científica "Mocho", dinamizado pelo Centro de Física Computacional da Universidade de Coimbra, é hoje um serviço notável quer para alunos, professores, pais, quer ainda para todos os cidadãos interessados pelas ciências.

Surgiu há pouco a oferta de conteúdos de banda larga. Este novo projecto tem como objectivo contribuir eficazmente para uma maior divulgação da ciência e da cultura científica no nosso país. "*Pretendemos continuar e alargar o trabalho que já desenvolvemos a pensar nos jovens portugueses e em todos os cidadãos minimamente interessados pela ciência e suas aplicações, uma vez que as escolas e lares portugueses estão cada vez mais e cada vez melhor ligadas à Internet*", referiu João Paiva, um dos responsáveis pelo sítio.

Assim, o "Mocho a abrir!" oferece aplicações para alunos, que incluem aulas de ciências em vídeo, laboratórios de acesso remoto, aplicações interactivas, ambiente para resolução conjunta de problemas, e testes e *quizzes* de apoio aos exames nacionais do 12.º ano.

Para os professores, surgem aplicações para *e-learning* com vídeo em tempo real, laboratórios de acesso remoto, vídeos com demonstrações laboratoriais, ferramentas interactivas de comunicação, realidade virtual, páginas de gestão pessoal e profissional e um hiperlivro digital.

Os pais e os encarregados de educação têm ao seu dispor experiências simples de ciências, currículo de ciências do ensino básico, artigos que ajudam a apoiar os seus filhos, recursos da Internet e um fórum.

Finalmente, para o público em geral, está disponível uma biblioteca sobre ciência com revistas das sociedades científicas, divulgação científica e colaboração com editoras e museus.

Com o Mocho renovado pretende-se melhorar o acesso aos conteúdos, fornecer materiais científico-pedagógicos inovadores, que possam ajudar todas as pessoas envolvidas na educação, e divulgar as ciências e a cultura científica, contribuindo para uma maior sensibilização da sociedade em geral por esses temas e para o crescimento em quantidade e qualidade dos conteúdos científico-pedagógicos em língua portuguesa. Por fim, pretende-se também desenvolver e experimentar metodologias que permitam incrementar a interactividade entre fornecedores e consumidores de conteúdos digitais, por forma a proporcionar situações de participação e de avaliação mais eficientes.

BLOGUES E NOTÍCIAS DE CIÊNCIA

Porque os blogues (diários na *Internet*) são cada vez mais procurados e prática corrente para intercâmbio e divulgação de ciência, aqui deixamos uma lista de alguns blogues de ciência portugueses:

http://fisicoslx.blogspot.com/
Blogue de um grupo de físicos de Lisboa

http://www.pontotriplo.org/
Ligações para os melhores sítios de Química e notícias e interessantes

http://rastosdeluz.blogspot.com/
Blogue de Astronomia, dedicando-se principalmente às temáticas de asteróides, cometas, meteoros e meteoritos.

http://mitos-climaticos.blogspot.com/
Blogue de Climatologia.

http://estrelacansada.blogspot.com/
Blogue de Astronomia.

http://ruyluisgomes.blogspot.com/
Blogue dedicado ao matemático Ruy Luís Gomes, com um vasto conjunto de documentos, assinalando o centenário do seu nascimento.

http://contanatura.weblog.com.pt/
Blogue de discussão de uma variedade de temas relacionados com as Ciências da Vida.

http://zoomarine.blogdrive.com/
Blogue dedicado à vida marinha.

http://ambio.blogspot.com/
Blogue sobre Ambiente contendo vários artigos de reflexão sobre esse tema.

http://scienceideias.blogspot.com/
[Caminhos do Conhecimento]
Blogue de debate de ideias e troca de informação sobre divulgação de ciência, tecnologia e ambiente, em Portugal.

http://linha-dos-nodos.blogspot.com/
Blogue de leituras, discussão, ciência e artes.

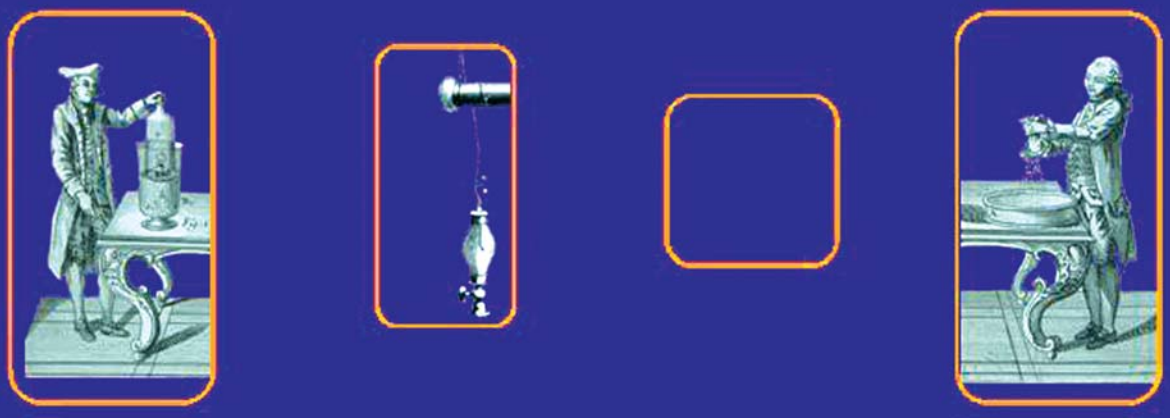
http://www.divulgarciência.com
O blogue dos blogues! Um metablogue de ciência onde são publicados os "posts" de (idealmente) todos os blogues de ciência portugueses

NOVA REVISTA *ON LINE*

Encontra-se disponível no sítio http://www.cienciapt.net/mundus uma nova revista de ciência, tecnologia e informação - *MUNDUS*.

A *MUNDUS* tem como objectivo informar e dar a conhecer o que se faz em ciência na actualidade, passando pela investigação, novas descobertas, aplicações práticas e novas tecnologias, indústria, financiamento e emprego científico, etc.

MUSEU DE FÍSICA
Universidade de Coimbra



ACTIVIDADES EDUCATIVAS
2005 - 2006

Informações: Museu de Física da Universidade de Coimbra
Tel. 239 410 602 / 672 Fax. 239 829 158 museufisica@ci.uc.pt

ANO INTERNACIONAL DA FÍSICA 2005

Por iniciativa de alguns países, entre os quais Portugal, 2005 foi proclamado pela Organização das Nações Unidas (ONU) Ano Internacional da Física. A Sociedade Portuguesa de Física (SPF) desempenha um papel fulcral nas várias iniciativas a desenvolver.
Este espaço noticia estas iniciativas.

PRESIDENTE DA REPÚBLICA CONDECOROU PROFESSORES E INVESTIGADORES

O Presidente da República, Jorge Sampaio, condecorou no dia 29 de Novembro vários professores e investigadores da área de Física, no âmbito das comemorações do Ano Internacional da Física. A distinção justificou-se, segundo afirmou na cerimónia, pelo "*esforço de físicos portugueses, investigadores, divulgadores, professores, e coordenadores de projectos de grande impacto, que, ao longo das últimas décadas, se têm empenhado e destacado na criação de condições para uma melhor prática da investigação e da formação em física em Portugal*". Igualmente foi homenageada a Sociedade Portuguesa de Física "*pelo trabalho meritório que vem desenvolvendo nestes campos desde a sua criação*".

Assim, com o grau de Grande Oficial da Ordem de Santiago de Espada foram distinguidos Armando Ponce de Leão Policarpo, Filipe Duarte Santos, José Dias Urbano, José Moreira Araújo e Rui Vilela Mendes.

Augusto Barroso, Cândido Marciano da Silva, Gustavo Castelo Branco, João Bessa e Sousa, João Sousa Lopes e Luís Mendes Victor foram agraciados com o grau de comendador da Ordem de Santiago de Espada.

A "Gazeta" agradece o envio de informação sobre acções no âmbito do Ano Internacional da Física para Sandra Costa.

scosta@teor.fis.uc.pt

O grau de Grande Oficial da Ordem do Infante D. Henrique foi entregue a Ana Maria Eiró, Carlos Fiolhais, Carlos Matos Ferreira, Carlos Varandas, Gaspar Barreira, Jorge Dias de Deus e Manuel Paiva.

Com o grau de comendador da Ordem de Instrução Pública foram distinguidas as professoras do ensino secundário Maria Natália Anes da Cruz, Maria Teresa Marques de Sá e Regina dos Anjos de Sousa Gouveia.

O Presidente da República conferiu também à Sociedade Portuguesa de Física o título de membro honorário da Ordem de Instrução Pública, recebido pelo seu presidente, José Dias Urbano.

Com este acto, o Presidente da República associou-se às comemorações do Ano Internacional da Física, com a "*satisfação de reconhecer na designação de 2005 como ano de referência para a física o empenho em realçar a importância da física e da ciência para a sociedade em que vivemos*".

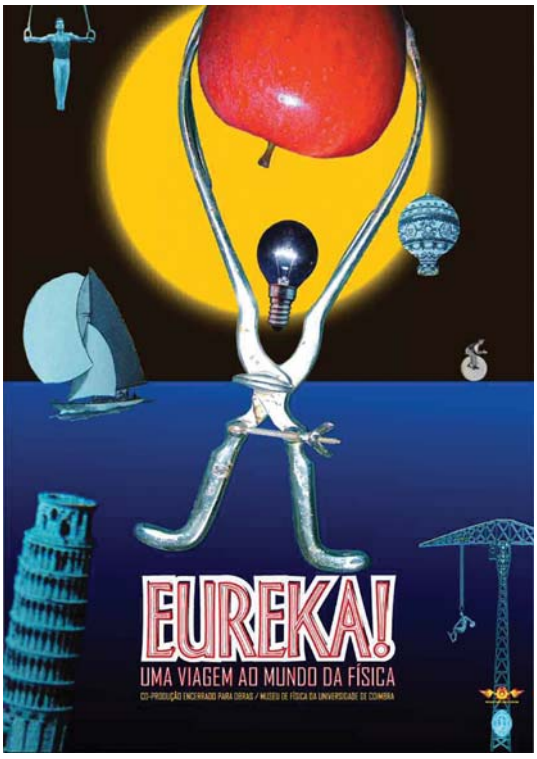
Para Jorge Sampaio, "*o grande desafio é estarmos direccionados para a ciência, para a inovação e para as tecnologias como as verdadeiras fontes da transformação de Portugal numa nação desenvolvida, que aspire a um papel que não seja meramente periférico à escala mundial*".

As grandes descobertas que serviram de base à construção da modernidade, afirmou durante a cerimónia que decorreu no Palácio de Belém, "*favoreceram um visão do mundo assente no estudo da transformação e no primado do movimento. A ciência moderna é o instrumento que descreve esta atitude perante o cosmos*".

O Presidente da República afirmou que a física "*está indissociavelmente ligada ao modo como foi construído o passado recente e o presente das nossas sociedades. E, quero afirmá-lo sem receios, igualmente o seu futuro. A sustentabilidade no nosso planeta dependerá da pertinência da continuação da actividade científica e, nesta, a Física tem um papel central pela sua natureza*".

Mas, reconheceu "*a ciência, e a Física em particular, todos o sabemos, não são domínios do conhecimento que se possam considerar fáceis*", pelo que "*requer novas formas de ser ensinada para ser estimulante. Sobretudo, o seu ensino tem que se basear na experimentação. Um melhor ensino experimental da física e das ciências é o mais importante contributo para influenciar a qualidade do futuro que desejamos. Não podemos deixar que as sementes plantadas por uma plêiade de cientistas e educadores, entre os quais destaco a figura de Manuel Valadares e, também, a de Rómulo de Carvalho, cujo centenário muito justamente se celebrará em 2006, deixem de germinar, por efeito do tédio ou da indiferença*".

TEATRO NO MUSEU DE FÍSICA



Eureka - Uma Viagem ao Mundo da Física é um espectáculo de âmbito multidisciplinar, baseado nas linguagens do gesto, da música, da onomatopeia, do malabarismo...

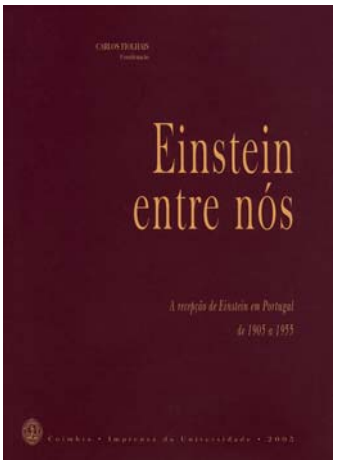
Integrada nas comemorações do Ano Internacional da Física, a iniciativa é uma co-produção da Companhia Encerrado para Obras e do Museu de Física da Universidade de Coimbra.

Alicerçado num discurso simples e dinâmico, o espectáculo pretende despertar a curiosidade para algumas leis da Física, que regem o nosso Cosmos. Se a terra é redonda e roda sobre si própria, porque é que não caímos nem ficamos de pernas para o ar? O que é a música? Existe mesmo um tesouro na ponta do arco-íris? São apenas alguns dos mistérios por revelar...

Este espectáculo foi estreado no dia 19 de Novembro de 2005, no Anfiteatro do Museu e irá permanecer neste espaço para grupos escolares e público em geral até final do mês de Fevereiro de 2006.

Para mais informações contactar Museu de Física, telefone 239 410602 / 672 ou *e-mail*: museufisica@ci.uc.pt

BIBLIOTECA GERAL DA UNIVERSIDADE DE COIMBRA ASSOCIOU-SE AO ANO INTERNACIONAL DA FÍSICA



Uma exposição documental, iconográfica e experimental assinalou na Universidade de Coimbra, o centenário do *annus mirabilis*, de Albert Einstein, numa iniciativa da Biblioteca Geral, em colaboração com a Biblioteca do Departamento de Física, que resolveu dar a conhecer a recepção de Einstein em Portugal de 1905 a 1955.

"*Ontem com Jesinghaus e Sievers uma incursão por Lisboa. Dá uma impressão maltrapilha, mas simpática. A vida parece transcorrer confortável, bonachona, sem pressa ou mesmo objectivo ou consciência. Por toda a parte nos consciencializamos da cultura antiga. Graciosa. Vendedora de peixe fotografada com uma bandeja de peixe na cabeça, gesto orgulhoso, maroto. Visita a um castelo com uma vista imponente sobre a cidade e o porto. Então, de carro a um convento próximo do mar. Um gótico tardio bem leve. Uma abóbada elíptica fazendo tipo uma palmeira, como o irradiar de uma coroa. Belíssimo claustro em dois andares. Adorável chafariz em forma de leão. Então, de volta para o navio. Esta terra mal cuidada inspira em mim uma espécie de saudade*".

Assim descreve Albert Einstein, no seu diário, a fugaz passagem por Lisboa a 11 de Março de 1925, em viagem para a América do Sul. Um acontecimento que os jornais portugueses deixaram praticamente passar em branco. Esta e outras relações de Einstein com Portugal foram mostradas na exposição, como, por exemplo, a sua nomeação para membro da Academia de Ciências de Lisboa e a correspondência que trocou com um físico português, nascido em Reguengos de Monsaraz, que estudou em Coimbra e que, depois de algumas estadas no estrangeiro, foi professor na Universidade de Lisboa e investigador da Gulbenkian, António Gião.
Documental, iconográfica e experimental, a mostra tratou a recepção da obra de Einstein em Portugal de 1905 a 1955, data da sua morte. A primeira vez que Einstein foi referido foi em 1912, numa obra do filósofo Leonardo Coimbra, um filósofo formado em matemática. A referência apareceu na sua tese de concurso para professor na Universidade de Lisboa e continha, de forma correcta, as ideias essenciais da teoria da relatividade restrita de 1905. Mas este foi apenas o início de um grande conjunto de referências, das quais a Biblioteca Geral e a Biblioteca do Departamento de Física da Universidade de Coimbra possuem extraordinários fundos.

Foi também interessante recordar a polémica que houve entre nós a propósito de Einstein e da relatividade, entre os relativistas (além de Leonardo Coimbra, Mário Silva, Rui Luís Gomes, Abel Salazar, entre outros) e os anti-relativistas (Francisco Costa Lobo, Gago Coutinho, entre outros). Em Portugal, a polémica decorreu sobretudo em revistas de cariz literário, mostrando que nessa época, embora só em certos estratos da população, existia já entre nós uma cultura científica.

O livro, associado a esta exposição e editado pela Imprensa da Universidade tem coordenação de Carlos Fiolhais e inclui vários trabalhos sobre Albert Einstein e a sua obra, da autoria de especialistas nacionais, nomeadamente, Ana Simões, Augusto José dos Santos Fitas, Carlos Fiolhais, Décio Ruivo Martins, Elsa Mota, Joaquim Fernandes, Orfeu Bertolami, Paulo Crawford e Sandra Costa.

A obra contém também um catálogo dos livros e artigos publicados até 1955 em revistas científicas e culturais e jornais, em Portugal, e no estrangeiro da responsabilidade de autores portugueses, sobre Einstein e a sua obra. São listados desde trabalhos científicos a notícias em jornais, reflectindo a polémica que a nível nacional ocorreu entre 1905 e 1955 a respeito da relatividade. A última parte contém um *fac-simile* de parte do curso de Relatividade dado na Faculdade de Ciências de Lisboa, no ano lectivo de 1922-1923, pelo professor António dos Santos Lucas. As notas manuscritas foram recolhidas pelo então aluno Francisco Paula Leite Pinto e encontram-se depositadas no Museu de Ciência da Universidade de Lisboa.

CONCURSO EINSTEIN

Integrado no Ano Internacional da Física, o Instituto Superior de Engenharia do Porto promove um concurso para conhecer a vida e as ideias de Albert Einstein.

Os objectivos são divulgar a vida e as ideias de Albert Einstein, aprofundar o conhecimento das teorias propostas por ele que revolucionaram a Física no século XX, nomeadamente a Teoria da Relatividade, a Física Quântica, a Física Atómica e a Física Nuclear, divulgar o impacto que as suas descobertas tiveram na sociedade, estimular o interesse pela Física em geral e estimular a criatividade artística aplicada ao conhecimento científico.

A este concurso podem concorrer pessoas em nome individual ou em grupo. Todas as informações estão disponíveis em http://www.defi.isep.ipp.pt/~einstein.

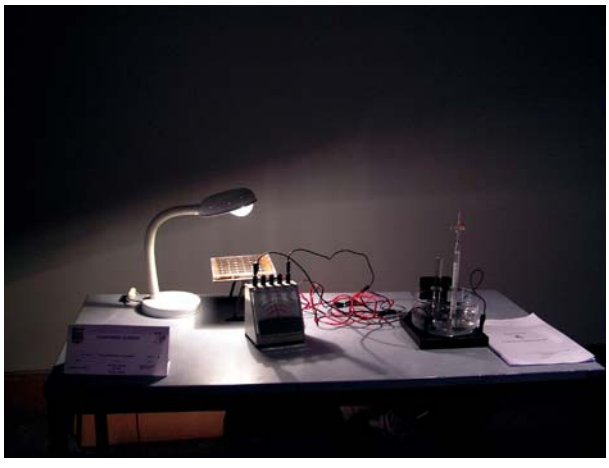
CONCURSO EUREKA

No âmbito das comemorações do Ano Internacional da Física, a Sociedade Portuguesa da Física promoveu entre os alunos das escolas básicas e secundárias de todo o país o Concurso "Eureka", com o objectivo de estimular o gosto pela Física através da experimentação.

A apresentação dos trabalhos a concurso realizou-se no *Visionarium*, em Santa Maria da Feira, no dia 21 de Outubro de 2005.

Participaram trinta e uma equipas provenientes de diferentes pontos do país. Verificou-se que a maioria dos trabalhos submetidos a concurso eram de natureza quantitativa e apresentados por alunos do 10º ao 12º ano de escolaridade. A lista de participantes poderá ser consultados em http://spf.pt/ListagemEureka.pdf.

Os trabalhos apresentados foram analisados por Victor Amaral (Universidade de Aveiro), Conceição Abreu (Universidade do Algarve), José António Paixão (Universidade de Coimbra), Anabela Martins (Escola Secundária D. Pedro V, Lisboa) e Eduardo Gomes (Sociedade Portuguesa de Física).



O júri atribuiu o prémio Manuel Valadares, destinado a trabalhos experimentais de natureza quantitativa, às seguintes equipas:

No escalão A: "As Craques da Física", da Escola EB 2,3 Milheirós de Poiares, com o trabalho "A importância do vestuário para conforto térmico humano".

No Escalão B: "Catheram", da Escola EB 2,3/S de Lanheses, com o trabalho "Determinação de *g*" e "Velocidade Furiosa", da Escola Secundária Padre Benjamim Salgado, com o trabalho "*Hot wheels formula fuelers*".

Com o prémio Bartolomeu de Gusmão destinado a demonstrações qualitativas de leis da física, foram premiadas as equipas:

No escalão A: "Einsteinteam", da Escola Secundária/3º ciclo Drª Maria Cândida, de Mira, com o trabalho "A constituição do olho humano".

No escalão B: " Finado bem tirinho", da Escola Secundária Martinho-Árias de Soure, com o trabalho "Produção de H_2 a partir da energia solar".

A lista de menções honrosas atribuídas nos diferentes escalões e nas duas modalidades pode ser consultada em: http://spf.pt/mencao_honrosa_eureka.pdf

FÍSICA 2005 - FÍSICA PARA O SÉCULO XXI

No encerramento do AIF, a Delegação Regional do Norte da SPF organizou a Conferência "*Física 2005 - Física para o século XXI*" - que decorreu no Centro de Congressos e Exposições da Alfândega do Porto, de 1 a 3 de Dezembro, e que contou com a presença de cerca de 400 participantes. Colaboraram na conferência vários cientistas nacionais e estrangeiros de reconhecido prestígio, que abordaram diversas áreas de interesse fundamental na Física Moderna. Do programa, destacam-se as palestras plenárias:

- "De Einstein à Informação Quântica" por A. Zeilinger, da Universidade de Viena;
- "Energia Nuclear - uma opção para o futuro", por Carlos Varandas, do Centro de Fusão da Universidade Técnica de Lisboa;

- "Da Relatividade à escala de Planck", por Giulio Amelino-Camelia, da Universidade de Roma La Sapienza;
- "Fora da lei: O papel da desordem na formação de padrões complexos", por Margarida Telo da Gama, da Universidade de Lisboa;
- "Física Quântica de fotões e dos átomos" por Serge Haroche, da Escola Normal de Paris.

Deu-se ainda aos participantes uma perspectiva dos desenvolvimentos da Física em Portugal, focando trabalhos recentes e em curso, em diversos tópicos, através de uma série de seminários de professores e investigadores nacionais:

- "Cosmologia no século XXI", por Orfeu Bertolami, da Universidade Técnica de Lisboa;
- "A Física das partículas no século XXI", por Gustavo Castelo Branco, da Universidade Técnica de Lisboa;
- "As alterações climáticas no século XXI", por Filipe Duarte Santos, da Universidade de Lisboa;
- "A Física na Medicina", por João José Pedroso Lima, da Universidade de Coimbra;
- " Nanotecnologia", por Paulo Freitas, da Universidade Técnica de Lisboa.

Em complemento, foram apresentados cerca de 150 *posters* por diversos grupos de investigação nacionais, descrevendo as linhas de trabalho actuais nas diferentes áreas da Física. Esta panorâmica ilustrou o vigor da investigação e desenvolvimento da Física, nos seus diversos domínios, em Portugal.

Aproveitando o encontro dos físicos, decorreu uma exposição do *Projecto Faraday* - programa de intervenção no ensino da Física no secundário, patrocinado pela Fundação Calouste Gulbenkian e desenvolvido pela Universidade do Porto, com a coordenação de João Lopes dos Santos e Joaquim Marques.

Numa época em que o cidadão comum é cada vez mais solicitado a posicionar-se face a problemas como a opção nuclear e o ambiente, entre outros, os físicos discutiram ainda a percepção pública da Física num debate moderado pelo físico Carlos Herdeiro, em que participaram o Comissário português para as comemorações do Ano Internacional da Física e Presidente da SPF, José Dias Urbano, os físicos Eduardo Seabra Lage e Jorge Dias de Deus e o psicólogo José Manuel Canavarro.

No primeiro dia da "*Física 2005*" decorreu ainda a transmissão via *Web* da conferência *Beyond Einstein* (directamente do CERN) e a apresentação do livro *Hubble - 15 Anos de Descoberta*, pelo autor Lars Lindberg Christensen.

Aproveitando a realização da Conferência, realizou-se uma Assembleia Geral da SPF em que foram eleitos sócios honorários os Professores João Bessa de Sousa (U. Porto), João Providência Costa (U. Coimbra) e Manuel Fernandes Thomaz (U. Aveiro).

Em sessão plenária da "Física 2005" foram entregues os Prémios Rómulo de Carvalho a docentes dos ensinos básico e secundário.

PRÉMIO RÓMULO DE CARVALHO

Alexandre José da Costa Ferreira e Ana Carla Campos

Integrado no programa do Ano Internacional da Física, a Sociedade Portuguesa de Física instituiu o Prémio Rómulo de Carvalho, destinado a galardoar os melhores professores de Física do ensino secundário. Ao promover esta iniciativa a Sociedade Portuguesa de Física visou contribuir para a melhoria do ensino da Física nas escolas, distinguindo alguns dos melhores profissionais do ensino básico e secundário. Foram nomeados trinta professores por Conselhos Executivos e Associações de Pais das Escolas, por grupos de pais ou encarregados de educação e por grupos de alunos e de ex-alunos.

O júri, constituído pelos professores Manuel Fernandes Thomaz (presidente), Augusto Barroso e Odete Valente, distinguiu com este prémio os seguintes professores:

- Alexandre José da Costa Ferreira, da Escola Secundária de Loulé.
- Ana Carla Araújo Campos, da Escola Secundária Afonso Sanches, Vila do Conde.
- Regina dos Anjos Sousa Gouveia, da Escola Secundária Carolina Michaelis, Porto.

Atribuiu, também, as seguintes menções honrosas:

- Carla Maria Serra Ribeiro da Silva Baptista, da Escola Secundária da Amadora.
- Carlos Alberto Freitas Portela, da Escola Secundária c/ 3ºCEB Dr. Joaquim de Carvalho, Figueira da Foz.
- Carlos Manuel Esteves Bernardino, do Colégio Manuel Bernardes, Lisboa.
- Maria da Luz de Deus Matos Castro, da Escola Secundária D. Dinis, Lisboa.
- Paulo Jorge Marques Gandra Santos, da Escola EB 2,3 de S. Pedro da Cova, Gondomar.

A PROPÓSITO DO PRÉMIO RÓMULO DE CARVALHO

Não tenho palavras para descrever a emoção que sinto por me ter sido atribuído o Prémio Rómulo de Carvalho, personalidade que tive o privilégio de conhecer pessoalmente nas minhas andanças de orientadora de estágio. E se nessas andanças conheci essencialmente o metodólogo, já antes tinha conhecido indirectamente o professor através dos seus livros adoptados para os Trabalhos Práticos de Química do Curso Complementar dos Liceus, o divulgador através das suas histórias (do átomo, da radioactividade, etc), da sua física para o povo, bem como outras obras de divulgação, o poeta através de toda a sua obra que me fascinou desde o primeiro poema que li num número da revista "O Tempo e o Modo" e o ficcionista que conheci mais tarde. Qual destas vertentes me fascina mais? Escolha difícil mas talvez opte pelo poeta pois na sua poesia ele é simultaneamente o poeta, professor, o formador, o divulgador, o humanista.

Por tudo isto sinto, com a atribuição deste prémio, uma responsabilidade acrescida e o receio de não estar à altura do mesmo. Felizmente partilho-o com outros. E permitam-me que nesses outros destaque Ana Carla Campos também vencedora e Paulo Santos, menção honrosa. Tenho o prazer de os conhecer pois tive o privilégio de ser orientadora de estágio de ambos. Com Ana Carla Campos tenho mantido um contacto próximo pelo envolvimento em projectos comuns. O seu entusiasmo é contagiante.

Esta partilha com os demais vencedores e menções honrosas como que me aligeira um pouco a responsabilidade de que há pouco falava.

E é por causa dessa mesma responsabilidade que gostaria de acrescentar aqui algo, correndo o risco de não ser politicamente correcta. Vem isto a propósito da carga horária não lectiva dos professores. No caso dos professores das áreas das ciências não seria bem mais eficaz a permanência na escola se fosse obrigatoriamente dedicada à preparação e optimização das actividades experimentais a desenvolver com os alunos? É que com a carga horária que passa a ter, o professor vai dispor de pouco tempo para essas actividades, o trabalho experimental, tão necessário face ao insucesso dos alunos em áreas de Ciências, sai prejudicado. Poderá argumentar-se que muitos professores não dão qualquer relevância à componente experimental É verdade. Mas, se por um lado creio que correspondem a uma minoria, por outro tenho a certeza que as medidas propostas em nada vão melhorar o seu desempenho na referida área. E mais grave ainda, os professores que até agora investiam fortemente na experimentação vão-se ver a braços com o tempo disponível para a preparação da mesma.

Também, e no que respeita às aulas de substituição que tantos problemas estão a gerar nas escolas, se visam evitar tempos " mortos " para os alunos, então seria pedagogicamente muito mais correcta e eficaz a oferta de projectos onde os alunos se pudessem inscrever e para os quais haveria sempre um

Regina Gouveia

professor disponível, disponibilidade decorrente das suas horas não lectivas. As disciplinas com componente experimental teriam aqui uma palavra importante a dizer. Na minha escola foi criado o *Espaço Ciência Aberta* visando precisamente ocupar os alunos de uma forma salutar e não desprovida de sentido. Só que a criação destes espaços implica planificação e essa não foi pensada nas medidas propostas superiormente.

Perdoem-me este desabafo mas ele emerge dum enorme gosto pela Física e pelo ensino da mesma e este para ser eficaz implica entusiasmo, dedicação, disponibilidade, rigor, responsabilidade. O professor ajuda a construir e isso sugere-me o poema "Escopro de Vidro" de Gedeão.

Estou aqui construindo o novo dia com uma expressão tão branda e descuidada
que dir-se-ia não estar fazendo nada. E, contudo, estou aqui construindo o novo dia

Porque o dia constrói-se; não se espera.
Não é sol, que deflagre num improviso de luz. É um orfeão de vozes surdas,
um arfar de troncos nus, o erguer, a uma só voz, dos remos da galera.

Cantando entre os dentes um refrão anidro
abro linhas quentes com um escopro de vidro.
Abro linhas quentes sem tremer a mão, com um escopro de vidro de alta precisão

"Escopro de Vidro", *in* Poesias Completas, António Gedeão

Regina Gouveia

ANO INTERNACIONAL DA FÍSICA: UM PRIMEIRO BALANÇO

Com o Ano Internacional da Física (AIF) a chegar ao fim, a Gazeta fez o balanço possível com o Presidente da Sociedade Portuguesa de Física (SPF), José Dias Urbano.

P: Que balanço é possível fazer deste ano, em Portugal?
R: Ainda é cedo para avaliar o Ano Internacional da Física pois, embora acabe oficialmente no final de 2005, ainda há muitas acções a decorrer, outras que se vão realizar em Novembro e Dezembro e outras ainda que se vão estender para 2006. Mas posso já dizer que fui surpreendido pela boa recepção que a ideia teve em Portugal, não só a nível do Estado e das universidades, mas também das escolas e de ou-tras instituições. Para se apreciar o número e a diversidade dos eventos já realizados, basta consultar, na página da SPF, o sítio especial dedicado ao Ano Internacional.

Estou também muito satisfeito pela reacção de profissionais de outras áreas do saber, que se aperceberam da importância do papel da Física no desenvolvimento das ciências modernas e na das sociedades actuais.

Por outro lado, estou algo decepcionado, embora não surpreendido, com a pouca importância que alguns grandes órgãos de comunicação deram aos eventos do AIF. Mas não foi só em Portugal que a comunicação social deu mais atenção ao mensageiro, Einstein, do que à mensagem, a necessidade de promover a Física a todos os níveis, no mundo inteiro.

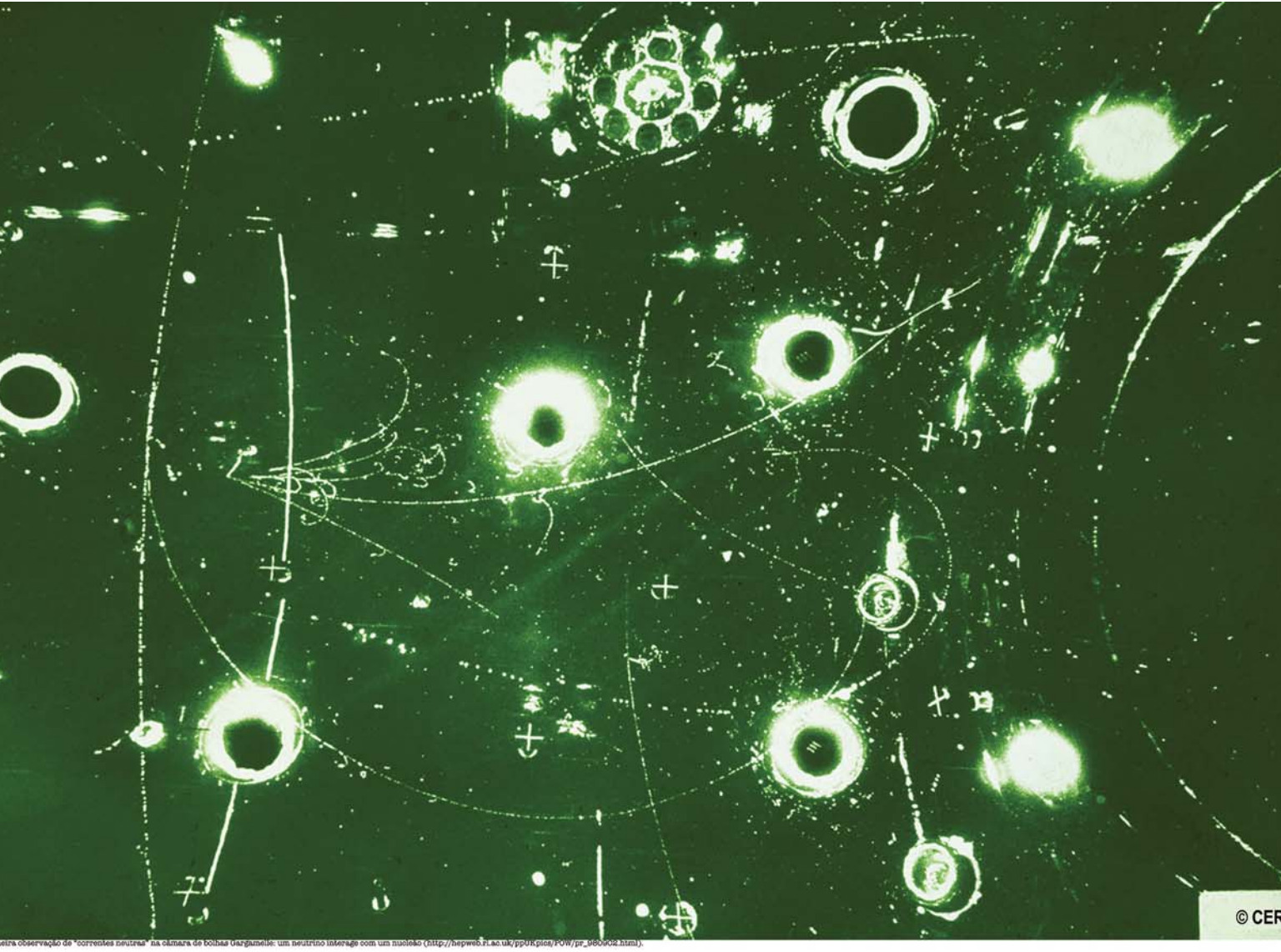
Os promotores do AIF aproveitaram o facto de 2005 ser o centenário da publicação de trabalhos importantes de Einstein, da mesma forma que o governo alemão aproveitou o centenário da criação da Teoria Quântica para declarar 2000 o Ano Nacional da Física. Na Alemanha, os efeitos do Ano Nacional da Física foram imediatos e espectaculares porque se trata de um país muito desenvolvido, tanto científica como tecnologicamente, e a falta de físicos era sentida pela indústria e pelos serviços. Em Portugal, o número dos estudantes que decidiram frequentar cursos de Física em 2005/2006 cresceu ligeiramente em relação ao ano anterior, mas ainda é cedo para dizer se se trata de um efeito do AIF.

P: Quer dizer que em Portugal os efeitos da falta de interesse dos jovens pela Física não são sentidos pelo grande público?
R: São sentidos por algumas pessoas esclarecidas, mas não pelo grande público nem pela comunicação social em geral. Os órgãos de comunicação relatam eventos científicos quando se cria algum espectáculo à sua volta. Ora aquilo que determina a sobrevivência da nossa civilização é a capacidade de criar riqueza baseada numa ciência que tem muito pouco de espectacular, no sentido mediático do termo.

P: E em Portugal não se faz essa ciência?
R: Faz-se, é evidente que se faz, mas a maior parte dela passa desapercebida do grande público. Pode fazer-se boa ciência com pequenas minorias muito interessadas, mas o facto de temos centros de ciência excelentes não quer dizer que a ciência esteja a ser um agente de progresso no nosso país. A ciência dá muito prazer a quem a faz e isto, só por si, é o bastante para atrair minorias de excepcional qualidade intelectual. Mas uma luz escondida não irradia para o resto do país. Para a ciência ter impacto económico tem que haver quem, nas empresas, transforme o conhecimento científico em produtos e ideias de negócio e isto não está a acontecer, pelo menos na medida desejável. A inovação tecnológica e organizacional é ainda muito incipiente em Portugal e a nossa economia não é competitiva no mercado global. Gostaríamos que o AIF servisse para alterar esta situação porque, para além de ajudar a formar os cientistas, os engenheiros e os docentes que podem ser os agentes da inovação tecnológica, a Física ajuda também a alterar as formas tradicionais de pensar. A Física ensina quem a estuda a pensar cientificamente, a analisar correctamente os problemas, a separar o que é importante do que não o é, a distinguir entre as causas e os efeitos. Ora o nosso sistema educativo, ao desvalorizar a Física, não está a cumprir essa importante missão.

P: No entanto, a nível das escolas, do básico e do secundário, parece ter havido uma grande aceitação da iniciativa.
R: Isso é verdade, tem havido uma boa aceitação dos objectivos e ideais do AIF por parte de muitas escolas e das universidades. Os jovens têm aderido, e isso é um motivo para termos esperança.

P: O que é que espera que venha a acontecer?
R: Eu espero que, quando os jovens tiverem que escolher um curso superior, a Física, as ciências físicas e as engenharias tenham subido alguns degraus na lista das suas prioridades. E espero também que haja da parte do Ministério da Educação um pouco mais de preocupação com o ensino que se está a ministrar aos nossos jovens. É na educação que se ganham e se perdem as batalhas do progresso. Espero que se acabe com o péssimo hábito de fazer reformas a torto e a direito. Espero que passe a haver uma visão integrada da educação, com a prévia identificação dos conhecimentos e das competências que podem ajudar os jovens a vencer os desafios com que se vão deparar na vida activa. Se for assim, terá valido a pena celebrar o AIF!



eira observação de "correntes neutras" na câmara de bolhas Gargamelle: um neutrino interage com um nucleão (http://hepweb.rl.ac.uk/ppUKpics/FOW/pr_9600002.html).

OLIMPÍADAS DE FÍSICA 2006

PARTICIPA

scalão A: alunos do 9º ano
scalão B: alunos do 11º ano

nscrições até 31/1/2006
ttp://olimpiadas.fis.uc.pt

ROVAS
egionais: 13/5/2006
lacionais: 9-10/6/2006, Porto
nternacionais: 7/2007, Irão
beroamericanas: 9/2007, Argentina

$E = mc^2$ $x = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2} g t^2$ $U = RI$

$F = G\frac{mM}{r^2}$ $\Delta t = \frac{\Delta t_0}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}$

$\hat{H}\Psi = i\hbar \frac{d}{dt}\Psi$ $\vec{F} = m\vec{a}$

$\Delta U = Q + W$ $R_{\mu\nu} - \frac{1}{2} g_{\mu\nu} R - \Lambda g_{\mu\nu} = \frac{8\pi G}{c^4} T$

$h\nu = W + E_c$ $PV = nRT$

OCIEDADE PORTUGUESA DE FÍSICA
poios: Ministério da Educação
Ministério da Ciência, Tecnologia e Ensino Superior

Ciência Inovação 2010 · Programa Operacional Ciência e Inovação 2010 · MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E ENSINO SUPERIOR · União Europeia Fundos Estruturais · Governo da República Portuguesa · Ciência Viva · Agência Nacional para a Cultura Científica e Tecnológic

NOS PRÓXIMOS NÚMEROS

CICLO DE CONFERÊNCIAS: "À luz de Einstein"