

Gazeta de

Física

Sociedade Portuguesa de Física

ERROS E ALGARISMOS SIGNIFICATIVOS

André Costa

A ARTE E A CIÊNCIA NO SÉCULO XX

Rui Mário Gonçalves

"AVALIAÇÃO DOS CURSOS UNIVERSITÁRIOS DEVE TER CONSEQUÊNCIAS"

Entrevista com Filipe Duarte Santos, físico da
Universidade de Lisboa



DIRECTOR Carlos Fiolhais
EDITOR Carlos Pessoa

CORRESPONDENTES Paulo Crawford (Lisboa),
Constança Providência (Coimbra) e Fátima Pinheiro (Porto)

COLABORAM AINDA NESTE NÚMERO

André Costa, Fernando Nogueira, Graça Santos,
Humberto Ayres Pereira, José António Paixão, Manuel
Fiolhais, Marcelo Gleiser, Márcio Ferreira de Menezes,
Maria Otilde Simões, Rui Mário Gonçalves, Teresa Sobrinho
Simões

SECRETARIADO

Maria José Couceiro (Lisboa)
e Andreia Fonseca (Coimbra)

DESIGN

MediaPrimer - Tecnologias e Sistemas Multimédia Lda
Rua Simões de Castro, 132, 1º Esq.
3000-387 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

ÍNDICE

ARTIGOS

ERROS E ALGARISMOS SIGNIFICATIVOS 4
André Costa

A ARTE E A CIÊNCIA NO SÉCULO XX 12
Rui Mário Gonçalves

ENTREVISTA

"AVALIAÇÃO DOS CURSOS UNIVERSITÁRIOS
DEVE TER CONSEQUÊNCIAS" 20
Entrevista com Filipe Duarte Santos, físico e professor da
Universidade de Lisboa

NOTÍCIAS

FÍSICA NO MUNDO 24

FÍSICA EM PORTUGAL 27

SOCIEDADE PORTUGUESA DE FÍSICA 32

ENSINO DA FÍSICA 37

SECÇÕES

OLIMPÍADAS DE FÍSICA 40

LIVROS E MULTIMÉDIA 42

OPINIÃO 49

A FÍSICA NO CENTRO DAS ATENÇÕES

A Física volta a ser notícia em Portugal e nesta edição da Gazeta, mas não exactamente pelas melhores razões. Explicando: as médias das notas dos exames finais do 12º ano voltaram a ser negativas, e tão baixas que colocaram a Física no nada honroso primeiro lugar da lista das disciplinas com piores médias. Talvez em consequência disto - pelo menos em parte -, a procura de licenciaturas no domínio da Física continuou a descer: Ou seja, o número de vagas disponibilizadas este ano, que já tinha descido na generalidade dos cursos relativamente ao ano transacto, ficou longe de ser preenchido. O futuro parece, pois, sombrio num país que continua a não ser capaz de inverter a situação de menoridade a que a ciência, em geral, e a Física em particular, continuam votadas.

Relacionado com esse tema, esta edição da Gazeta dá conta do relatório da Comissão de Avaliação Externa dos Cursos de Ciência Física nas Universidades Portuguesas, cujos resultados foram muito interessantes (suplemento a esta Gazeta). Indo um pouco mais longe no esforço de leitura e compreensão desses resultados, entrevistámos o presidente dessa comissão, [FILIPE DUARTE SANTOS](#).

O relatório refere o défice de alunos, mas nem tudo são más notícias: chama a atenção para o importante potencial de que o país dispõe na área da investigação e do ensino da Física. Uma nota muito positiva para a Física surgiu a nível internacional: a Assembleia Geral da UNESCO decidiu propor à ONU que 2005 fosse proclamado Ano Mundial da Física. Seja qual for o desenlace deste processo, a Física já ganhou - pelo menos em visibilidade pública e nas várias iniciativas que não deixarão de ocorrer nos próximos tempos culminando em 2005.

Seja-nos ainda permitido destacar alguns dos conteúdos deste derradeiro número de 2003. Assim, [ANDRÉ COSTA](#), professor do ensino secundário em Gaia, passa em revista alguns dos erros e confusões no tratamento de algarismos significativos, expondo e explicando as regras básicas utilizadas nesse nível de ensino. As relações entre a arte e a ciência são postas em relevo pelo professor e crítico de arte (curiosamente licenciado em Ciências Físico-Químicas) [RUI MÁRIO GONÇALVES](#), que se dirige tanto aos cientistas que sabem como são medidas as dimensões, como aos artistas que sabem como elas são sentidas.

As habituais secções da nossa revista completam o conteúdo desta edição de Natal, com particular destaque para a secção "Livros e Multimédia", onde os leitores encontrarão algumas boas sugestões de oferta nesta quadra.

Voltaremos ao contacto com os leitores na Primavera. Bom Natal e Bom Ano!

O formalismo para tratar dados experimentais é apresentado e usado para justificar de forma simples as regras de algarismos significativos que, por vezes, são mal compreendidas tanto por alunos como por professores de ensino secundário.

ANDRÉ COSTA

Escola ES/3 de Carvalhos

Rua do Roseiral

4415-136 Pedroso

E-mail: j.andre.costa@netcabo.pt

ERROS E ALGARISMOS SIGNIFICATIVOS

No meu percurso de professor tenho deparado com grandes confusões no trabalho com algarismos significativos. Vou por isso expor e explicar as regras básicas utilizadas no ensino secundário. Darei exemplos acessíveis, evitando entrar no formalismo matemático rigoroso.

Por que se usam algarismos significativos? O valor 1,00 não é igual a 1? Do ponto de vista matemático, sim. Mas sempre que se façam medições temos de levar em conta a respectiva precisão.

Suponha o leitor que pretende medir uma folha de papel com uma régua (graduada em milímetros). A folha mede 29,7 cm, por exemplo (fig. 1). Mas não terá mais algumas fracções de milímetro? Poderá verificá-lo com uma régua vulgar? Tente medir a espessura da folha com a mesma régua. Chega a algum resultado rigoroso?

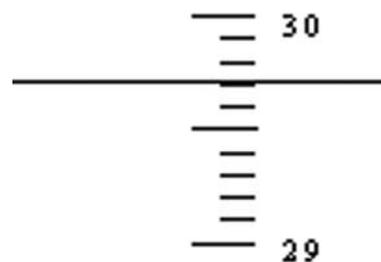


Fig. 1 - Medição da altura da folha com uma régua graduada em milímetros.

Todas as medições estão afectadas por uma incerteza, relacionada com a escala do aparelho de medida. Continuemos com o exemplo da folha.

Afirmamos, com certeza, que a folha mede entre 29,7 cm e 29,8 cm. Entre os dois valores, apenas podemos fazer uma estimativa (digamos, 0,1 mm). Mas o último algarismo, que é estimado, está sujeito a um erro. Assim, poderíamos dizer que a folha mede 29,71 cm, onde os três primeiros algarismos são certos e o último incerto.

Normalmente, toma-se como erro metade do menor valor da escala (denominada natureza) do aparelho de medida (neste caso; a natureza da régua é 1 mm, pelo que o erro é 0,5 mm). O resultado seria $29,71 \pm 0,05$ cm indicando, com *certeza absoluta*, que o valor da altura da folha está compreendido entre $(29,71 - 0,05)$ cm e $(29,71 + 0,05)$ cm. Qualquer outro algarismo a seguir ao 1 seria desprovido de significado. Teríamos, portanto, um resultado com 4 *algarismos significativos*.

Vemos então por que é diferente afirmar que um objecto mede 30,00 cm ou 30 cm. No primeiro caso, sabemos que o valor real se encontra entre 29,95 cm e 30,05 cm, enquanto, no segundo, apenas podemos dizer que se encontra entre 25 cm e 35 cm.

ERROS E INCERTEZAS

Antes de prosseguir a discussão dos algarismos significativos, justifica-se uma abordagem ao cálculo de erros e incertezas.

Resultados práticos podem ser obtidos por *medição directa*, onde o valor se obtém por leitura do instrumento de medida ou por comparação com outra grandeza da mesma espécie (exemplos: comprimento, massa, etc.), ou por *medição indirecta*, onde o valor da grandeza procurada é determinado matematicamente a partir de medições directas de outras grandezas base (exemplos: área de uma superfície, massa volúmica, etc.).

Os erros são de dois tipos: *sistemáticos* ou *acidentais*. Nos primeiros, os resultados são afectados sempre no mesmo sentido, podendo provir de métodos inadequados, instrumentação deficiente ou inépcia do experimentador. Podem ser detectados por comparação com a medição de um padrão, corrigidos por factores de conversão adequados ou eliminados por calibração. Pelo contrário, os erros acidentais, que mudam o resultado em qualquer sentido, são inevitáveis. São devidos ao experimentador e podem resultar de diversos factores: leitura do valor por estimativa, erros de paralaxe, etc.

Os erros sistemáticos desviam os resultados sempre no mesmo sentido. Os erros acidentais aumentam a dispersão dos resultados. Assim, os erros acidentais afectam a *precisão*, enquanto os erros sistemáticos afectam a *exactidão*. Expliquemos com um exemplo.

Suponhamos que, num concurso de tiro (fig. 2), o concorrente A faz todos os tiros muito próximos uns dos outros mas, ao lado do alvo; e que o concorrente B coloca cada tiro em posições diametralmente opostas do alvo. O concorrente A tem boa precisão, mas pouca exactidão (deverá talvez afinar a arma). A média dos resultados do concorrente B seria exactamente o centro do alvo, mas os seus tiros estão dispersos. Este concorrente obteve, por acaso, um resultado exacto, mas muito pouco preciso (pode a sua arma estar afinada, mas ele é mau atirador).

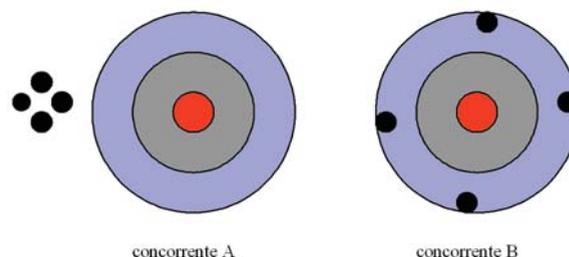


Fig. 2 - Concurso de tiro ao alvo

Supondo corrigidos os erros sistemáticos, os erros acidentais, sempre presentes, devem ser apresentados nos resultados. Aos desvios evidenciados pela dispersão dos resultados passamos a chamar incerteza da medida, chamando erro ao desvio do valor real, quando este é conhecido.

De um modo geral, a incerteza no valor de uma grandeza pode ser bem descrita aumentando o número de medições. Para um número suficientemente elevado de medições, devemos efectuar uma análise estatística [1-7].

MEDIÇÕES DIRECTAS

Numa medição directa, o valor mais provável de uma grandeza é a média aritmética das várias medições efectuadas:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

onde n representa o número de medições. As várias medições distribuem-se em torno do valor *médio*. Cada valor vem afectado de um *desvio absoluto* $\Delta x = x_i - \bar{x}$. De igual modo, pode definir-se o *desvio relativo*, dividindo o desvio absoluto pelo valor médio:

$$\Delta_r x = \frac{x_i - \bar{x}}{\bar{x}}$$

A incerteza do valor mais provável pode ser considerada de diversas formas:

- Podemos considerar o valor máximo dos módulos dos desvios de cada medida $|\Delta x_{\text{máx.}}|$. Embora tal incerteza tenha um valor exagerado, que nada nos diz sobre a distribuição dos resultados, este pode ser o método mais adequado quando trabalhamos com um pequeno número de medições, como é o caso de muitos trabalhos do secundário.

- Um valor mais adequado é o cálculo do desvio médio, dado pela média aritmética do valor absoluto dos diversos desvios

$$\bar{\Delta x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |\Delta x_i|$$

O valor final deverá ser apresentado na forma $\bar{x} \pm \bar{\Delta x}$. Note-se que, se o erro associado ao instrumento de medição for superior aos desvios, a incerteza absoluta deverá ser esse valor.

Para um número de medições elevado, os resultados distribuem-se em torno do valor médio segundo uma curva, em forma de sino, denominada *curva de Gauss*, gaussiana ou distribuição normal (fig. 3). Quanto mais larga for esta curva, mais dispersos serão os resultados e mais pequena será a precisão. Pelo contrário, se a curva for estreita, a maioria dos resultados encontrar-se-á próximo do valor médio, indicando uma grande precisão.

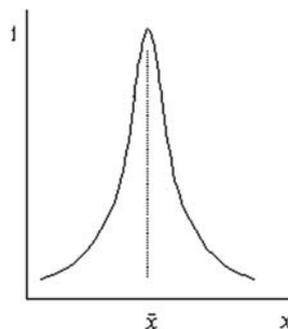


Fig. 3 - Curva de Gauss, definida por $f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}(x-\bar{x})^2/\sigma^2}$, com \bar{x} a média e σ o desvio padrão.

A grandeza que indica a forma da curva de Gauss é o *desvio padrão* σ , definido como a raiz quadrada positiva da variância (média do quadrado dos desvios):

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

Sabemos que 68,26 por cento dos resultados estão no intervalo $\bar{x} \pm \sigma$ e que 95,44 por cento destes estão no intervalo $\bar{x} \pm 2\sigma$. Assim, quanto menor for o desvio padrão, maior será a precisão da experiência [4]. O valor de σ dá-nos uma ideia da dispersão dos resultados em torno do valor médio. A precisão é indicada de modo mais claro tomando σ / \bar{x} , que obviamente tende para zero quando a precisão aumenta.

Na prática, o número de medidas no ensino secundário raramente é suficiente para justificar o uso do desvio padrão. Contudo, se as medições forem feitas com cuidado, o desvio padrão é um bom indicador da precisão dos resultados. Ele deve vir acompanhado do número de medidas efectuadas. No caso em que o número de dados é pouco numeroso ($n < 10$), deve substituir-se na expressão de σ o denominador n por $n-1$:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

A demonstração desta expressão, denominada correcção de Bessel, encontra-se nas Refs. [5-7]. É fundamental que, ao apresentar o valor de σ , se indique a definição utilizada.

MEDIÇÕES INDIRECTAS

No caso de uma grandeza depender de outras grandezas, cada uma afectada da sua incerteza, o cálculo da incerteza final é diferente.

Considere-se, em geral, uma grandeza X que é função de m outras grandezas: $X = f(x_1, x_2, \dots, x_m)$. O desvio máximo de X é dado por

$$\Delta X = \sum_{i=1}^m \left| \frac{\partial X}{\partial x_i} \right| \Delta x_i$$

É necessário tomar o valor absoluto das derivadas parciais. Caso contrário, quando estas fossem negativas, um desvio elevado reduziria o erro no resultado final. Esta expressão dá-nos o valor máximo da incerteza absoluta da grandeza X . É a expressão indicada quando dispomos de um número muito reduzido de medições ($n < 10$). Contudo, quando este número é mais alargado ($n > 10$), utiliza-se para o cálculo da incerteza mais provável

$$\Delta X = \sqrt{\sum_{i=1}^m \left(\frac{\partial X}{\partial x_i} \right)^2 (\Delta x_i)^2}$$

Vejamos alguns casos particulares que podem ser utilizados pelos alunos que ainda não sabem cálculo diferencial.

Soma ou subtração

• *A incerteza absoluta de uma soma ou subtração de duas medidas é a raiz quadrada da soma dos quadrados das incertezas absolutas das parcelas (se $X = A + B$ então $\Delta X = \sqrt{\Delta A^2 + \Delta B^2}$)*

Por exemplo, a soma de $A = (2,00 \pm 0,05)$ cm com $B = (1,80 \pm 0,02)$ cm dá

$$A + B = (2,00 + 1,80) \pm \sqrt{0,05^2 + 0,02^2} \text{ cm.}$$

Logo, $A + B = (3,80 \pm 0,05)$ cm.

Multipliação ou divisão

• *A incerteza relativa de um produto ou quociente é igual à raiz quadrada da soma dos quadrados das incertezas relativas dos factores*

$$\left(\text{se } X = A \times B, \text{ então } \frac{\Delta X}{X} = \sqrt{\left(\frac{\Delta A}{A} \right)^2 + \left(\frac{\Delta B}{B} \right)^2} \right).$$

Vejamos, por exemplo, o cálculo da massa volúmica $\rho = m/V$. Se $m = 0,998 \pm 0,006$ kg e $V = 1,025 \pm 0,020$ dm³, então

$$\Delta_r m = \frac{\Delta m}{m} = \frac{0,006}{0,998} = 0,006 = 0,6\%$$

$$\Delta_r V = \frac{\Delta V}{V} = \frac{0,020}{1,025} = 0,020 = 2,0\%$$

Logo,

$$\Delta_r \rho = \frac{\Delta \rho}{\rho} = \sqrt{0,006^2 + 0,020^2} = 0,021$$

Mas

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{0,998}{1,025} = 0,974 \text{ kg/dm}^3$$

Logo, $\Delta \rho = \rho \times \Delta_r \rho = 0,974 \times 0,021 = 0,020$.

E o resultado final é $\rho = 0,974 \pm 0,020$ kg/dm³.

Convém notar que é prática comum no ensino secundário fazer directamente a soma das incertezas (absolutas ou relativas, consoante o caso) em vez de utilizar o quadrado das mesmas. Este procedimento é válido se o número de medições for muito pequeno mas, em particular se existirem muitas parcelas, contribui para um valor exagerado do erro. Na nossa opinião, é pedagogicamente aconselhável que os alunos efectuem uma análise estatística aprofundada dos seus dados, mesmo com poucas medições ($n \geq 5$).

GRÁFICOS A DUAS DIMENSÕES

Sempre que uma função se escreva na forma $y = mx + b$, com m a grandeza a determinar, o gráfico de y em função de x permite conhecer essa grandeza, que é o declive. Por exemplo, na posição de um móvel em função do tempo, o declive do gráfico dá-nos directamente o valor numérico da velocidade.

A determinação de uma grandeza calculando o declive de um gráfico é, geralmente, preferível à utilização de médias. Em geral, o gráfico resultará numa nuvem de pontos dispostos aproximadamente em linha recta. O gráfico:

- permite-nos, com escalas adequadas nos eixos, analisar a precisão da experiência por simples observação; quanto mais dispersos estiverem os pontos em relação à recta teórica, menor será a precisão.

- permite-nos excluir os pontos que se afastem nitidamente da recta devido a ruídos ou outros erros acidentais; estes pontos poderiam aumentar consideravelmente os erros.

- permite-nos identificar a zona na qual a expressão linear é válida.

Hoje em dia, uma máquina de cálculo científico permite, por regressão linear, calcular a melhor recta que passa por esses pontos. Mas, uma pessoa experiente pode traçar

manualmente essa recta. Ela passa pelo chamado centro de gravidade, ou *centróide*, que tem por coordenadas as médias das ordenadas e das abcissas (\bar{x}, \bar{y}) . Note-se que a recta mais provável pode não conter nenhum dos pontos determinados experimentalmente. O declive pode ser determinado usando dois pontos da recta afastados entre si (na recta e não dos valores experimentais)

$$m = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$$

Para medir a precisão, usa-se o *coeficiente de correlação linear* de Pearson,

$$r = \frac{C_{x,y}}{\sigma_x \sigma_y}$$

onde σ_x e σ_y são o desvio padrão de cada uma das variáveis x e y , respectivamente, e

$$C_{x,y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})y_i$$

é a covariância ou variância conjunta das variáveis [1]. O valor de r varia entre -1 e 1. Nestes valores extremos a correlação é perfeita, significando que todos os pontos estão em linha recta. Se $r = 0$, não existe correlação linear entre os pontos e a dispersão é absoluta. Numa experiência precisa, a correlação deverá (em valor absoluto) ser igual ou superior a 0,9. O valor de r , bem como as incertezas do declive e da ordenada na origem, são dados por qualquer calculadora científica.

Ao desenhar o gráfico em papel milimétrico é necessário ter cuidado com a escala de cada eixo. Podemos tentar que o algarismo onde reside a incerteza do valor corresponda à parte incerta da marcação, isto é, ao espaço entre cada milímetro. Por exemplo, para marcar a abcissa 2,13 V, podíamos utilizar uma escala 1 V : 1 cm. Contaríamos 2 cm (2 V), depois o traço de 1 mm (2,1 V) e seguidamente marcaríamos aproximadamente as décimas de milímetro (2,13 V). Se o valor fosse 2,1345 V, para que as décimas de milésimas de volt (o algarismo 5) ficassem nessa zona de incerteza, cada milésima de volt do gráfico teria de corresponder a 1 mm no papel. Logo, ao volt corresponderia 1 m! É óbvio que, com esta precisão, só podemos utilizar este gráfico se o intervalo de valores for suficientemente pequeno. Caso contrário, temos de nos limitar à maior escala possível.

Se, pelo contrário, conseguirmos visualizar no gráfico a incerteza associada a cada valor experimental, poderemos associar a cada ponto as respectivas barras de erro (horizontais e verticais). Traçamos manualmente duas rectas prováveis que estejam contidas nos extremos das barras de erro (e que passem pelo centróide) e, analisando cada uma das rectas, determinamos o valor médio do declive e da ordenada na origem e respectivas incertezas.

ALGARISMOS SIGNIFICATIVOS

Vamos agora analisar as regras básicas a ter em conta na apresentação de resultados.

Como vimos, 3,00 m ou 300 cm têm ambos três algarismos significativos. A mudança de unidades não altera o número de algarismos significativos (a medida é a mesma, pelo que a precisão é igual). Assim, se 3 cm tem um algarismo significativo, também 0,03 m tem apenas um. Podemos concluir então que:

- *Devem ser contados como significativos todos os algarismos, a partir do primeiro à esquerda que seja diferente de zero.*

Por exemplo, 0,0025 tem 2 algarismos significativos e 2500 tem 4.

O resultado de uma medição deve ser sempre indicado com o número de algarismos significativos correcto mesmo que o último, lido por estimativa, seja zero! A forma mais adequada de representar uma medida física é a notação científica. Coloca-se a vírgula no primeiro algarismo diferente de zero e multiplica-se por uma potência inteira de base 10. Por exemplo, $0,0025 = 2,5 \times 10^{-3}$. As potências não contam como algarismos significativos. No ensino secundário é comum considerar-se que:

- *Se o primeiro algarismo for igual ou superior a 5 deve contar como 2 algarismos.*

Por exemplo, $4,65 \times 10^{-5}$ tem 3 algarismos significativos, mas $6,022 \times 10^{23}$ teria 5 algarismos significativos.

Esta regra não é universal, não sendo adoptada por muitos professores. Como não é, em geral, o critério adoptado no ensino superior, desaconselha-se a sua utilização no secundário, mesmo levando em conta a sua referência em diversos livros de texto.

ARREDONDAMENTOS

Existem duas correntes no que se refere a arredondamentos. A primeira, seguida nos computadores e máquinas de calcular, usa as seguintes regras:

- *Se a casa decimal, imediatamente a seguir à escolhida para última, for 5, 6, 7, 8 ou 9, aumenta-se uma unidade à casa decimal escolhida.*

- *Se a casa decimal, imediatamente a seguir à escolhida, for 0, 1, 2, 3 ou 4, deixa-se a casa decimal escolhida inalterada.*

A segunda corrente, conhecida pela regra do número par, é idêntica à primeira excepto quando logo a seguir à casa escolhida aparecer um 5, ou um 5 seguido apenas de zeros. Neste caso:

- *Se a casa decimal imediatamente a seguir à escolhida for um 5, ou um 5 seguido de zeros, aumenta-se uma unidade*

à casa decimal escolhida se esta for ímpar, e mantém-se esta inalterada se ela for par (por exemplo, $3,5 = 4$ mas $4,5 = 4$).

Note-se que esta regra só se utiliza se não existirem algarismos diferentes de zero após o 5 a desprezar ($6,5 = 6$ mas $6,500\ 001 = 7$). Os alunos poderão achá-la injusta uma vez que, ao reduzir as suas notas às unidades, um aluno com 13,5 e um com 14,5 teriam o mesmo resultado final: 14 valores. No entanto, é esta a regra definida pelas normas portuguesas [8].

A razão desta regra prende-se com a necessidade de, sendo impossível saber se o valor a arredondar tem erro por excesso ou por defeito, encontrar um procedimento que conduza a arredondamentos tanto para cima como para baixo. Assim evita-se que as médias de valores arredondados venham a apresentar erros sistemáticos num ou noutro sentido.

Se tivermos conhecimento de que uma dada leitura está afectada de um erro, seja por excesso ou por defeito, devemos considerar essa informação ao efectuar o arredondamento. Mas, se desconhecermos o tipo de erro e se os números arredondados forem utilizados posteriormente, então já se justifica a utilização desta regra. Se o arredondamento se restringir a um único número, como é muitas vezes o caso, devemos utilizar a primeira regra e arredondar a casa decimal anterior ao 5 para cima, independentemente do algarismo aí presente.

OPERAÇÕES ALGÉBRICAS

Ao efectuar um cálculo, dispomos em geral de valores com números diferentes de algarismos significativos. Como devemos apresentar o resultado?

Multiplicações e divisões:

- *Numa multiplicação ou divisão o resultado deve ter o mesmo número de algarismos significativos que o termo com menos algarismos significativos.*

Assim, no cálculo da área de uma folha ($A = 29,70 \times 21,0 \text{ cm}^2$), o resultado $623,7 \text{ cm}^2$ deveria ser reduzido para $6,24 \times 10^2 \text{ cm}^2$ de modo a manter apenas 3 algarismos significativos.

Existe, embora raramente seja referida, uma excepção a esta regra [9]:

- *Quando o factor com maior número de algarismos significativos começa pela unidade e o factor com menor número de algarismos começa por outro algarismo (particularmente se for superior a cinco), o resultado pode ser apresentado com mais um algarismo do que o factor com menor número de algarismos.*

Por exemplo, na multiplicação $13,27 \times 0,84 = 11,1468$, o resultado pode ser apresentado como 11,2 (com 3 algarismos) em vez de apenas 11.

Adições e subtracções:

Estas operações causam alguma confusão aos alunos, na medida em que eles decoram que devem manter o número de algarismos significativos. Mas suponhamos que, com a mesma fita métrica, medimos 1,34 cm e 525,36 cm. Será que, ao adicionar os dois valores (526,70 cm), devemos reduzir o número de algarismos significativos? Não têm ambos a mesma incerteza (nas décimas de milímetro), uma vez que foram obtidos com o mesmo instrumento de medida? De facto nestes casos:

- *O número de casas decimais do resultado de uma adição ou subtracção é igual ao do termo com menor número de casas decimais.*

Por exemplo, ao somar 1,223 com 3,1 (o resultado é 4,323) devemos apresentar apenas uma casa decimal, isto é, 4,3.

Em cálculos complicados, para que as diversas aproximações não se reforcem, elevando o erro, os resultados só devem ser arredondados no final dos cálculos. Nos cálculos intermédios, deve ser sempre mantido pelo menos mais um algarismo significativo do que o previsto para o resultado final.

DÚVIDAS E CASOS PARTICULARES

Vejam agora algumas dúvidas de professores e alunos quanto a estas regras.

Suponhamos que medimos dois valores: $A = 113,15 \pm 0,05$ e $B = 4,2 \pm 0,5$. Qual é a incerteza na adição destes dois valores? É $\Delta(A+B) = 0,50$, isto é, da ordem da primeira casa decimal. Por isso, basta considerar neste caso o menor número de casas decimais.

E na multiplicação? Porque devemos considerar algarismos significativos e não casas decimais? Vejam um exemplo: se tanto $A = 100,00 \pm 0,05$ (cinco algarismos significativos e incerteza relativa $\Delta_r A = 0,0005$) como $B = 1,00$ (três algarismos significativos e incerteza relativa $\Delta_r B = 0,05$) têm duas casas decimais, por que razão não pode o produto AB vir com duas casas decimais? A incerteza relativa de AB , pelas regras apresentadas, será 0,0500 que, multiplicada por AB , origina a incerteza absoluta $\Delta AB = 5,00$. O resultado final será então $AB = 100,00 \pm 5,00$. Com incerteza já nas unidades, não faz qualquer sentido considerar mais casas decimais. Assim, devemos tomar o menor número de algarismos significativos e $AB = 1,00 \times 100,00 = 100$ (três algarismos significativos).

Mas porquê a excepção a esta regra? Vejam outro exemplo semelhante: se $A = 13,27 \pm 0,05$ e $B = 0,84 \pm$

0,05, $AB = 11,2$ (de acordo com a regra, o resultado deveria ser apresentado com dois algarismos significativos). Basta calcular a incerteza absoluta deste produto para ver que $\Delta AB \approx 0,7$. Se só existe erro na primeira casa decimal, não há necessidade de arredondar o valor para 11 de forma a manter apenas dois algarismos. Assim, $AB = 11,2 \pm 0,7$.

É possível que a contagem dos números iniciados por cinco ou superior com um algarismo significativo a mais tenha tido origem na aplicação descuidada desta excepção.

A insistência em contar um algarismo a mais pode levar a casos absurdos: Se $A = 2$ e $B = 4$, o produto $AB = 8$ terá, de acordo com essa regra, sempre um algarismo significativo a mais!

Esta abordagem é meramente exemplificativa, podendo encontrar-se facilmente contra-exemplos para o que foi aqui exposto.

Em última análise, tem de imperar o bom senso e a compreensão do que cada valor e respectivos erros representam. Num trabalho laboratorial, mais importante do que submetermo-nos cegamente a regras e convenções não universais sobre algarismos significativos, é a análise cuidada das incertezas de medição e respectiva propagação nos resultados. Se apresentarmos os resultados de acordo com a respectiva incerteza podemos estar certos que o número de algarismos será adequado.

CONCLUSÃO

Apresentei várias regras sobre erros e algarismos significativos, acompanhadas de exemplos simples, que os alunos podem entender e adoptar. A maioria destas regras faz parte do programa de Matemática, ou de Métodos Quantitativos, do 10º ano de escolaridade. Devido à falta de interdisciplinaridade do nosso ensino os alunos não aplicam o que aprendem em Estatística no seu trabalho laboratorial. Seria desejável que a Estatística, pelo menos quando ensinada no agrupamento científico-natural, deixasse um pouco os exemplos típicos das ciências humanas e fosse mais fértil nas aplicações às ciências naturais.

Muitas das leis apresentadas estão devidamente regulamentadas, quer pelo Instituto Português de Qualidade (IPQ) [10], quer pela International Organization for Standardization (ISO) [11]. O acesso às normas publicadas por esta última é difícil para quem viva longe de Lisboa. Pela Internet só se pode efectuar a encomenda das normas (a um preço elevado).

BIBLIOGRAFIA

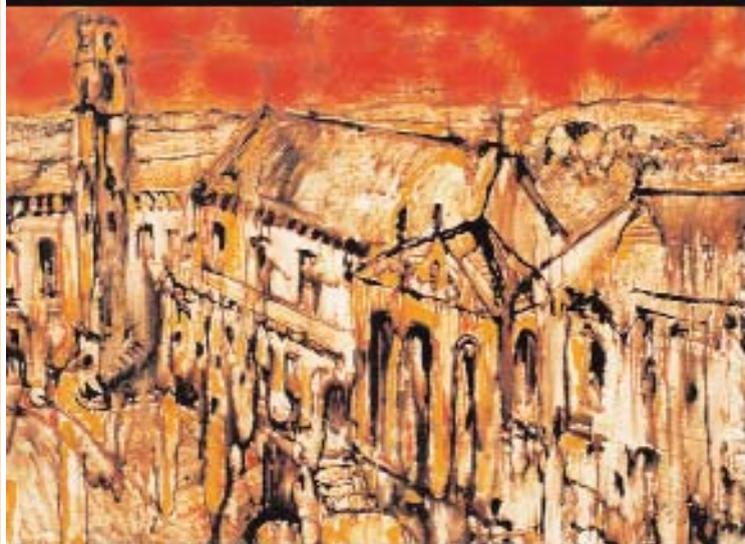
- [1] Neves, Maria Augusta e Brito, Maria Luísa, *Matemática (10º Ano)*, Vol. 1, Porto Editora, 1994.
- [2] Neves, Maria Augusta, *Matemática (10º Ano)*, Vol. 3, Porto Editora, 1998.
- [3] Lima, Yolanda e Gomes, Francelino, *XeqMat (10º Ano)*, Editorial O Livro, 1992.
- [4] Lipschutz, Seymour, *Probabilidade*, Editora McGraw-Hill do Brasil, 3ª edição, 1972
- [5] Rabinovich, Semyon, *Measurement Errors*, American Institute of Physics, 1995.
- [6] Topping, J., *Errors of observation and their treatment*, Chapman and Hall, 1972.
- [7] Taylor, John R., *An introduction to error analysis*, University Science Books, 1982.
- [8] Norma NP-37 - *Arredondamento dos valores numéricos*, IGPAI (IPQ), 1961.
- [9] Yavorski, B. M. e Detlaf, A. A., *Prontuário de Física*, 2ª edição, Editora Mir, 1990.
- [10] IPQ: <http://www.ipq.pt>
- [11] ISO: <http://www.iso.ch/iso/en/ISOOnline.opener-page>

CENTRO DE FÍSICA DAS INTERACÇÕES FUNDAMENTAIS

Instituto Superior Técnico

- > Projectos de investigação em Física de Partículas, Física Nuclear, Física Hadrónica, Física da Matéria Condensada, Relatividade e Cosmologia, Geometria Diferencial e áreas afins.
- > Teses de Mestrado e Doutoramento com uma formação internacionalmente competitiva.
- > 33 membros doutorados.

Visite a nossa página <http://cfif.ist.utl.pt>



Centro de Física Computacional

Partículas e Campos
Matéria Condensada
Geofísica
Ensino e História das Ciências

Escola de Física Computacional

Departamento de Física
Universidade de Coimbra
3004-516 Coimbra

<http://cfc.fis.uc.pt>
Tel: 239410600
Fax: 239829158

Palestra proferida no encontro "Teias Matemáticas" realizado em 2001 no Departamento de Matemática da Universidade de Coimbra. Os textos desse encontro irão sair numa edição conjunta da Gradiva e da Imprensa da Universidade de Coimbra. O autor, crítico de arte, é licenciado em Ciências Físico-Químicas pela Universidade de Lisboa e professor de História da Arte na Faculdade de Letras da mesma Universidade. A "Gazeta" agradece ao autor e aos editores a autorização para a pré-publicação deste texto.

RUI MÁRIO GONÇALVES

Rua da Sociedade Farmacêutica, n.º 54, 1.º
1150 Lisboa

A ARTE E A CIÊNCIA NO SÉCULO XX

Dirijo-me aos géometras, cuja fecunda imaginação os leva a construir muitas geometrias. Qual delas escolher? Os físicos são talvez aqueles que mais depressa e melhor juntam os dados da experiência à matemática. Para os físicos, não basta que lhes falemos em n dimensões. Os físicos querem saber como é que concretamente as dimensões são *efectuadas*. E os artistas querem saber como é que elas são *sentidas*.

A arte do desenho e suas derivadas, como a pintura e a escultura, precisa também de adoptar uma geometria para ser coerente no seu modo de comunicação, visual ou táctil. O artista descobre as geometrias na sua necessidade de *expressão*.

Evocarei a expressividade mais imediata, nas formas mais elementares, para ser mais claro. Essas formas servem porém as construções mais complexas do espírito, assim como servem os registos dos impulsos vitais.

As palavras *deformação* e *informal* são frequentes no actual estado efémero da crítica de arte. Vamos também utilizá-las, embora saibamos que a arte procura a boa forma. Esteticamente incorrectas, o uso frequente das palavras *deformação* e *informal* revelam que estamos passando de uns critérios formais a outros: novos critérios que se definirão claramente quando houver melhor encontro entre géometras, físicos e artistas. O que é desejável e, felizmente, possível.

A arte e a ciência dos nossos dias têm algumas origens comuns. São ambas filhas da experiência e do livre pensamento. Porém, a arte e a ciência são frequentemente referidas, mesmo pelos seus praticantes, como actividades

O estetólogo Henri Focillon, que, como filósofo e historiador da arte, poderia satisfazer-se com a lógica dos conceitos e com a contemplação dos objectos artísticos, faz o elogio da mão, mostrando que ela não é apenas a serva obediente do cérebro, mas, sim, uma colaboradora arrojada na investigação da ordem universal, elaborando dados da observação e da expressão, que não existiriam sem ela. Focillon escreveu no seu mais famoso livro, intitulado "A Vida das Formas":

Sem as mãos nunca teria havido geometria, pois são necessários traços e círculos para se especular sobre as propriedades da extensão. Antes de poder reconhecer pirâmides, cones, espirais nos cristais e nas conchas, foi ou não necessário que as formas regulares tivessem sido previamente simuladas pelos homens, no ar ou sobre a areia?

absolutamente distintas. E a sociedade actual, que se desenvolve através da especialização dos seus componentes, deixa cavar o fosso existente entre artistas e cientistas, colocando-os em funções sociais que tendem, cada uma delas, a minorizar as contribuições das outras.

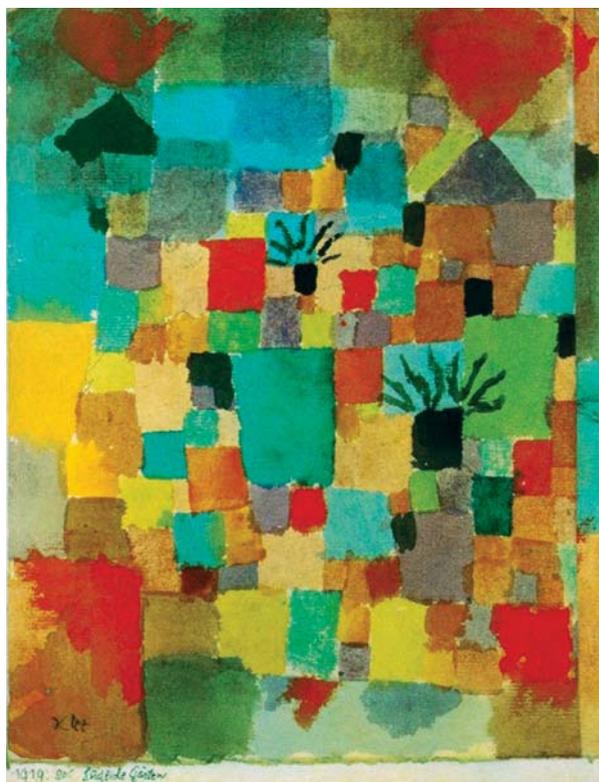
Mas se, por um momento, considerarmos as contribuições admiráveis, quer da arte, quer da ciência, poderemos reparar que ambas (cada uma a seu modo e às vezes, sem o saberem, de modo análogo) ajudam a modificar a consciência humana, através do simples exercício da liberdade de pensamento e da difusão da experiência.

Algumas pessoas pensarão que é utópico propor a conjugação da arte e da ciência. Para um crítico de arte é, concretamente, um projecto viável.

Vou-me limitar a apresentar algumas situações análogas existentes na visão que o cientista e o artista fazem do mundo, enquanto agentes livres.

Desde logo, chamo a atenção para a diferença entre os modelos paradigmáticos da pintura no século XIX e no século XX, sendo o primeiro estático e o outro fluido. Um separava o espaço do tempo. O actual não separa. Isto significa que as artes do desenho passaram a introduzir o tempo nas suas sugestões de espaço. Assim, o século XIX adoptou Ingres como modelo, enquanto o século XX encontrou em Paul Klee um dos seus artistas-teóricos mais fecundos, cuja arte rivaliza com a música, a arte do tempo interior. O próprio Klee declarou:

Diz-se que Ingres introduziu a ordem no repouso. Eu gostaria de introduzir, para além do pathos, a ordem no movimento.



Klee

Qualquer quadro de Paul Klee é feito de uma maneira voluntariamente elementar, para que nós possamos adivinhar a sua feitura e, nessa contemplação activa, partilhar a gênese da visão encantatória do artista. No século XX, Klee e muitos outros artistas não mostram o mundo feito, mas em devir.

Mas, já no final do século XX, a mão e o cérebro pediram auxílio às máquinas, para compreender as formas. E alguns bailarinos dançaram com robôs.

Porém, nem sempre é em dias de paz que as conquistas da arte e da ciência chegam ao grande público.

A técnica, bruscamente desenvolvida durante a Segunda Guerra Mundial, acelerou o tempo exterior. Atingiu-se então uma situação de ruptura entre o mundo mecanizado e a natureza. Passou-se a exigir dos homens um esforço excessivo de adaptação. Tornou-se necessário encontrar revigorantes modos de compensação e de auto-identificação. Verificou-se então, no domínio pictórico, uma intensificação da arte imediata, manifestação do tempo interior, como o gestualismo de Hartung e outros abstraccionismos que recusam as formas da geometria euclidiana que, entretanto, predominava na técnica. O que até então parecia surgir unicamente da experiência individual de um Joan Miró, de um Henry Moore ou de um Hans Hartung passou a constituir a urgência expressiva colectiva. Hartung escreveu: *Quanto mais longe entrarmos em nós mesmos, mais clara e mais imperativa será a imagem que podemos dar das nossas sedimentações interiores, e também mais universal será a nossa expressão.*

O gestualismo e outras tendências abstractas que rejeitam as formas da geometria euclidiana desenvolveram-se por toda a parte, na Europa de Hartung, na América de Pollock, no Japão de Inoue, etc. O caso japonês é particularmente interessante, porque esta vanguarda reactivou antiquíssimas tradições da arte da caligrafia.



Pollock

Estes informalismos constituíram, de facto e imprevisivelmente, o primeiro movimento vanguardista planetário, sucedendo às intenções universalistas dos abstraccionismos geométrico-euclidianos. Os *informalismos* puderam então corresponder aos expressionismos iniciados por Van Gogh e outros no final do século XIX, época essa em que também se sentiu com extrema agudeza, tal como agora, o mal e o bem da aceleração técnica e industrial; os informalismos puderam também corresponder à tábua-rasa *dada* e às premonições surrealistas. Os informalismos, que radicalizaram práticas abstraccionistas e engendraram novos figurativismos, com Dubuffet, tiveram inicialmente importância como protesto (era o NÃO que era audível ruidosamente); mas, activando as capacidades formativas instintivas, os informalismos despertaram intuições de geometrias não-euclidianas (era um SIM que se balbuciava).



Herbin

Comparemos uma pintura euclidiana de Herbin com uma informalista de Jean Dubuffet.

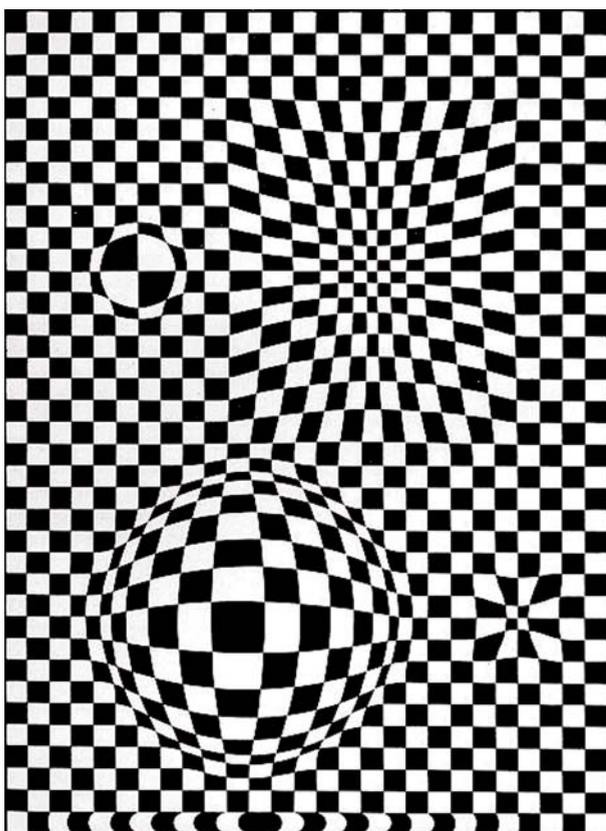
Na passagem de Herbin para Dubuffet, reparamos que a pintura foi deixando de ser um plano onde se projectam formas concebidas previamente, para se afirmar como superfície sensível, texturada, lugar da acção táctil das mãos ou do corpo inteiro. Enquanto os abstractogeométricos (euclidianos) permaneceram essencialmente relacionados com o exclusivamente visual, os não-euclidianos passaram a relacionar-se com o palpável; uns procuravam a *harmonia*, outros manifestavam a *vitalidade*. Geralmente, os euclidianos herdaram do Renascimento a



Dubuffet

noção de forma fechada concebida num espaço estático puramente visual. Mas, no século XX, desde o cubismo, esse espaço estático e monocular, foi substituído pela imagem de ritmo, pela pluri-focalidade e pela polissensorialidade.

No caso de Vasarely, as suas formas euclidianas, em si mesmo estáticas, são associadas de um modo regrado que intensifica a interação das cores e das formas, transmutando-as em *energia* e movimentando virtualmente os volumes sugeridos.



Vasarely

Do lado dos informalistas, também o informalismo matemático de Dubuffet é estático. Mas o informalismo torna-se dinâmico no gestualismo de Georges Mathieu. E, neste gestualista, pode reparar-se na semelhança grafológica entre as pinceladas das suas pinturas e a rápida rubrica fortemente personalizada do próprio artista. Uma ordenação exclusivamente baseada no tempo, e, neste caso, no tempo interior, manifestado através dos gestos espontâneos, substituiu a ordenação exclusivamente visual dos euclidianos, tanto a ordenação estática, como a ordenação dinâmica.

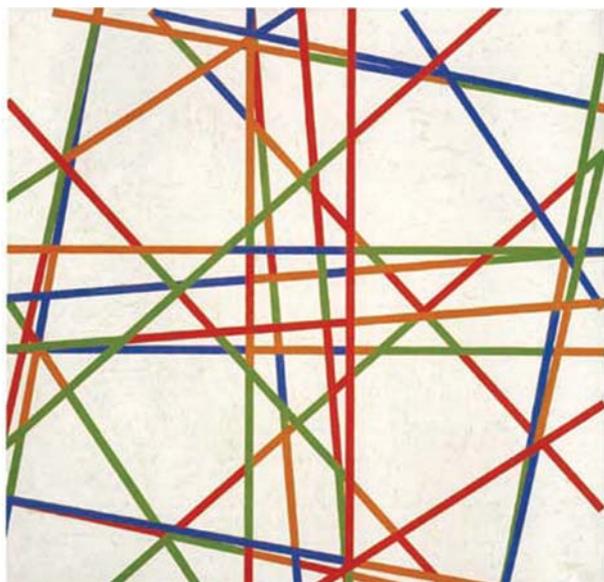
De certo modo, a nível teórico, esta distinção entre euclidianos e informalistas seguiu a tradicional oposição da forma e da cor, do contorno e da mancha livre, do intelecto e do sensorial.

Uma forte sugestão de elasticidade constitui a expressividade e o sentido de ordenação a partir da cor e do traço impulsivo de Van Gogh e de Matisse. Repare-se nas modificações formais de Van Gogh exigidas pelos acertos das áreas de cor. Nestes acertos de Van Gogh, como nos de Cézanne, pode começar a detectar-se uma *geometria da cor*. Paul Cézanne estava consciente desta nova apreensão das formas e do espaço, quando disse a Emile Bernard: *Ao mesmo tempo que se pinta, desenha-se. Quanto mais harmónica se torna a cor, mais nítido é o desenho. Quando a cor atinge a sua riqueza máxima, a forma atinge a máxima plenitude. No contraste e harmonia dos tons reside o segredo do desenho e daquilo que é modelado* (in Souvenirs sur Paul Cézanne - Cartas e Entrevistas, Paris, 1912).

É claro que os contemporâneos de Van Gogh e Cézanne achavam que eles não sabiam desenhar, que eram desajeitados. Na realidade, eles estavam a adivinhar uma nova maneira de compreender as formas espaciais e simultaneamente inventavam um mais alargado tipo de registo, profundamente expressivo tanto dos dados emocionais como intelectuais. Esse tipo de registo tende a transformar a arte do desenho numa espécie de escrita. Repare-se na analogia entre desenho e caligrafia de Van Gogh, que revela uma noção de forma que se aproxima da arte japonesa. Reveja-se a deformação topológica de Matisse nas suas figuras aderentes ao plano. Algumas parecem ter sido desenhadas numa superfície elástica, como um balão que depois fosse inchado pelo sopro, mostrando a sua alteração contínua, sem rupturas.



Gabo



Martin

Na problemática da pesquisa de estruturas formais coerentes, é oportuno (e saboroso) lembrar algumas palavras do cientista Henri Poincaré: *Suponhamos um modelo qualquer e a cópia desse modelo recopiado por um desenhador desajeitado; as proporções são alteradas; as rectas traçadas por uma mão trémula sofrem desvios desagradáveis e apresentam curvaturas desastradas. Do ponto de vista da geometria métrica, mesmo da geometria projectiva, as duas figuras não são equivalentes; elas são-no, pelo contrário, do ponto de vista da Analysis situs.*

A escolha das geometrias é importante no conjunto das convenções em que terá de apoiar-se a nova visão, em correlação com as concepções de espaço-tempo-matéria que forem usadas na vida prática e nas estruturas científicas. O homem já não se considera o centro do universo; mas, na sua vida quotidiana, a substituição da natureza pela artificialidade dá-lhe uma responsabilidade temporal

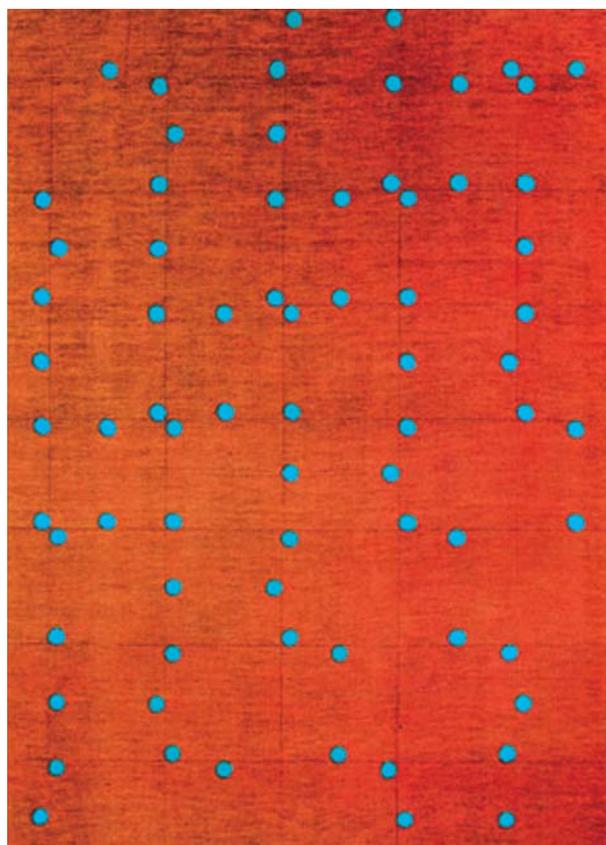


Bill

inédita e muito grande. Basta pensar nos actuais problemas ecológicos e no *stress* das grandes cidades. Sem dúvida, é entretanto mais fácil verificar a relação entre a pintura ou escultura de execução controlada e a técnica, na medida em que ambas utilizam disciplinas comuns emanadas da ciência feita. É, por exemplo, o caso de Gabo, que corporiza superfícies geradas matematicamente. É também o caso de uma escultura-móvel do inglês Kenneth Martin. É uma escultura pendurada que gira incessantemente. É, portanto, uma forma geométrica, regrada, que integra o tempo. E há também esculturas deste género, como as de Max Bill, que representam modelos que serviram algumas reflexões de ordem topológica, como a superfície de Möbius.

Em novo tipo de *trompe-l'oeil*, Vasarely constrói volumes e perspectivas contraditórias, que, aniquilando-se mutuamente, reintegram o plano das duas dimensões. Essas perspectivas contraditórias, com a sua força gestáltica, conduzem a uma vibração, nos limites euclidianos. Leis estatísticas organizam estes quadros, e as formas volumétricas sugeridas precisam de tempo para vibrarem.

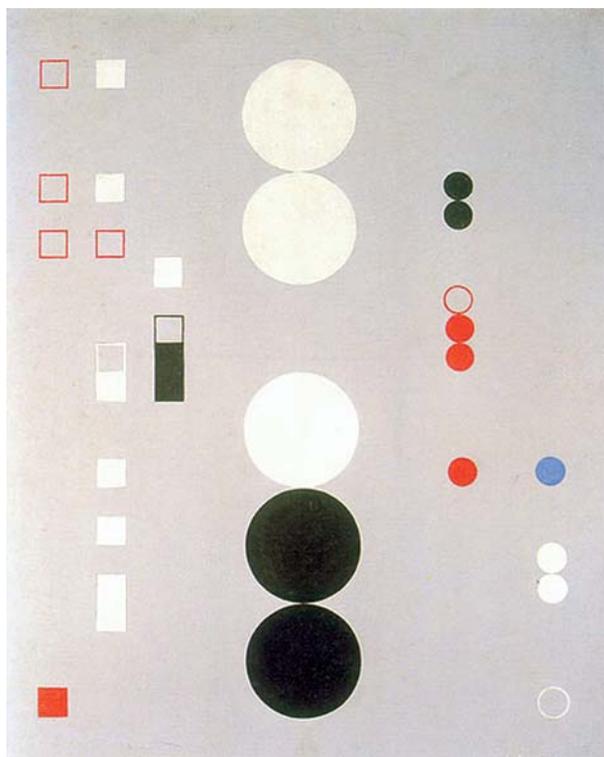
A vibração óptica é rapidamente alcançada nas pinturas do americano Larry Poons. Numa das suas pinturas *op*, as pintas azuis são fortemente contrastantes com o fundo cor de laranja. Agridem a retina. O cérebro reage, e a



Poons

percepção saltita, entre as diversas estruturas de arrumação das pintas azuis. Estas diversas sub-estruturas estão dissimuladas, porque estão sobrepostas.

Num quadro de Sophie Taueber-Arp, Max Bill descobriu várias organizações simples simultâneas. Algumas destas sub-estruturas são percebidas com muita frequência, outras com pouca frequência, conforme o momento da contemplação. Sophie Taueber-Arp e outros artistas da mesma tendência vanguardista têm uma intuição muito viva destas leis estatísticas da percepção.



Taueber-Arp

Às tensões provocadas por estas rebuscadas contradições do acto da percepção juntam-se muitos outros dados psico-físicos, criando-se um movimento virtual nesta arte de efeitos ópticos violentos. Estes efeitos são universais. *A obra age sobre o aparelho psico-físico perceptivo, e não sobre a base psicológica cultural do espectador*, diz Mestrovic, que caracteriza ainda estas pesquisas como apresentadoras de *formação* e não *formas*. Sugere-se a desmaterialização do suporte para o reencontrar como campo de energia. Há quadros de Vasarely que se nos apresentam como campos de pura energia luminocromáticas. Vasarely levou ao máximo de energia as descobertas ópticas dos cientistas e dos pintores do século XIX, nomeadamente Chevreul e os impressionistas.

Ao referir-se às quatro dimensões, é significativo que Vasarely prefira falar do espaço a partir do tempo, ou seja, para ele, o tempo não é a quarta dimensão, mas a

primeira. Diz ele: *O espaço é o lugar de um fenómeno que se realiza ao longo do tempo*. Também os físicos, actualmente, preferem definir metro-padrão a partir de um período de tempo: o espaço será medido em função da constância da velocidade da luz no vazio. O tempo mede o espaço. A matéria fornece o relógio atómico, com seus rigorosos períodos de desintegração. Repito: com o comportamento da matéria mede-se o tempo, e com o tempo mede-se o espaço. Instaura-se deste modo uma nova correlação dos enquadramentos mentais com que os homens encaram o mundo.

Na pintura, desde o início da sua moderna evolução cromática, com o Impressionismo, instaurou-se o processo de produção de efeitos de luz devido à interacção das cores puras, produção que exige um certo tempo de percepção. E o espaço transformou-se em campo de energia lumino-cromática.

Onde os não-euclidianos são mais radicais é na vontade de revelação do próprio processo pictórico que inclui o sujeito, pelo que a arte deles assume talvez a consciência mais aguda da necessidade de manter na nossa época tecnicista a intencionalidade estética. Na pintura de Pollock estão registados os signos tal como nasceram da acção do corpo inteiro, numa prática irreductível à repetição mecânica, desencadeadora porém das capacidades expressivas espontâneas que permitem renovar perpetuamente a



Takis

criação e a contemplação estéticas, subjectivamente dinâmicas. É por aqui que arte de hoje estará talvez na raiz de ciências futuras, assim como a arte de ontem não deixou de ter dado a sua contribuição para o aparecimento das ciências actuais. Eis a razão pela qual é já muito significativa a relação desta arte com a topologia e mesmo com geometrias mais recentes. Por vezes, a arte é uma presciência. Almada Negreiros tinha a convicção de que *a arte precede a ciência, a perfeição precede a exactidão*.

De qualquer modo, através da arte actual, está-se longe do espaço estático do Renascimento, está-se longe da concepção do quadro concebido como janela, está-se longe da redução do observador a um olho fixo. Está-se também longe das pinturas e esculturas concebidas como ilustrações.

O aparecimento de novos objectos artísticos com movimento real não reaproxima a arte de qualquer tipo de ilustração. Alguns artistas utilizam forças electromagnéticas (Takis) e as suas obras familiarizam o público com a multiplicidade dos *campos de forças*. Van Thienen utiliza o vento e o som. Também no âmbito da *Colour Field Painting*, Barnett Newman afirma o valor plano flat, da pintura. Os quadros de Barnett Newman têm grandes dimensões, para que ocupem muito espaço real e as cores envolvam o espectador. Neste campo de energia cromática, o espectador não tem apenas uma reacção fisiológica, mas também espiritual. A verticalidade exprime o sublime. Barnett Newman negou a estabilidade da pirâmide numa alongada escultura em aço inoxidável. É um



Newman



Smith

obelisco invertido, que se torna indefinido na sua vertical ascendente. O aqui e agora, onde o observador se encontra, está em contacto imaginário com o infinito da abóbada celeste.

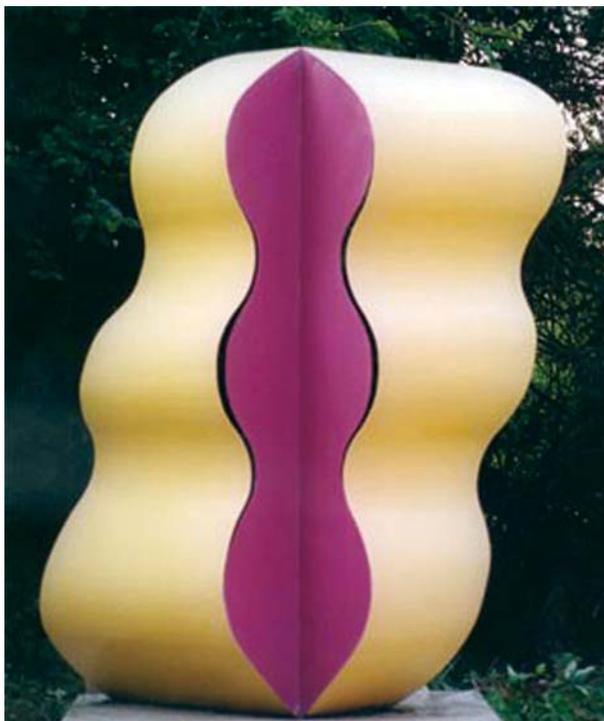
Com as viagens inter-planetárias, à medida que o homem deixa de sentir como constante a força gravítica, também deixa de ter necessidade de fazer obedecer os sinais espaciais à vertical (força gravítica na vida habitual) e à horizontal (base).

Precedendo Newman, David Smith tinha já concebido esculturas que, intensificando o dinamismo dos seus



Caro

signos, ou subindo-os muito, contrariaram o tipo de concepção escultórica que parte do necessário equilíbrio de massas em relação à vertical e à base de sustentação. Como se sabe, a existência de um pedestal tem mantido o cariz antropomórfico da escultura moderna, dificultando o seu desenvolvimento abstraccionista. Depois de Smith, o inglês Anthony Caro e outros libertaram-se mais desse antropomorfismo, realizando esculturas sem pedestal, articulando planos ao longo do chão, recorrendo a chapas e redes metálicas fortemente coloridas.



Witkin

A cor artificial da indústria é francamente assumida na escultura actual. É o caso de Anthony Caro e de Isaac Witkin. Os materiais de plástico também facilitaram novas concepções escultóricas, em especial o poliuretano, que se expande. Isto leva alguns escultores, como o francês César, a adoptarem uma atitude nova, tanto na execução como na concepção.

Uma topologia intuitiva ressurge nestas expansões, mas desdramatizada, ao contrário do que acontecia no tempo de Van Gogh. O mesmo acontece com os desenhos realizados pela arte cibernética, até a tornar irreconhecível. Mas, por outro lado, o desenho cibernético reintroduz algo que a modernidade tinha abandonado: a minúcia. Uma espécie de confiança no traçado cibernético faz mergulhar o olhar do espectador em zonas de texturas inabituais, que, em desenhos não mecânicos, ou sem regras, o espectador não levaria em consideração. Isto mostra que o conhecimento das regras auxilia a percepção. Mas o

que é fascinante é a rapidez com que nas obras de arte o espectador adivinha o regramento, mesmo que não saiba verbalizá-lo.

A minúcia pode ser abolida, por redundância ou pela introdução de factores aleatórios, na *copy-art* e, em geral, na *Random-kunst*, ou arte mecânica que aproveita e regista os dados do acaso.

Nestas artes que usam e abusam da tecnologia electro-magnética, o artista pode parecer estar cada vez mais distante da obra. Na utilização das novas técnicas, a comunicação intersubjectiva, que se espera da arte, parece não existir. Todavia, alguns artistas utilizam o vídeo para ajudar a redescobrir o corpo e outros começam já a divertir-se com os raios laser, desenvolvendo a holografia.



Penone

Noutros casos, o próprio artista está presente, lembrando-nos drasticamente, na *body art* (ou arte do próprio corpo) e na *performance*, que a arte simboliza pela exemplificação. É através da exemplificação que a arte simboliza. Através de uma documentação fotográfica, pode ver-se a mão do artista italiano Penone, apertando uma árvore. A mão do artista é depois substituída por uma mão de ferro, que não deixará crescer aquele bocado de vegetal.

Presença e exemplo, através do próprio corpo, ou simplesmente através da mão, a arte é um fazer que conduz a *novas ideias*.

Os cursos de Ciências Físicas das universidades públicas portuguesas são de uma forma geral bons, mas enfrentam alguns problemas sérios, o mais importante dos quais é a descida do número de alunos. É este o sentido global da avaliação externa daqueles cursos, como afirma Filipe Duarte Santos, professor de Física na Universidade de Lisboa e presidente da comissão que procedeu à respectiva avaliação, no quadro da Fundação das Universidades Portuguesas.

No entanto, segundo ele, esse processo tem limitações, pois incide sobre as várias licenciaturas a partir de elementos de auto-avaliação fornecidos pelas próprias escolas. Além disso, as avaliações não se fazem sentir a nível dos financiamentos: "Há quem diga que ainda é muito cedo para se fazer esse tipo de intervenção, mas sou de opinião que é necessário começar a pensar nas consequências práticas das avaliações". Especialista em Física Nuclear, Astrofísica e Ciências Geofísicas, Filipe Duarte Santos tem estado envolvido, desde 1999, no estudo das alterações climáticas. Realça o nosso entrevistado que "a Física tem um papel fundamental na contribuição da ciência e da tecnologia para conseguir um desenvolvimento sustentável". Mas, conclui, "não restam dúvidas que a solução, seja ela qual for, não pode deixar de ser global, à escala do planeta".

Entrevistado por:
CARLOS PESSOA
gazeta@teor.fis.uc.pt

Filipe Duarte Santos, professor de Física na Universidade de Lisboa e presidente da Comissão de Avaliação Externa dos Cursos de Ciência Física

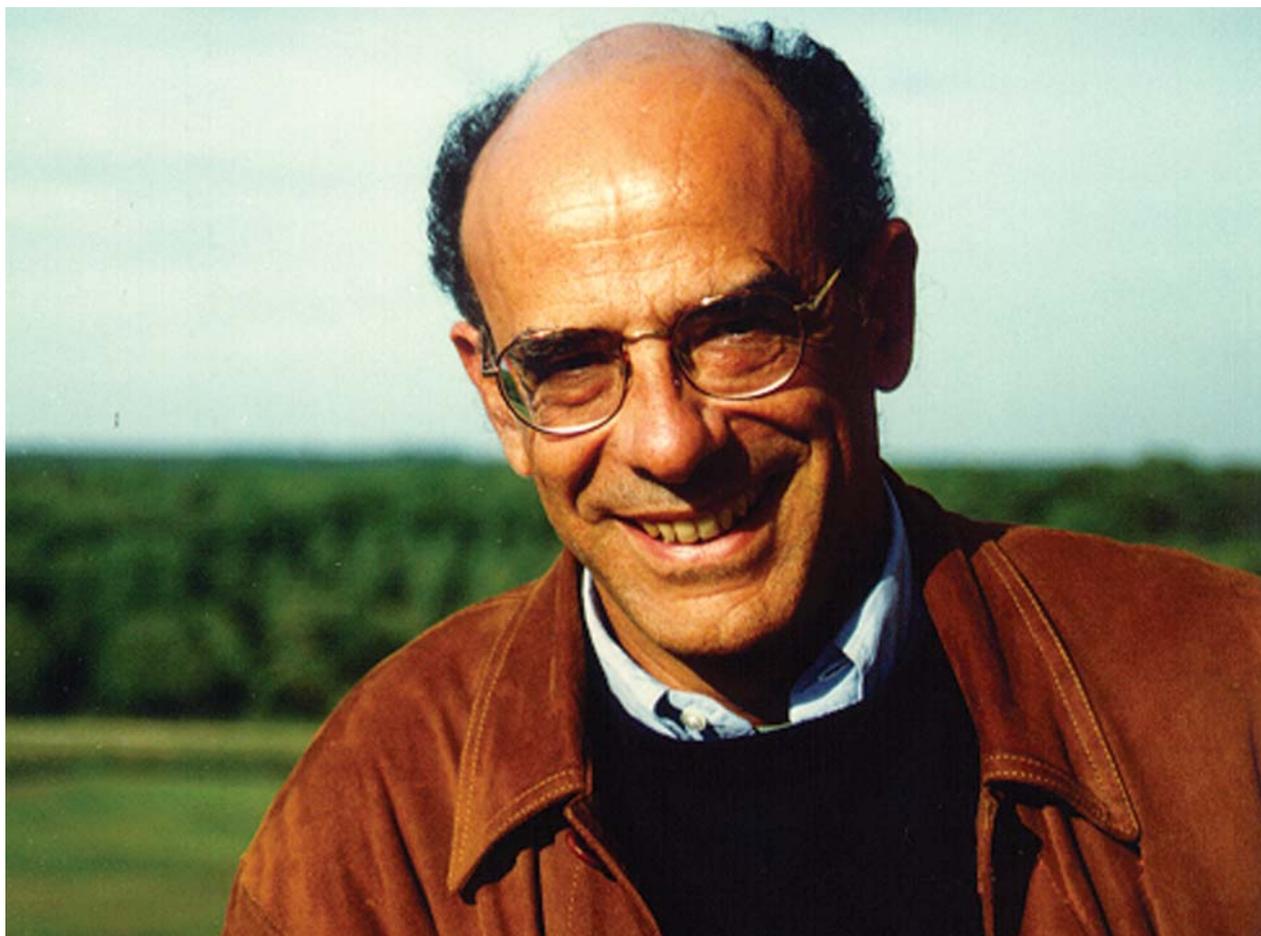
"AVALIAÇÃO DOS CURSOS UNIVERSITÁRIOS DEVE TER CONSEQUÊNCIAS"

Gazeta de Física - Qual é a importância que tem a avaliação dos cursos universitários?

Filipe Duarte Santos - Esse processo é muito importante. No entanto, tenho a impressão de que ainda estamos, no nosso país, numa fase bastante primária desse processo. E digo isto porque essa avaliação tem sido feita de forma bastante inconsequente.

P. - Porquê?

R. - Bem, são reconhecidas diferenças entre licenciaturas, pontos em que elas poderiam ser melhoradas, mas não se tomam depois medidas que tenham reflexo, por exemplo, ao nível do financiamento. No entanto, sei que as instituições têm levado muito a sério os relatórios produzidos por estas comissões de avaliação. Outro ponto a considerar diz respeito ao facto de as avaliações externas se basearem em relatórios de auto-avaliação e de as comissões de visita já terem por isso boa parte do trabalho feito. Analisam esses relatórios e colocam questões mais relacionadas com dúvidas levantadas pela respectiva leitura. Há um outro aspecto deficiente que pode e deve ter evolução: essas avaliações incidem sobre licenciaturas, mas não avaliam as instituições - existe, além delas, uma avaliação dos centros de investigação, que é desligada -, quando interessava que houvesse uma avaliação das instituições que integrasse a que é feita às unidades de investigação, para termos uma visão dos dois grandes pólos, o do ensino e o da investigação. A primeira função de uma escola de ensino superior é o



ensino, é formar ao nível de licenciatura, pós-graduação (mestrados e doutoramentos) e também cursos de extensão universitária para o público em geral. Mas essa função só se exerce com excelência se houver investigação de qualidade.

P. - O que houve de novo nesta avaliação?

R. - O processo foi idêntico ao de anteriores avaliações. Acontece que, para além de as instituições terem lido os relatórios das comissões anteriores e de terem modificado alguns aspectos que eram indicados, não houve qualquer alteração ao nível da tutela. É mais fácil explicar o que quero dizer com um exemplo. Em Inglaterra, as universidades têm duplo financiamento - baseado no número de alunos e na deslocação de verbas que se destinam à investigação directamente para a Universidade. A avaliação é feita de maneira integrada e, se ela ficar abaixo de um certo nível, o financiamento do departamento em causa baixa. A primeira fonte de financiamento é idêntica à nossa, mas no segundo aspecto o nosso financiamento é feito através dos centros de investigação e não passa directamente pela Universidade. Acontece em Portugal que as consequências das avaliações anteriores não se fizeram sentir. Há quem diga que ainda é muito cedo para se fazer esse tipo de inter-

venção, mas sou de opinião que é necessário começar a pensar nas consequências práticas das avaliações. Aliás, é de sublinhar que isso já acontece nos centros de investigação tutelados pela Fundação para a Ciência e Tecnologia: conforme a avaliação resultar numa nota de excelente, muito bom, bom e regular, assim há um financiamento por doutorado que depende dessa avaliação.

P. - Quais são os aspectos mais importantes a realçar desta avaliação?

R. - Na generalidade, os cursos na área da Física, Química, Engenharia Física e do Ensino têm qualidade. Os cursos de Física e de Química debatem-se com um problema grave, sobretudo na área da Física e do Ensino da Física, que consiste numa escassez muito grande de alunos. Este é o problema mais sério que eu salientaria. Há também um problema grande de insucesso escolar com disciplinas onde a percentagem de reprovações é francamente anormal. Aí há qualquer coisa que não está a funcionar como devia. Outro aspecto é sentir-se por vezes uma certa dificuldade de as instituições universitárias se abrirem ao exterior, para a sociedade, serem proactivas no sentido de procurarem colaborações com a

indústria, empresas, associações, etc. Não é um fenómeno de agora e há excepções, claro, mas globalmente sente-se que há uma dificuldade em dotar os seus licenciados com uma formação realmente útil na sua vida profissional. Muitos cursos estão sobretudo voltados para os aspectos, que são sem dúvida importantes, do conhecimento. Simplesmente, nós não podemos estar a preparar apenas investigadores, pois há que preparar pessoas que tenham uma probabilidade razoável de se inserirem no mercado de trabalho nacional e também serem úteis ao nosso país e no espaço europeu em que estamos inseridos. Dito de outra forma: não podemos estar apenas a preparar pessoas que têm a capacidade e a formação para serem grandes cientistas - mas que não teremos qualquer hipótese de contratar em Portugal - e temos de pensar em termos mais práticos e pragmáticos. É necessário adequar o perfil da formação dos licenciados às reais dificuldades que o país enfrenta em ser produtivo, competitivo e inovador nas áreas que exigem uma boa formação científica e tecnológica.

P. - Está a pensar no universo empresarial?

R. - Sim, claro!

P. - As médias nacionais dos exames no 12º ano colocaram a Física para o último lugar. Qual é a sua leitura desta situação?

R. - Acho isso extraordinário. Gostaria de fazer esta comparação: imaginemos por momentos que um país como a Inglaterra (podia ser a França ou a Alemanha) admitia que um exame do 12º ano - que condiciona a entrada nas universidades para as carreiras científicas e tecnológicas - tivesse uma média de 6,5 valores, sendo condição obrigatória que só pudessem entrar no sistema pessoas com valor igual ou superior de 10! É impensável, pois isso constituiria um tiro no pé. Nós não podemos supor que não existe, para alunos que tiveram média inferior a 10, capacidade de recuperação na universidade... Não podemos ter um país em função de uma visão abstracta de uma comunidade quase inexistente; temos sim de fazer um esforço suplementar para formar alunos provenientes do ensino secundário nas áreas da ciência e da tecnologia mesmo que eles não tenham tido boas notas a Física, antes de chegar à Universidade. É espantoso que um país aceite uma situação destas.

P. - É caso único na Europa comunitária?

R. - Embora não tenha feito só um estudo comparativo, situações destas acontecem noutros países. O que eu não concebo é que esses países mantivessem uma situação dessas. Os números de alunos que vieram para os cursos especificamente de Física na primeira fase de colocação, nas três licenciaturas que existem em Portugal (Porto, Coimbra e Lisboa), foram, respectivamente, de 7, 4 e 11 alunos! São números que não justificariam mais do que

um Departamento de Física no país todo. Acontece que esta diminuição do número de alunos não se sente apenas na Física, mas também em várias licenciaturas de Engenharia para as quais a Física é um requisito específico obrigatório.

P. - Qual é a solução?

R. - Isso não sei, pois é um problema complexo que requer o diálogo dos cientistas e professores com os políticos. O que sei é que a situação, tal como está, prejudica gravemente o desenvolvimento do país, sobretudo a médio e longo prazos.

P. - Falou-se a dada altura na necessidade de um programa de emergência para as ciências...

R. - Houve uma comissão nomeada, houve pessoas que saíram e a seguir não mais se ouviu falar disso.

P. - Mas acha que a situação é de emergência e requer medidas de urgência?

R. - Certamente que sim. O que me parece é que os problemas que existem em Portugal não são assim tão diferentes dos que existem em Espanha, em Itália ou em França. O que temos de fazer, e da maneira mais estratégica possível, é privilegiar os interesses do nosso país. Se há poucos alunos que escolhem Física, o desenvolvimento científico e sobretudo tecnológico ressentem-se. Ou seja, temos de arranjar processo de recuperar esses alunos, o que passa também por rever os programas de Física no ensino secundário, tornando-os mais atractivos.

P. - A possibilidade de os alunos de cursos de ciências e tecnologia não fazerem Ciências Físico-Químicas no secundário é de todo inaceitável?...

R. - Com certeza! Insisto: é preciso que os programas sejam atractivos e isso é possível. No nosso país há alguma tradição de considerar matérias consideradas como fazendo parte do universo da Física serem leccionadas, no ensino secundário, na área da Química - é o caso, por exemplo, da constituição da matéria, da radioactividade, aspectos introdutórios de Física Atómica e Física Nuclear... Não faz sentido. Numa perspectiva unificadora, talvez fosse melhor termos uma disciplina integrada de Ciências Físico-Químicas. Encurrular a Física nos conceitos da Mecânica, que são um pouco áridos para um aluno, é desincentivador e tem reflexos gravosos ao nível do ensino superior e de todo o sistema científico e tecnológico.

P. - Todas as dificuldades do sistema de ensino português de que falou são susceptíveis de levar os melhores alunos a optarem por formações no estrangeiro?

R. - Penso que isso é cada vez mais provável. Falando só da minha experiência pessoal, fui professor de vários alunos que se licenciaram em Portugal na área da Física com médias (na ordem dos 14 valores) que não lhes permitiam

obter bolsas de mestrado ou de doutoramento, mas foram aceites em países europeus e estão a fazer um excelente trabalho de doutoramento financiados por esses países. A impressão que tenho é que a formação que se obtém em Física em Portugal é muito boa quando comparada com outros países. O problema é que as saídas profissionais no nosso país são extremamente limitadas e a nossa indústria não tem uma Nokia ou uma Philips.

Há sinais de que as coisas estão a mudar, nem tudo é negativo. Colegas meus têm estabelecido contactos com empresas e começa a haver uma certa possibilidade de colocação dos nossos licenciados, mestrados e doutores em empresas portuguesas ou que funcionam em Portugal.

P. - Sem alunos de qualidade nas universidades, durante quanto tempo pode a situação manter-se?

R. - Não me parece que estejamos a caminho de uma morte anunciada da Física em Portugal. A Física há-de evoluir de maneira bastante semelhante à de Espanha, por exemplo. O que não podemos é cruzar os braços e não fazer nada. Temos de otimizar os recursos que existem. E também me parece que o universo de potenciais empregadores dos bons alunos de Física nas nossas universidades é sobretudo na União Europeia e não em Portugal.

P. - Se tivesse poderes de decisão, que medidas tomaria desde já para alterar a situação?

R. - Acho que é um erro ter cursos universitários tão longos. Devíamos tê-los muito mais focados, tanto quanto possível profissionalizantes e mais curtos. Nas nossas faculdades de ciências, em média, para se formarem, os alunos gastam um tempo que é muito superior ao número de anos estipulado para a licenciatura, que já de si é demasiado grande. O que se chama hoje licenciatura deveria ter três anos. É o que se faz em certos países, como a Irlanda, e nem por isso a qualidade da formação é inferior. Claro que isso não se faz de um momento para o outro, por decreto, mas é uma tendência que se devia aproveitar, no espírito das directrizes europeias aprovadas em Bolonha. Na área de física existe também uma excessiva percentagem de alunos nas nossas Universidades que abandonam o curso ou mesmo o estudo universitário. É um problema grave ao qual não estamos a dar a devida atenção.

P. - Mudando de assunto, chefiou a delegação portuguesa que participou recentemente em mais uma reunião internacional, em Moscovo, sobre as alterações climáticas. As questões ambientais com que nos debatemos hoje são tão preocupantes como dão a entender os títulos dos jornais?

R. - Há claros indícios, cientificamente estabelecidos, de que houve uma alteração climática nos últimos 50 anos que é de natureza antropogénica, isto é, de origem humana. Outra coisa que também já se sabe é que essa alteração

climática vai agravar-se pelo menos até 2100. Perante este quadro há duas possibilidades de resposta: redução das emissões de CO₂ e de outros gases com efeito de estufa, via em que se insere o Protocolo de Quioto; ou adaptação à situação, o que implica aceitar que as emissões vão continuar a subir, preconizando-se a adopção por cada país de medidas que minimizem os efeitos adversos das alterações climáticas.

Em termos de custos, na primeira hipótese eles serão tanto maiores quanto maior for a redução das emissões. Na segunda via é exactamente o contrário - se reduzirmos agora muito as emissões, por exemplo, os custos de adaptação no futuro serão menores. Se a opção for no sentido de reduzir pouco as emissões agora, os custos serão também pequenos e, em contrapartida, os custos de adaptação no futuro serão grandes. Do que não restam dúvidas é que a solução, seja ela qual for, não pode deixar de ser global, à escala do planeta.

Em todo o caso, é importante referir que o que se pretende é estabilizar a concentração de CO₂ na atmosfera, que subiu cerca de 30 por cento desde a revolução industrial até agora. O problema consiste em saber a que nível é que vamos fazer a estabilização. No entanto, para fazer a estabilização das concentrações dos gases com efeito de estufa, é necessário passar antes por um máximo nas emissões e só quando estas começarem a decrescer é que as concentrações poderão ser estabilizadas. Isto significa que a humanidade, algures no século XXI, vai ter de começar a emitir menos. E isto é um desafio colossal.

P. - Qual é o papel da Física nisso tudo?

R. - A Física é essencial, porque os modelos que nos permitem interpretar o clima passado e construir cenários climáticos futuros são modelos em que a Física, além da Química e da Matemática, claro, tem um papel fundamental. Do ponto de vista do cálculo numérico, estes modelos são do mais exigente que existe neste momento - um só desses modelos leva três meses a correr no computador mais potente. Do ponto de vista da Física conhecemos as equações que determinam a circulação geral da atmosfera, mas depois há os problemas de simulação das nuvens e do seu efeito, da orografia, etc. É também necessário fazer o estudo dos impactos das alterações climáticas, a partir de cenários climáticos futuros, nos diversos sectores sócio-económicos - agricultura, florestas, zona costeira. São, como se vê, domínios interdisciplinares nos quais a Física é importante. Penso que a Física continua a ter um papel central na ciência e tecnologia embora a natureza da sua intervenção seja variável. Hoje em dia as questões relacionadas com o desenvolvimento sustentável, os sistemas ambientais, a complexidade e a interface entre as ciências naturais e sociais assumem especial relevo. Creio que em todos estes domínios a contribuição da Física e das suas metodologias é essencial não só para ampliar o conhecimento como para encontrar soluções.

Física por todo o lado

O Prémio Nobel da Física de 2003

Morreu pai da bomba de hidrogénio

Manuel Paiva nomeado presidente do Fundo Educativo

Escolha do local do ITER

FÍSICA NO MUNDO

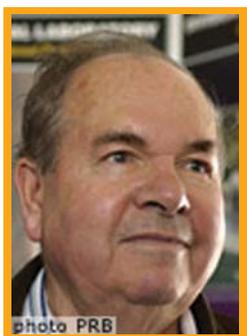
FÍSICA POR TODO O LADO

O que têm em comum Peter Mansfield, Anthony Leggett, Alexei Abrikosov, Vitali Ginzburg e Robert Engle? Todos eles são físicos. O que os une a todos, para além da sua formação académica, é a circunstância de terem ganho o Nobel este ano: pela ordem em que foram anunciados, o primeiro de Medicina, os outros três de Física, e o último de Economia. Além disso, um dos laureados Nobel da Química deste ano, o norte-americano Roderick MacKinnon, é professor de Neurobiologia Molecular e Biofísica na Universidade de Rockefeller. A física, como se vê, está por todo o lado...

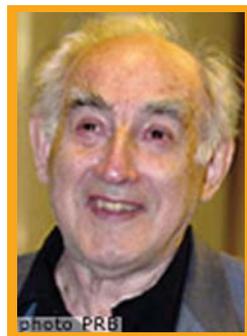
O inglês Sir Peter Mansfield (de quase 70 anos) e o norte-americano Paul Lauterbur (74 anos) trabalharam desde os anos 60 na área da ressonância magnética nuclear, que tornou possível visualizar e conhecer o corpo humano de uma forma inócua para este. Foi a importância prática dos resultados dessa linha de investigação que agora lhes reconheceu o Instituto Karolinska de Estocolmo.

Por seu lado, o russo Vitali Ginzburg, com 87 anos, o agora norte-americano (russo de nascimento) Alexei Abrikosov, 75 anos, foram pioneiros na investigação dos supercondutores na década de 50, enquanto o britânico Anthony Leggett, de 65 anos de idade - professor na Universidade de Illinois, Estados Unidos -, descreveu nos anos 70, quando trabalhava na Universidade do Sussex (Reino Unido), algumas propriedades do hélio 3 superfluido.

Finalmente, o norte-americano Robert Engle tem uma licenciatura e mestrado em Física (o último pela Universidade de Cornell), tendo ganho o Prémio da Economia pelos seus trabalhos em séries temporais.



A. Abrikosov



V. Ginzburg



A. Leggett

Os premiados em cada domínio receberam no passado dia 10 de Dezembro, na cerimónia de entrega dos prémios Nobel em Estocolmo, um cheque de 1,11 milhões de euros.

Carlos Pessoa
gazeta@teor.fis.uc.pt

O PRÉMIO NOBEL DA FÍSICA DE 2003



O Prémio Nobel da Física de 2003 foi atribuído a A. Abrikosov, V. Ginzburg e A. Leggett pelos seus trabalhos pioneiros nas teorias da supercondutividade e da superfluidez. São todos físicos teóricos de grande prestígio, cujos trabalhos já foram realizados há bastante tempo. Os dois primeiros são russos, embora Abrikosov tenha emigrado para os EUA. O segundo é inglês, mas também emigrou para os EUA. Uma vez mais fica claro que a "importação de cérebros" está relacionada com a hegemonia na ciência.

É curioso que a supercondutividade e a superfluidez, fenómenos naturais algo

surpreendentes (a experiência tem precedido a teoria!), já tenham dado meia dúzia de Prémios Nobel.

O jovem Abrikosov, apoiado numa teoria anterior dos seus compatriotas Ginzburg e Landau (este último, prémio Nobel de 1962 pelas suas teorias sobre o hélio líquido, um personagem muito rico, mas infelizmente não tão conhecido como o seu contemporâneo Feynman), desenvolveu a teoria para um tipo especial de materiais: os chamados supercondutores de tipo II, que se distinguem dos outros por se deixarem penetrar por campos magnéticos. Todos eles faziam parte da forte e lendária escola soviética de física teórica. Modernamente, as ideias de Abrikosov, Ginzburg e Landau ganharam importância acrescida pela progressiva utilização de magnetes supercondutores (que são supercondutores de tipo II) para produzir campos magnéticos muito fortes, muito úteis por exemplo em medicina na ressonância magnética nuclear (o Prémio Nobel da Medicina foi para um físico e um químico pelo desenvolvimento desta técnica, que hoje permite ver o funcionamento do cérebro). Outro desenvolvimento recente na área em cauda foi a descoberta de supercondutores a "altas temperaturas" (ditas altas, mas ainda bastante abaixo da temperatura ambiente). Também estes são supercondutores de tipo II... Embora falte uma teoria microscópica detalhada aplicam-se as ideias gerais de Abrikosov.

Abrikosov esteve em Setembro de 2002, numa Conferência Internacional no Luso organizada pelos Centros de Física Teórica e Computacional da Universida-

de de Coimbra. Falou precisamente sobre supercondutores a "altas temperaturas". Cada intervenção sua era escutada com grande atenção. Apesar de algo categórico quando expõe as suas ideias, é uma pessoa muito cordial e acessível, como aliás é costume com todos os grandes cientistas.

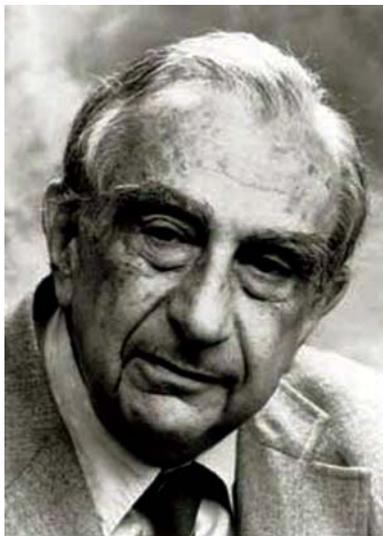
Por último, Leggett, trabalhou na superfluidez do hélio 3, a forma mais rara do elemento químico hélio. Aqui, em vez de electrões, trata-se de átomos que se comportam de forma coerente. A superfluidez e a supercondutividade estão relacionadas, dizendo a primeira respeito a partículas carregadas e a segunda a partículas neutras. No hélio líquido há todo um conjunto de mudanças de estado, que Leggett ajudou a explicar.

Mostrando a unidade da Física, modernamente essas ideias revelaram ter aplicações na descrição dos primeiros instantes do Universo. Ninguém diria à partida que estudos sobre o hélio a muito baixas temperaturas permitiriam especulações sobre a origem do nosso universo, quando ele estava muito, muito quente...

Como em vários outros Prémios Nobel, este é mais um prémio para a grande teoria física do século XX: a mecânica quântica. Quer sejam os electrões que fluem nos materiais quer sejam os átomos de hélio a baixas temperaturas, a teoria subjacente é a mecânica quântica. Os princípios desta são aparentemente simples. Mas o mundo é muito complexo e variado e não basta saber os princípios para saber tudo. "*Deus é subtil, mas não malicioso*" disse Einstein, querendo dizer que não é fácil, mas é possível conhecer as leis da Natureza. Há sempre surpresas que os físicos, acabam, cedo ou tarde, por explicar. O Nobel, tal como aconteceu desta vez, premia os melhores.

Carlos Fiolhais
tcarlos@teor.fis.uc.pt

MORREU PAI DA BOMBA DE HIDROGÉNIO



Edward Teller, o físico nascido em Budapeste (Hungria) em 1908, mas radicado nos Estados desde os anos 30 para fugir ao nazismo, morreu no passado mês de Setembro na Califórnia, com 95 anos. Teller esteve presente em praticamente todos os grandes projectos norte-americanos ligados à utilização de armamento nuclear, incluindo o polémico programa Guerra das Estrelas, lançado pela administração Reagan nos anos 80 do século passado. Integrando uma geração de grandes físicos europeus que foram viver e trabalhar para os Estados Unidos, Teller fez parte da equipa chefiada por Robert Oppenheimer que desenvolveu a bomba atómica no Laboratório de Los Alamos, no Novo México. Todavia, a intervenção que o tornou mais conhecido ocorreu na construção de uma arma nuclear ainda mais poderosa do que a bomba atómica - a bomba de hidrogénio, baseada na fusão a temperaturas altíssimas de núcleos de hidrogénio, que gera uma potência destruidora de tal ordem que uma parte substancial da comunidade científica se opôs ao seu desenvolvimento.

MANUEL PAIVA NOMEADO PRESIDENTE DO FUNDO EDUCATIVO

O cientista belga (nascido em Portugal) Manuel Paiva, director do Laboratório de Física Biomédica da Universidade Livre de Bruxelas, foi nomeado presidente do Fundo Educativo, um novo organismo ligado à Estação Espacial Internacional (ISS) criado pela Agência Espacial Europeia (ESA) para desenvolver trabalho junto de jovens entre os 12 e os 15 anos. O reforço do conhecimento das vantagens e importância dos voos espaciais tripulados é um dos objectivos do novo organismo - que irá dispor de um orçamento de um milhão de euros -, no âmbito do qual já estão aprovados diversos projectos.

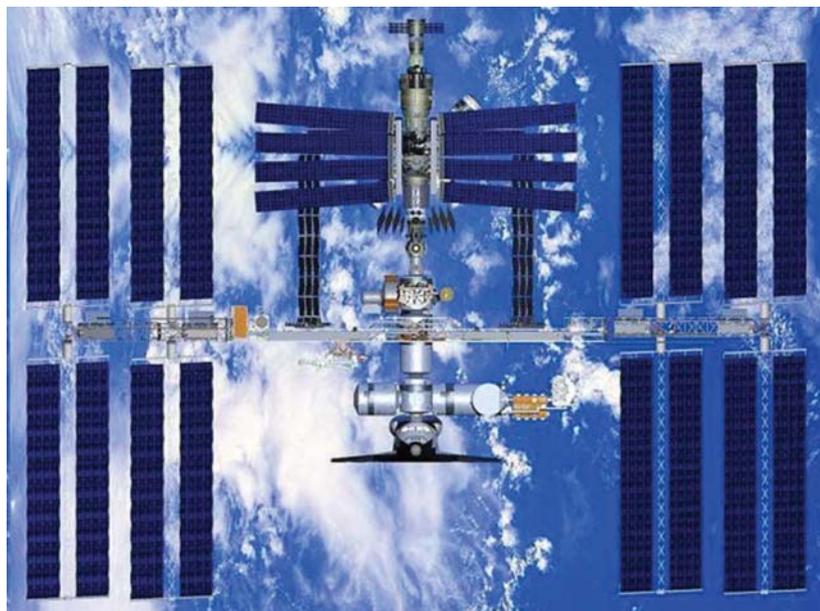
Manuel Paiva concebeu várias experiências ilustrativas de leis da Física que foram realizadas recentemente pelo astronauta Pedro Duque a bordo da Estação Espacial Internacional.

ESCOLHA DO LOCAL DO ITER

O Conselho de Ministros da União Europeia, na sua reunião de 26 de Novembro de 2003, escolheu Cadarache como o candidato europeu a local de construção do ITER.

O ITER será a primeira experiência de confinamento magnético a produzir energia de fusão (500 MW), com um factor de amplificação (Q) maior do que 1 ($Q=10$), durante um tempo significativo (300 segundos).

A decisão final sobre o local de construção deste tokamak (há, neste momento, três candidatos: Clarington (Canadá), Rokkasho-mura (Japão) e Cadarache (França)) deverá ser tomada no dia 22 de Dezembro, numa reunião inter-governamental a realizar em Washington.



Avaliação externa dos cursos de Ciência Física:
diminuição da procura é problema maior

Física tem as piores classificações nos exames
nacionais

Maioria das escolas com nota negativa a Física

Ensino Superior: acesso à Física em queda

VII Semana da Física do IST

Ciência na Almedina

XIV Congresso de Física - Matemática

Iniciativas do Ciência Viva

Semana Mundial do Espaço

Cursos de Verão na Universidade Nova

Astronomia em Lisboa

Martin Black Prize 2003 para Pedro Vieira

Jubilação da Prof.^a Maria Renata Chaves

23 Centros de Investigação avaliados

Mais dinheiro para o Ciência Viva em 2004

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

FÍSICA EM PORTUGAL

AVALIAÇÃO EXTERNA DOS CURSOS DE CIÊNCIA FÍSICA: DIMINUIÇÃO DA PROCURA É PROBLEMA MAIOR



A quebra na procura de licenciaturas é um dos maiores problemas com que se debatem as Universidades onde existem cursos de Ciências Físicas (incluindo a Física, a Química e o respectivo ensino). Esta é uma das conclusões mais relevantes do relatório da respectiva Comissão de Avaliação Externa (CAE) tornado público recentemente (ver <http://www.fup.pt/-conselhodeavaliacao/actividade.php>).

Presidida pelo Prof. Filipe Duarte Santos (ler entrevista, nesta mesma edição), a comissão procedeu à avaliação externa de 32 licenciaturas, organizadas por grupos: Engenharia Física, Ciências Geofísicas e Óptica Aplicada (1ª subcomissão); Física e Astronomia (2ª subcomissão); Química e Química Industrial (3ª subcomissão); e Ensino da Física e Química (4ª subcomissão).

No seu trabalho, a CAE adoptou os seguintes termos de referência: objectivos do curso, organização institucional, procura, plano de estudos, sucesso, recursos de apoio, recursos sociais de apoio aos alunos, corpo docente, relações externas, gestão da qualidade e empregabilidade. Para cada um desses pontos a avaliação-síntese foi expressa em quatro níveis de apreciação, de A (muito bom) a D (insuficiente).

Nas conclusões e recomendações globais relativas ao seu trabalho, a CAE considerou que "o processo de avaliação externa universitária, estruturado na avaliação de licenciaturas, é claramente incompleto e deveria ser complementado por uma avaliação institucional ao nível dos Departamentos, Faculdades e Universidades,

tendo em atenção simultaneamente as componentes de ensino, investigação e extensão cultural e tecnológica". Por outro lado, reconhece-se a existência de "várias deficiências e problemas inerentes aos actuais modelos de gestão das Universidades públicas e da carreira docente universitária".

Áreas de emprego limitadas

Na avaliação global da área, a CAE realça que "um número significativo das licenciaturas avaliadas enfrenta problemas de diminuição da procura que se manifestam pelo facto de, sobretudo em anos recentes, os *numerus clausi* não terem sido preenchidos". Uma melhor divulgação das licenciaturas e uma optimização e racionalização de meios a nível de cada Universidade e também a nível inter-universitário são apontadas como soluções para resolver este problema.

Segundo a CAE, "a grande maioria das licenciaturas avaliadas não enfrenta, de momento, problemas de empregabilidade dos seus licenciados". No entanto, acrescenta, "a áreas de emprego são muito limitadas e, frequentemente, restringem-se ao sector do ensino e ao sector da investigação, em regime de bolsas", situação "claramente insustentável a médio e longo prazo". Por isso, é abertamente defendido um esforço no sentido de fortalecer o diálogo universidade-empresa. No processo de avaliação caberia uma "análise comparativa da razão custos/benefícios", defende-se no relatório. No entanto, sublinha-se a seguir que "só é possível proceder a uma análise de custos-benefícios num processo de avaliação com uma componente claramente institucional e no qual as instituições disponibilizem de forma clara os dados sobre custos, essenciais para este tipo de avaliação".

Um derradeiro ponto diz respeito à "medida recentemente anunciada de tornar opcional o ensino das Ciências Físico-Químicas no ensino secundário, mesmo para os alunos que vão seguir cursos científico-tecnológicos no ensino superior". Esta decisão é qualificada como "preocupante".

Carlos Pessoa
gazeta@teor.fis.uc.pt

FÍSICA TEM AS PIORES CLASSIFICAÇÕES NOS EXAMES NACIONAIS

A média nacional dos exames nacionais de Física (12º ano) foi de 6,5 valores na primeira fase e de apenas 6 valores na segunda fase. Com estes resultados, a disciplina ocupa o primeiro lugar na lista das disciplinas com piores resultados nos exames do ano escolar 2002/2003. Esta posição fora ocupado nas épocas anteriores pela Matemática. O Ministério da Educação prometeu há mais de um ano um plano de emergência para o ensino da Matemática e das ciências, tendo para o efeito nomeado uma comissão. Dessa comissão, retiraram-se há já algum tempo todos os membros da Sociedade Portuguesa de Física.

MAIORIA DAS ESCOLAS COM NOTA NEGATIVA A FÍSICA

Os resultados negativos nos exames nacionais de Física fazem-se sentir no chamado "ranking" das escolas, divulgado por vários jornais. Das 525 escolas onde houve exame de Física, apenas 104 tiveram uma nota média de 10 ou mais valores. Considerando apenas as 310 escolas onde foram a exame mais de 10 alunos, o número é ainda mais baixo, pois apenas 58 (19 por cento) conseguiram média positiva. E destas, só uma dezena se situa no interior do país.

Por escolas, o primeiro lugar é ocupado pela Secundária Sebastião e Silva (Oeiras), com 13,9 valores. A última posição foi preenchida pelo Externato de Nossa Senhora de Fátima (Manteigas), onde os 11 alunos avaliados registaram a mais fraca média (3,1 valores apenas).

Na lista das 30 melhores escolas na disciplina de Física, 8 são privadas. Destas escolas, 20 localizam-se no litoral e 3 pertencem à Região Autónoma da Madeira.

A lista das cinco melhores escolas a Física é a seguinte: Secundária Sebastião e Silva (Oeiras, 17 alunos; 13,9 valores); Colégio do Sagrado Coração de Maria (Lisboa, 12; 13,4); Secundária José Gomes Ferreira (Lisboa, 23; 13,0); Colégio Valsassina (Lisboa, 16; 12,6); e Secundária D. Filipa de Lencastre (Lisboa, 13; 12,6).

ENSINO SUPERIOR: ACESSO À FÍSICA EM QUEDA

As áreas de formação com mais vagas por preencher na primeira fase do concurso nacional de acesso ao ensino superior são as de ciências, com uma redução da procura na ordem dos 13,5 por cento. O caso particular da Física é deveras preocupante, pois além de o número de vagas oferecido registar uma descida de ano para ano, elas ficam por preencher, em maior ou menor número, em praticamente todos os estabelecimentos de ensino, tanto na vertente de Física como na de Ensino da Física (e Química) (ver texto sobre avaliação dos cursos de Ciências Físicas).

Na Universidade de Coimbra, o curso de Física dispunha de 20 vagas, mas apenas 4 foram preenchidas. Na Universidade do Porto havia 24 vagas, sendo apenas 7 ocupadas. Na Universidade de Lisboa, das 50 vagas do curso de Física da Faculdade de Ciências, apenas 11 foram preenchidas. Por fim, na Universidade de Aveiro, 13 dos 20 lugares foram ocupados enquanto na Universidade do Minho só 3 dos 18 lugares tiveram candidato. Na Universidade de Évora, o curso de Física e Química propunha 15 lugares, mas apenas um foi ocupado.

Na área de ensino, são de referir, a título de exemplo, os casos da Universidade de Aveiro (1 estudante colocado, para 20 vagas), Açores (1 colocado, 10 vagas) e da Beira Interior (1 colocado, 15 vagas), onde os lugares a concurso nos cursos de Ensino da Física e Química tiveram admissões muito baixas.

VII SEMANA DA FÍSICA DO IST

Promovida pelo Núcleo de Física do Instituto Superior Técnico (IST), decorreu entre 27 e 31 de Outubro passado a VII Semana de Física. O objectivo desta iniciativa, dirigida essencialmente a alunos do ensino secundário, é estimular o interesse o gosto pela ciência. O programa incluiu diversas actividades, entre palestras, exposições interactivas, debates e aulas lúdico-educativas, além de observações astronómicas. No entanto, a grande atracção da edição deste ano foi o "Circo da Física", instalado no átrio do

pavilhão central do IST, onde os alunos apresentaram várias experiências científicas. O promotor da iniciativa é uma associação juvenil criada pelos estudantes do curso de Física Tecnológica, que tem realizado actividades de fomento do interesse pela ciência em geral e pela Física em particular.

CIÊNCIA NA ALMEDINA

Organizado pela Livraria Almedina e pelo matemático Nuno Crato, prosseguiu durante o último trimestre do corrente ano o ciclo de debates sobre ciência a partir de um livro sobre cada um dos temas em debate, com o seguinte programa:

- 3 de Outubro - De onde vêm as certezas matemáticas? (livro "Os números da Natureza", de Ian Stewart), com Jorge Buescu e Natália Bebianno da Providência.

- 17 de Outubro - Há filosofia anticientífica? (livro "Da crítica da Ciência à negação da Ciência", de Jorge Dias de Deus), com Jorge Dias de Deus, Guilherme Valente e João Caraça.

- 7 de Novembro - Ciência dos painéis de Nuno Gonçalves (livro "Os painéis de Nuno Gonçalves", de Jorge Filipe de Almeida e Maria M. Barroso de Albuquerque), com Jorge Filipe de Almeida e Lília Esteves.

- 5 de Dezembro - Ciência pelo Natal (por ocasião da Feira do Livro Científico), com Mariano Gago, Jorge Nuno Silva e Nuno Crato.

XIV CONGRESSO DE FÍSICA-MATEMÁTICA

Realizou-se no passado mês de Agosto na Aula Magna da Universidade de Lisboa e na Faculdade de Psicologia e de Ciências da Educação da Universidade de Lisboa o XIV Congresso Internacional de Física Matemática. Organizada de três em três anos, esta reunião científica trouxe a Lisboa um número considerável de investigadores nas mais diferentes áreas de Física e Matemática. Além das sessões plenárias e 12 sessões temáticas, o congresso proporcionou um debate sobre "A Ciência e os seus críticos - o diálogo entre a filosofia e a sociologia da ciência", animado por J. Bricmont (Lovaina), Nuno Crato (Lisboa), D. Murcho (Londres), Boaventura de Sousa Santos (Coimbra), A. Sokal (Nova Iorque) e João Caraça (Lisboa). Ver <http://icmp2003.net/scicrit/>.

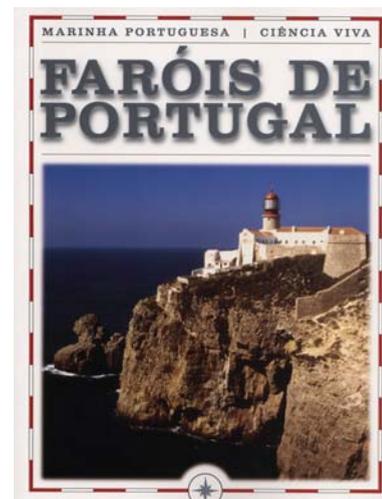
INICIATIVAS DO CIÊNCIA VIVA

Férias com Ciência

Entre 1 de Agosto e 30 de Setembro realizaram-se mais de 1400 acções de divulgação científica de Norte a Sul de Portugal. Colaboraram nestas iniciativas universidades, centros de investigação, escolas e associações científicas. No âmbito das actividades de Astronomia, Biologia e Geologia, efectuaram-se passeios científicos e observações astronómicas acompanhadas por peritos em cada uma daquelas áreas de conhecimento. O Ciência Viva organizou também uma acção sobre faróis, com a organização de passeios aos faróis da nossa costa, nos quais participaram especialistas da Marinha Portuguesa.

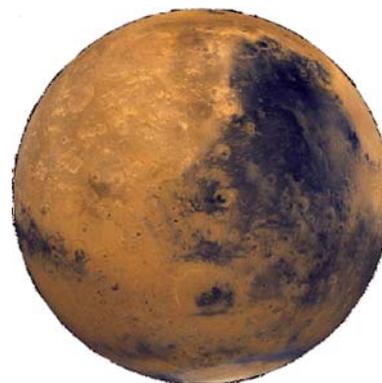
Novo centro na Amadora

Um novo espaço para a divulgação da ciência e da tecnologia, na antiga casa de Aprígio Gomes (personalidade conhecida pelo seu espírito enciclopédico e interesse pelas ciências) foi inaugurado no passado mês de Setembro na Amadora,



por iniciativa do Ciência Viva e da Câmara Municipal local. Os destinatários principais são a população escolar do concelho e agentes educativos, mas sem exclusão do público em geral. O desenvolvimento das cidades e os princípios que as estruturam é o tema de arranque das actividades do centro (sito na Rua Luís de Camões, 2, Amadora), onde estará igualmente patente ao público uma exposição sobre a Electricidade (para mais informação, consultar <http://amadora.cienciaviva.pt>). Este é o sétimo centro da rede nacional.

Semana Mundial do Espaço



Alunos das escolas do ensino básico e secundário apresentaram os seus trabalhos e participaram num debate sobre a exploração de Marte que se integrou na Semana Mundial do Espaço com que se comemorou, no dia 10 de Outubro passado, a assinatura do primeiro tratado

para a exploração pacífica do espaço exterior. Em Portugal, o programa de acções do evento decorreu no Pavilhão do Conhecimento - Ciência Viva (Lisboa) e contou com a participação de Maarten Roos Serote, do Observatório Astronómico de Lisboa ("Os investigadores portugueses estudam Marte"). A iniciativa foi coordenada pela ONU, com o apoio da Associação Internacional da Semana do Espaço, tendo sido assegurada em Portugal pelo programa Ciência Viva.

CURSOS DE VERÃO NA UNIVERSIDADE NOVA

A Faculdade de Ciências e Tecnologia (FCT) da Universidade Nova de Lisboa promoveu em Setembro passado a primeira edição dos Cursos de Verão, dirigidos a estudantes do secundário. O objectivo desta iniciativa, em que participaram 45 alunos vindos de todo o país, era proporcionar durante uma semana a vivência de um campus universitário. Entre as actividades que estavam previstas, destacaram-se a realização de experiências nos laboratórios da FCT (nomeadamente de Física), visitas de estudo e debates.

ASTRONOMIA EM LISBOA

A história e o património foram os temas da campanha Astronomia no Verão 2003 promovida pelo Observatório Astronómico de Lisboa (OAL) em Agosto e Setembro. Com entrada gratuita, a iniciativa consistiu em quatro sessões ("Como utilizar o seu telescópio", "Memórias do Planeta Vermelho" e "Uma noite no OAL" por duas vezes) que incluíram visitas guiadas ao edifício central do OAL e observação de corpos celestes com telescópios e binóculos. A iniciativa foi apoiada pela Agência Ciência Viva.

MARTIN BLACK PRIZE 2003 PARA PEDRO VIEIRA

Um artigo sobre a técnica de análise da retina proporcionou a Pedro Vieira, do Departamento de Física da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa o Martin Black Prize 2003, que distingue o melhor artigo publicado no Journal Physiological Measurement durante o ano de 2002. O artigo refere-se a uma técnica que permite produzir imagens da retina em relevo e a cores por meio de feixes laser através de um aparelho criado em parceria pela Universidade de Aberdeen, com o concurso de sete investigadores, entre os quais o investigador português.

JUBILAÇÃO DA PROF.^a MARIA RENATA CHAVES

O Departamento de Física da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto celebrou no passado mês de Setembro a jubilação da Prof.^a Maria Renata Chaves. Na sessão comemorativa, o resumo da carreira científica da homenageada foi feito pelo Prof. J. C. Tolédano, da Escola Politécnica de Paris, que enquadrou a investigação realizada pelo grupo de Maria Renata Chaves no contexto nacional e internacional da respectiva área.

"A especificidade da sua contribuição resulta de ter conseguido realizar um estudo experimental fiável, preciso e muito completo em vários sistemas físicos de interesse central para a comunidade científica activa nestas áreas", afirmou J.

C. Tolédano. *"A Prof.^a Maria Renata Chaves e os seus colaboradores levaram a cabo um trabalho experimental, computacional e teórico em profundidade, durante mais de 10 anos, tendo finalmente conseguido clarificar grande parte dos detalhes do diagrama de fases deste complexo sistema protótipo"*.

Foram em seguida recordadas as numerosas publicações científicas da jubilada - mais de 120 artigos científicos, sem mencionar as numerosas comunicações orais, abrangendo diferentes domínios importantes da física experimental da matéria condensada, com uma atenção particular pela área das transições de fase. O papel da homenageada na organização da investigação, assim como as suas qualidades como formadora de jovens investigadores e como docente, foram também evocadas. Maria Renata Chaves contribuiu para o funcionamento de múltiplas estruturas da investigação, por exemplo no Conselho Científico da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, no Instituto de Física dos Materiais da Universidade do Porto (IFIMUP), assim como na comunidade científica no domínio da ferroelectricidade. É de referir, finalmente, que Maria Renata Chaves foi um dos membros fundadores da Sociedade Portuguesa de Física.

23 CENTROS DE INVESTIGAÇÃO AVALIADOS

Seis das 23 unidades de Investigação e Desenvolvimento na área da Física avaliadas em 2002 obtiveram a classificação de "excelente". O número de



Homenagem à Prof.^a Maria Renata Chaves

unidades com nota de "muito bom" foi de dez, enquanto sete registaram classificação de "bom".

As unidades que tiveram nota de "excelente" são as seguintes: Centro de Astrofísica da Universidade do Porto; Centro de Estudos de Materiais por Difracção de Raios X (Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra); Centro de Física das Interações Fundamentais (Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa); Centro de Fusão Nuclear (idem); Física de Semicondutores em Camadas, Optoelectrónica e Sistemas Desordenados (Universidade de Aveiro); e Centro de Física Nuclear (Universidade de Lisboa).

Os centros com nota "muito bom" são o Centro de Física e Investigação Tecnológica-CEFITEC (Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa); Centro Multidisciplinar de Astrofísica-CENTRA (Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa); Núcleo IFIMUP-Pólo IMAT Porto (Universidade do Porto); Centro de Instrumentação (Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra); Centro de Física da Matéria Condensada (Universidade de Lisboa); Centro de Física Atómica (Universidade de Lisboa); Centro de Física (Universidade do Minho); Centro de Física Teórica e Computacional (Universidade de Lisboa); Centro de Electrónica e Instrumentação (Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra) e Centro de Física Computacional (Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra).

As unidades com nota de "bom" são o Grupo de Física Nuclear da Matéria Condensada (Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra); Centro de Física do Porto (Universidade do Porto); Grupo de Dinâmica Não-Linear (Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa); Unidade de Detecção Remota (Universidade da Beira Interior); Centro de Física Teórica da Universidade de Coimbra (Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra); Grupo de Astrofísica da Universidade de Coimbra (Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra) e Centro de Astronomia e

Astrofísica (Fundação da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa).

Com nota "suficiente" há apenas a registar uma unidade de investigação: O Centro de Física Molecular (Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa). A avaliação das unidades de investigação em vigor - feita por painéis de avaliação integrados essencialmente por cientistas estrangeiros - existe desde 1996, constituindo a base do modelo de financiamento plurianual das mesmas unidades. A comissão internacional de avaliação na área da Física (2002) foi presidida pelo irlandês Dennis Weaire.

Apesar de só parcialmente ser possível a comparação com os resultados da avaliação anterior, de 1999 (há novas unidades e algumas das unidades extinguiram-se entretanto), constata-se que os resultados agora obtidos são globalmente semelhantes. Ou seja, a maioria das unidades manteve a nota então obtida. Todavia, há subidas e descidas de classificação a registar. Melhoraram a sua avaliação o Centro de Astrofísica da Universidade do Porto e o Centro de Física Nuclear (Universidade de Lisboa), que passaram de "muito bom" para "excelente". Em contrapartida desceram de "excelente" para "muito bom" o Núcleo IFIMUP-Pólo IMAT Porto, o Centro de Física da Matéria Condensada e o Centro de Física Computacional. De "muito bom" para "bom" há a registar dois casos: o Grupo de Dinâmica Não-Linear e o Centro de Astronomia e Astrofísica.

MAIS DINHEIRO PARA O CIÊNCIA VIVA EM 2004

O reforço das verbas destinadas ao Programa Ciência Viva, que disporá de 3,2 milhões de euros, é uma das notas positivas do Orçamento de Estado (OE) para a Ciência em 2004. A nova Ministra da Ciência e do Ensino Superior, Maria da Graça Carvalho, anunciou esta medida na apresentação do OE na Assembleia da República, em Novembro passado, salientando que a Matemática e a Física são prioridades do seu ministério no quadro do investimento na cultura científica.

Outra nota importante deste orçamento é a dotação de até 17 milhões de euros para a celebração de contratos-programa com instituições do ensino superior.

Com a duração de cinco anos, estes acordos poderão ajudar, segundo a titular do Ministério da Ciência e do Ensino Superior (MCES), a resolver alguns dos problemas de funcionamento e investimento a que o OE de 2004 poderá não dar resposta.

Apesar destas iniciativas, a verba orçamentada em 2004 para o funcionamento das instituições públicas do Ensino Superior regista uma descida global de 1,5 por cento relativamente a 2003.

videq
VIDROS E EQUIPAMENTOS, LDA

Teléfono: 21 95894631/2034 | Telex: 351 21 9589455
Rua Sotero Pereira Gomes, 13 - R/C | http://www.videq.pt
BOM SUCESSO - 2615 ALVFRCA
PORTUGAL

MATERIAL DIDÁCTICO

FÍSICA

2005, Ano Mundial da Física

Proclamação do "Ano Mundial da Física"

Física em Palco

Prémios Público-Gradiva entregues no Pavilhão do Conhecimento

Humberto Pereira: "Física é importante, porque resolve questões do dia-a-dia".

Encontro "Física, Cultura e Desenvolvimento" em Coimbra

NOTÍCIAS DA SPF

2005, ANO MUNDIAL DA FÍSICA

No dia 16 de Outubro de 2003 o Plenário da 32.^a Conferência Geral da UNESCO, que se realizou em Paris de 29 de Setembro a 17 de Outubro de 2003, adoptou a proposta de resolução cuja tradução se transcreve em caixa.

A ideia original de celebrar o centenário do "*annus mirabilis*" de Albert Einstein, proclamando-o Ano Mundial da Física, foi a apresentada pelo então Presidente da Sociedade Europeia de Física, Prof. Martial Ducloy, ao 3.^o Congresso Mundial das Sociedades de Física, que se realizou em Dezembro de 2000 em Berlim, por ocasião das comemorações do centésimo aniversário da Teoria Quântica. Essa proposta foi depois apresentada na 34.^a Assembleia Geral da IUPAP, realizada em Berlim de 7 a 12 de Outubro de 2002, a qual declarou 2005 Ano Mundial da Física. Foi uma versão revista dessa declaração que foi apresentada pelo Brasil, pela França e por Portugal à 32.^a Conferência Geral da UNESCO.

Para o Presidente da Sociedade Portuguesa de Física (SPF), Prof. José Urbano, muito apraz que Portugal tenha sido um dos promotores duma iniciativa de tão elevada importância científica e cultural. Tal ficou a dever-se ao bom acolhimento do Governo Português a uma solicitação que SPF lhe fez nesse sentido, a qual foi apresentada em 24 de Maio de 2002 ao Secretário de Estado da Ciência e Tecnologia, Prof. Manuel Fernandes Thomaz, em 25 de Julho de 2002 ao Ministro da Ciência e do Ensino Superior, Prof. Pedro Lynce, e em 26 de Julho de 2002 ao Ministro da Educação, Prof. David Justino.

As diligências do Prof. Pedro Lynce junto do Primeiro Ministro e do Ministro dos

Negócios Estrangeiros revelaram-se decisivas para o empenho que o Representante Permanente de Portugal junto da UNESCO, Embaixador Marcello Mathias, colocou na apresentação da referida proposta.

O Conselho Directivo da SPF encarregou um dos seus elementos, a Prof. Adelaide de Jesus, de apresentar uma proposta de programa geral para as acções e eventos a realizar no âmbito do Ano Mundial da Física. Além disso, a SPF está a ouvir as personalidades e instituições que julga indispensáveis para assegurar o bom êxito da iniciativa, entre as quais os antigos presidentes e secretários gerais da SPF e os coordenadores das várias divisões. Por fim, foi solicitada à Ministra da Ciência e do Ensino Superior e ao Ministro da Educação audiências com vista a acompanhar o processo junto da Assembleia Geral da ONU e a concertar a programação com o Governo, antes de a anunciar.

Vão em breve ser convidados pronunciar-se sobre o programa os presidentes dos Departamentos de Física, os directores dos Centros de Investigação, os coordenadores dos Grupos de Físico-Químicas, e os directores dos Museus de Ciência.

Convidam-se todos os associados a enviar sugestões para o endereço electrónico da SPF (secretariado@spf.pt).

PROCLAMAÇÃO DO "ANO MUNDIAL DA FÍSICA"

Resolução da UNESCO apresentada pelo Brasil, pela França e por Portugal



A Conferência Geral

Reconhecendo que a Física fornece uma base importante para o desenvolvimento da compreensão da natureza,

Sublinhando que o ensino da Física fornece às mulheres e aos homens os instrumentos necessários para edificar a infraestrutura científica essencial para o desenvolvimento,

Considerando que a investigação em ciências físicas e suas aplicações foi e continua a ser uma força maior do desenvolvimento científico e tecnológico, e permanece um factor vital para enfrentar os desafios do século XXI,

Consciente de que o ano 2005 marca o centenário de uma série de grandes descobertas científicas de Albert Einstein;

Acolhe a resolução da União Internacional de Física Pura e Aplicada (IUPAP), por iniciativa da Sociedade Europeia de Física, de declarar o ano 2005 Ano Internacional da Física e de se realizarem, neste enquadramento, actividades para promover a Física a todos os níveis, no mundo inteiro;

Decide apoiar a iniciativa do Ano Internacional da Física 2005;

Convida o Director Geral a solicitar à Assembleia Geral das Nações Unidas que declare 2005 o Ano Internacional da Física.

FÍSICA EM PALCO



Nos dias 4 e 5 de Outubro, decorreu o evento português do "Physics on Stage 2003" no Pavilhão do Conhecimento - Ciência Viva, no Parque das Nações em Lisboa, este ano subordinado ao tema "Física e Vida". Vinte e sete professores de escolas básicas, secundárias e universidades, acompanhados de dez alunos, apresentaram os seus projectos de "Física e Vida" ao público e ao júri, que os avaliou. Esta exposição incluiu *posters* sobre os projectos, demonstrações das experiências realizadas e apresentações no auditório do Pavilhão. No final do evento, o júri, composto por quatro representantes da SPF, decidiu quem iria representar Portugal na fase internacional do Physics on Stage. Foram seleccionados os seguintes projectos: "Ideias em Física" - Universidade de Aveiro; "Simulador do Olho Humano" - Escola Secundária de Nelas; "Medição e Análise do Aquecimento/Arrefecimento de Sistemas Físicos" - Escola Secundária José Afonso; "A Radiação nas Nossas Vidas" - Escola Básica 2/3 do Cadaval e "O Efeito da Radiação na Produção de Oxigénio" - Escola Secundária de Seia. Durante o evento, dois representantes do Laboratório Europeu de Biologia Molecular (EMBL), em representação do EIROForum, coordenador da iniciativa, apresentaram o programa educacional deste laboratório, cujo objectivo é aproximar os professores das escolas básicas e secundárias da investigação científica de ponta. Depois, quatro cientistas, Mário Pimenta (LIP), Fernando Carvalho (ITN), José Leitão (Universidade do Algarve) e Milton Simões da Costa (CNC - Universidade de Coimbra), falaram sobre "Radiação e Vida". As palestras focaram assuntos como raios cósmicos, radio-

actividade e seres vivos, radiação ionizante e a melhoria das plantas e bactérias resistentes aos raios gama. Antes de terminar este painel, o público questionou os cientistas.

Mostrando que a ciência pode ter um impressionante efeito dramático, o grupo de teatro Marionet, de Coimbra, apresentou a peça "Revolução dos Corpos Celestes".



Newton representado por alunos de uma escola básica.



Alunos mostram o seu trabalho sobre chuvas ácidas e energias renováveis.



O júri avalia um dos projectos.



"A Revolução dos Corpos Celestes", peça apresentada pelo grupo Marionet.

PRÉMIOS PÚBLICO-GRADIVA ENTREGUES NO PAVILHÃO DO CONHECIMENTO

Os prémios Mário Silva (Física) e Bento de Jesus Caraça (Matemática) de 2003, instituídos pelo Público e Gradiva, com o apoio das Sociedade Portuguesa de Física (SPF) e Matemática (SPM), BP Portugal e Texas Instruments, foram entregues em cerimónia realizada no passado mês de Outubro no Pavilhão do Conhecimento, em Lisboa. Estiveram presentes os Secretários de Estado da Ciência e Ensino Superior, Eng^o Jorge Moreira da Silva, e da Educação, Dr. Abílio Morgado.

Destinados a alunos do ensino secundário que tenham obtido uma média

final superior a 18 valores, os dois prémios distinguem trabalhos originais elaborados para o efeito. Através desta iniciativa, que teve este ano a sua terceira edição, visa-se promover em Portugal o ensino e a aprendizagem daquelas duas ciências básicas e, simultaneamente, desenvolver nos jovens o gosto pela prática, cultura e espírito científicos.

Este ano, o júri composto pelos Profs. José Dias Urbano (presidente da SPF), Carlos Fiolhais e Jorge Dias de Deus elegeu como vencedor Humberto Bento Ayres Pereira, do Colégio dos Cedros (Porto), pelo seu trabalho "Termodinâmica de uma nova pilha de combustível". Atribuiu ainda uma menção honrosa a Fábio Parracho Silva, da Escola Secundária Dr. João Carlos Celestino Gomes (Ílhavo), que apresentou o trabalho "A Física radical do páraquedismo". O Presidente da SPF e do júri registou a elevada qualidade dos trabalhos submetidos a concurso.

Para o prémio de Matemática, o júri composto pelos Profs. Pedro Miguel Duarte, Jorge Rezende, Ilda Perez da Silva e Dr^a Teresa Fiúza, elegeu como vencedor Miguel Morin, do Liceu Francês Charles Lepierre, com o trabalho "Logaritmos complexos".

Está já em marcha a edição de 2004 dos dois prémios. Para conhecer o regulamento, os estudantes interessados poderão contactar os professores da respectiva escola ou consultar os sites do Público (www.publico.pt), SPF (www.spf.pt) ou SPM (www.spm.pt).

Humberto Pereira venceu Prémio Mário Silva 2003

"FÍSICA É IMPORTANTE PORQUE RESOLVE QUESTÕES DO DIA A DIA "



Actualmente aluno do 2º ano do curso de Engenharia Electrotécnica e de Computadores na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Humberto Bento Ayres Pereira foi o vencedor da edição de 2003 do Prémio Mário Silva, uma iniciativa instituída pelo jornal Público e pela editora Gradiva. O trabalho que lhe deu o prémio foi realizado quando era aluno do 12º ano no Colégio Cedros (Vila Nova de Gaia) e intitulou-se "Termodinâmica de uma nova pilha de combustível".

P. - O facto de apresentar um trabalho a concurso significa que a Física tem para si uma importância especial?

R. - Sim. Para mim, a Física prende-se com a possibilidade de resolver questões concretas do dia a dia, de modo coerente e sem divagações. E não é só dar respostas certas, mas também dar respostas erradas, ou seja, indicar por onde não vale a pena ir.

P. - A investigação pura não é o entusiasmo tanto?

R. - Claro que me entusiasma. Acontece que quando se resolve um problema teórico, ele fica resolvido e pronto! Quando se resolve um problema prático, em geral, começam-se logo a resolver outros problemas práticos. É mais por aí que eu vou...

P. - Como explica que uma disciplina de que tanto gosta seja tão detestada pela grande maioria dos estudantes?

R. - Acho que isso se explica pela atitude dos pais. Como talvez eles não tenham compreendido a Física na altura em que a estudavam, influenciarão talvez os filhos ao julgarem que estes não precisam de a saber... Para além desta razão, acho que é sobretudo por preguiça. Hoje em dia há muito mais coisas que todos gostamos de fazer, para além de estudar, e só alguns é que se dedicam mais ao estudo. Mas parece-me que agora já se começa a pensar e resolver mais os problemas da disciplina.

P. - Esse desnível entre os poucos que gostam de Física e a grande maioria que foge dela não pode ser um problema na sala de aula?

R. - Sim, pode ser, embora eu defenda a heterogeneidade! Acho que a solução do problema passa pelos professores, que têm de ser cativados um bocadinho mais. Mas é necessário dizer que os professores do secundário já fazem um óptimo trabalho, pelo que não concordo com os que, na faculdade, dizem mal deles. O resto é os alunos esforçarem-se um pouco mais.

P. - De onde lhe surgiu a ideia para o trabalho que apresentou a concurso?

R. - Foi na festa de um amigo, já passava das quatro da manhã... Estávamos numa conversa que não tinha nada a ver com Física e de repente, ao arrumar uns livros, vi uma imagem de uma membrana que me fez pensar. E como as pilhas de combustível são um assunto muito recente, comecei a construir a ideia e o trabalho veio a seguir.

P. - Já tinha intenção de concorrer ao prémio, ou foi esse episódio que o decidiu a candidatar-se?

R. - Um dos meus irmãos já tinha ganho

o prémio de Matemática e, como ele tinha concorrido, eu também achava que podia concorrer. A partir dessa festa eu fiquei com o tema escolhido.

P. - Esperava vencer?

R. - A minha expectativa ia mais para o prémio de Matemática, ao qual também concorri, mas não ganhei nada. Pensei que tinha feito algo de substancial...

P. - Vendo qual foi a decisão do júri, não era...

R. - Pois, pelos vistos não era... Como em Física era possível apresentar trabalhos sobre temas como os painéis solares ou pilhas de combustível tão bons ou melhores do que o meu, eu não tinha a ideia de que pudesse ganhar.

P. - O curso universitário em que está foi a primeira escolha?

R. - Sim, estou no 2º ano de Engenharia Electrotécnica, que é o que eu queria.

P. - Quer ser o quê?

R. - Ainda não sei bem... Talvez trabalhar em coisas generalistas, pois a Engenharia Electrotécnica abrange todos os tipos de Física, Mecânica, Electromagnetismo - de Einstein a Newton, corre praticamente tudo. Foi por isso que escolhi essa área. Depois, ainda tem a componente prática, pois não é Física, mas sim Engenharia.

P. - Uma carreira como investigador tem sentido para si?

R. - Era muito bom! Se tiver essa oportunidade, vou agarrá-la.

P. - Física e Matemática à parte, quais são os seus interesses?

R. - Não estudar! Toda a gente gosta disso...

P. - E o que é que gosta de "não estudar"?

R. - Sair à noite, ouvir música, andar de bicicleta, andar a pé, ir à praia, cinema, eu sei lá!...

Entrevista de Carlos Pessoa
gazeta@teor.fis.uc.pt

ENCONTRO "FÍSICA, CULTURA E DESENVOLVIMENTO" EM COIMBRA

A Sociedade Portuguesa de Física (SPF) organizou em Coimbra, no passado dia 15 de Novembro, um encontro subordinado ao tema "Física, Cultura e Desenvolvimento", que contou com a colaboração do Departamento de Física da Universidade de Coimbra. Através desta iniciativa, os seus promotores procuraram ilustrar as relações das Ciências

Físicas com outras áreas do conhecimento humano e com a sociedade em geral, realçando simultaneamente o valor da contribuição da Física.

Além de duas mesas-redondas, respectivamente sobre "Física e Cultura" (com a participação de Adília Lopes, Alexandre Ramires e Conceição Abreu) e "Física e Desenvolvimento" (em que participaram Eduardo Ducla Soares, Manuel Mira Godinho e Teresa Vieira), realizaram-se duas sessões de comunicações. Na primeira

intervenção, José Mariano Gago ("O Ensino Experimental das Ciências"). Na segunda, participaram Manuel Paiva ("A Física Biomédica na Exploração Espacial") e Filipe Duarte Santos ("A Física e o Ambiente"). José Dias Urbano, presidente da SPF, encerrou os trabalhos com uma comunicação sobre "Educação Científica e Desenvolvimento".

Presidiu à Comissão Organizadora Constança Providência, que dirige a Delegação do Centro da SPF.



COLABORE CONNOSCO!

Diga-nos (através do e-mail: densino@spf.pt) o que pensa acerca do novo programa de Física do 11º ano e quais os aspectos em que deveria incidir a formação para este programa. Lembramos que existe um novo programa homologado para o 11º ano de Físico-Químicas e que ele deverá entrar em vigor no próximo ano lectivo 2004/05.

A Divisão da Educação da SPF gostaria de poder contar com a sua opinião acerca da forma mais adequada de planear uma formação que vá de encontro às necessidades dos professores relativamente ao novo programa de Física 11º ano. Para isso é necessário perceber concretamente quais os assuntos que despertam maior dificuldade ou necessidade de aprofundamento. A ligação com o programa do 10º ano é um dos assuntos que deve merecer reflexão.

Poderá consultar o programa em:

[http://www.des.minedu.pt/download/prog_hom/fisica_a_quimica_a_11_homol.pdf](http://www.des.minedu.pt/download/prog_hom/fisica_quimica_a_11_homol.pdf)

ENSINO DA FÍSICA

POR QUE RAZÃO FORAM TÃO BAIXAS AS MÉDIAS DOS EXAMES DE FÍSICA?

Este ano a disciplina de Física foi a que obteve a média mais baixa da 1.ª fase dos exames nacionais. Na 1.ª chamada, 8,1 valores, e na 2.ª chamada, 7,0 valores. Foram responsabilizadas escolas, professores, alunos, programas..., mas por que razão não se atribuiu responsabilidade aos formatos dos exames por este insucesso?

Esta reflexão não pretende ser uma análise exaustiva dos exames de Física, mas tem como objectivo contribuir com algumas achegas para a necessidade de se questionar se, para os resultados verificados, não será de atribuir responsabilidade à própria concepção do exame.

Nos exames deveriam merecer a maior reflexão os seguintes aspectos:

1. Questões mal estruturadas, de resposta ambígua, algumas das quais a envolverem os alunos numa teia de pormenores, a nosso ver, desnecessária. O objectivo será apenas dificultar as respostas aos alunos e baixar a média nos exames? Somos levados a questionar se os autores do exame terão a preparação e o apoio mais adequados.
2. As questões de carácter prático, apesar de envolverem a planificação de actividades práticas, são apresentadas numa forma que nos merece fortes críticas. É nossa opinião que estas questões constituem mais um grupo que assenta numa análise teórica das situações em estudo... e não obriga a uma exploração prévia da componente prática obrigatória do programa actual de Física 12º ano. De facto, não permitem avaliar competências a este nível, pois apenas a análise de gráficos foi contemplada.
3. Por fim realçamos também as grandes discrepâncias que existiram na correcção dos exames de Física do 12º ano. Salientamos que a Divisão da Educação da SPF recebeu várias informações de professores de Física dando conta desta situação.

Pensamos que poderia ser benéfica a aplicação na Física do sistema de discussão /uniformização dos critérios de correcção, que se aplica actualmente na Química, na Matemática e na Biologia. Não percebemos quais as razões para um procedimento

distinto: será que se verificam maiores discrepâncias na correcção dos exames de Química e Biologia do que nos de Física?

Resumindo, é nossa opinião que os exames de Física do 12º ano necessitam de uma reformulação a nível dos princípios subjacentes à sua concepção, a nível da sua estrutura e da formulação das questões, assim como da aplicação dos critérios de correcção.

Graça Santos
(densino@spf.pt)

O NOVO PROGRAMA DE FÍSICA E QUÍMICA: INCERTEZAS E ANGÚSTIAS

Um novo ano lectivo começou e, com ele, surgiram novas disciplinas num curriculum que não se lhes ajusta, uma vez que foram concebidas para uma mudança bastante mais profunda, cujos princípios estão consignados na versão definitiva do Documento Orientador da Revisão Curricular do Ensino Secundário (ME-DES, 2000). Uma destas disciplinas é Física e Química A (FQA), que se inicia com a Química. Por via do referido desajustamento, foi determinado pelo Ministério da Educação, através da Circular 26/03 de 15 de Abril, que a disciplina de Técnicas Laboratoriais de Química, Bloco I (TLQ I) se relacionasse com a disciplina de FQA, de modo a que a vertente práctico-laboratorial de FQA tivesse lugar em TLQ I. Dessa determinação, decorre de imediato:

- a necessidade e vantagem de ser o mesmo professor a leccionar as duas disciplinas, o que aliás consta do ponto 5 a) da referida Circular.

- a independência das duas disciplinas, já que apenas se sobrepõem numa área restrita e temporalmente curta.

Múltiplas têm sido as interpretações dadas a estes documentos, dando origem, por parte de alguns Conselhos Executivos e Coordenadores de Departamento, a tomadas de decisão díspares e frequentemente lesivas dos interesses dos alunos. Assim, é oportuno clarificar alguns aspectos, visando diminuir as incertezas angústias que frequentemente são colocadas, como aconteceu no último número da Gazeta de Física (Ensino da Física, 2003).

As figuras 1 e 2 ilustram o percurso e a intersecção das disciplinas mencionadas:

Destes diagramas podem tirar-se as seguintes ilações:

1 - O professor de FQA e TLQ I deve utilizar aulas de TLQ I para realizar as actividades práctico-laboratoriais da componente de Química, mas não as deve utilizar para a componente de Física. Repare-se que as aulas da componente de Química terminam em Janeiro, justamente para permitir que a componente de Física tenha tempo para suficiente.

2 - A disciplina de TLQ I, durante o 1º período, não deve apenas contemplar o desenvolvimento das competências previstas na vertente práctico-laboratorial da componente de Química de FQA, mas sim todas as outras que aquela disciplina pressupõe, embora a grande maioria delas coincida, como facilmente se deduz da comparação dos programas das duas disciplinas.

3 - Uma vez que a avaliação das competências da vertente práctico-laboratorial de FQA é feita nas aulas de TLQ I, os resultados dessa avaliação devem reflectir-se exclusivamente na classificação final de TLQ I, no 1º período.

Há ainda muitos outros aspectos de índole didáctica, cuja abordagem aqui se afigura pertinente, apesar dos limites deste escrito: Até onde posso ir? O que devo ensinar? O que devo avaliar? São estas questões mais frequentes que os professores colocam...

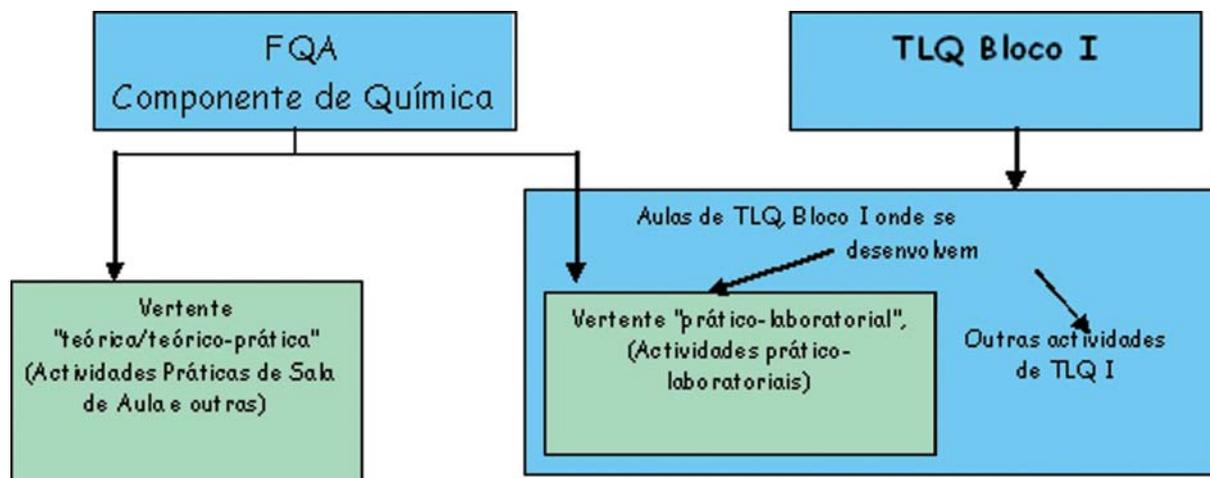


Figura 1 - Até meados de Janeiro

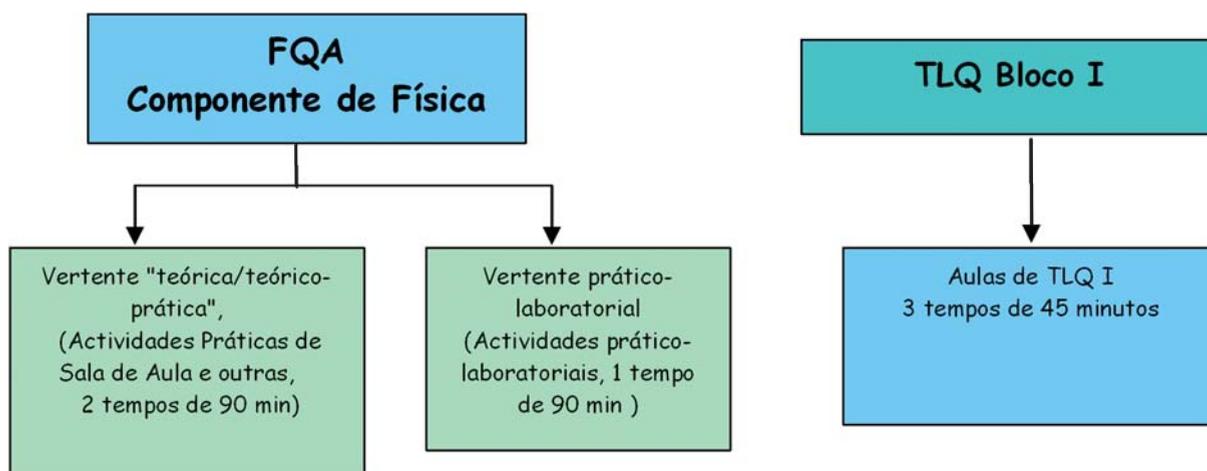


Figura 2 - De Janeiro até ao fim do ano

Parafraseando o Arquitecto Siza Vieira, na sua recente última aula, "tudo o que se faz pela primeira vez normalmente não sai muito bem...". Mas, tratando-se da primeira vez, podemos melhorar, aperfeiçoar, amadurecer..., numa dinâmica de pesquisa, leitura, discussão com os pares e, sobretudo, abertura à mudança.

As condições de concretização do programa na antiga matriz curricular não são de facto as desejáveis. E afigura-se-nos inaceitável a profusão de manuais de Física e Química que inundaram o mercado, sem que exista qualquer avaliação prévia. Estas situações podem e devem ser debatidas pelos professores de forma a zelar pela protecção do interesse dos alunos. Mas não se compreende que alguns se escudem nestes e noutros argumentos para desculpar a tradicional falta de vontade de realizar o ensino experimental. Os programas de 10º e 11º anos estão homologados e são conhecidos desde 2001 e 2002 respectivamente (ME-OES, 2001-2002): eles são inequívocos sobre a necessidade desse tipo de ensino. Que melhor meio de desenvolver e avaliar as competências para além das conceptuais senão através da exploração e integração dos conhecimentos dos alunos no laboratório?

Por último, vale a pena lembrar os pressupostos do programa de FQA:

"...Defende-se que no ensino secundário se tomem como orientações para o ensino das Ciências, as perspectivas de literacia científica dos alunos, pedra basilar de uma cultura científica, já que este ciclo de estudos tem uma dupla função: a de um ciclo escolar para início da actividade profissional e a de uma via para prosseguimento de estudos" (Martins, I. P. et al, 2003).

REFERÊNCIAS:

- Ensino da Física (2003): Gazeta de Física, vol. 26, fascículos 2-3, pp 55-59
- Martins I. P.; Simões M. O; Simões T. S.; Lopes J. M.; Costa J. A.; Magalhães M. C.(2003): La Química en la educación secundaria en Portugal: una perspectiva de cultura científica. Alambique, Didáctica de las Ciencias Experimentales, n. 36, pp. 68-75
- ME-DES (2000): Revisão Curricular no Ensino Secundário. Cursos Gerais e Cursos Tecnológicos - 1. Lisboa. Ministério da Educação - Departamento do Ensino Secundário.
- ME-DES (2001-2002): Programa de Física e Química A, 10º e 11º anos

Maria Otilde Simões
otildesimoes@netcabo.pt

Teresa Sobrinho Simões
teresasimoes@mail.telepac.pt

(co-autoras do Programa de Física e Química A - Química)

A Secção "OLIMPÍADAS DE FÍSICA" é dirigida por Manuel Fiolhais, José António Paixão e Fernando Nogueira, do Departamento de Física da Universidade de Coimbra, 3004-516 Coimbra
e-mail: olim@teor.fis.uc.pt

OLIMPÍADAS DE FÍSICA

MENÇÕES HONROSAS NAS OLIMPÍADAS IBERO-AMERICANAS

Dois estudantes da equipa portuguesa, Dmitry Ossipov, do Colégio Rainha Santa, Coimbra, e Carlos Rui Neves, da Escola Secundária Emídio Navarro, Almada, receberam menções honrosas na VIII Olimpíada Iberoamericana de Física (OIBF), que decorreu em Havana (Cuba) de 20 a 27 de Setembro. Este ano, participaram delegações de 19 países, num total de mais de 70 estudantes inscritos. Apenas dois países da comunidade ibero-americana - Nicarágua e Peru - não se fizeram representar. Regista-se a participação da Argentina, depois de dois anos de ausência forçada pelas dificuldades financeiras que o país atravessou.

A delegação foi chefiada pelos Drs. Manuel Fiolhais e Fernando Nogueira, do Departamento de Física da Universidade de Coimbra.



Delegação portuguesa presente na VIII OIBF. Da esquerda para a direita: Manuel Fiolhais (teamleader), João Dantas, Dmitry Ossipov (menção honrosa), Carlos Neves (menção honrosa), André Guerreiro e Fernando Nogueira (teamleader).

O esforço dos organizadores da VIII OIBF de Física, e em particular do principal responsável pelo evento - o Dr. Carlos Sifredo -, merece ser destacado. Relativamente a edições anteriores, é de salientar o maior grau de dificuldade das provas. Toda a informação relativa a estas Olimpíadas pode ser encontrada no sítio <http://www.olimpiada.rimed.cu/>.

Em Havana, a delegação do Brasil confirmou a organização da organização da OIBF de 2004. Em 2006, a OIBF será realizada em Portugal.

OLIMPIADAS INTERNACIONAIS EM TAIWAN

A XXXIV Olimpíada Internacional de Física decorreu em Taipé (Taiwan), de 2 a 11 de Agosto. Esta competição anual esteve em sérios riscos de não se realizar em virtude da epidemia de pneumonia atípica que assolou o Extremo Oriente durante o primeiro semestre de 2003. A delegação portuguesa foi chefiada pelos *teamleaders* Drs. José António Paixão e Fernando Nogueira.

A prova teórica consistiu de três questões independentes. Na primeira pedia-se a análise do movimento de um pêndulo de comprimento variável e grande amplitude. Esta questão, embora envolvendo conceitos simples de mecânica, exigia uma análise matemática relativamente sofisticada, incluindo a resolução numérica de uma equação transcendente. A segunda questão era o estudo de um cristal piezo-eléctrico sujeito a uma tensão alterna. Pedia-se neste problema a análise electromecânica da situação de ressonância. A terceira e última questão era formada por dois problemas independentes: a análise do decaimento do neutrão e determinação de um limite superior para a massa do neutrino a partir de dados

experimentais e o estudo da levitação de um corpo transparente que refracta um feixe laser.

A prova experimental deste ano consistiu apenas numa experiência sobre uma especialidade taiwanesa: a tecnologia dos ecrãs de cristais líquidos, tão ubíquos no mundo de hoje. A experiência estava dividida em três partes: estudo e calibração de um díodo laser, estudo da comutação electro-óptica de uma célula de cristais líquidos nemáticos rodada de 90° e de uma célula de cristais líquidos nemáticos paralelamente alinhada. A prova exigia grande destreza experimental na manipulação de diversos componentes ópticos e a recolha de uma grande quantidade de dados. Na página na Internet da Olimpíada Internacional de Física 2003, <http://www.phy.ntnu.edu.tw/ipho2003/>, encontram-se os textos das questões bem como propostas de resolução.

A melhor classificação dos estudantes portugueses foi obtida por Hugo Pires, que ficou a 2,6 pontos (em 50) da classificação necessária para uma menção honrosa. O vencedor absoluto da competição foi um estudante norte-americano. Contrariamente ao que tem sido habitual, a prestação portuguesa não foi homogénea em relação às partes teórica e prática, tendo havido estudantes com uma boa classificação na parte experimental mas sem correspondência na parte teórica e vice-versa.

O acolhimento proporcionado pela organização local primou pela simpatia e extrema eficiência, sendo de realçar que o esforço suplementar exigido pela pneumonia atípica em nada perturbou as Olimpíadas. Na cerimónia de encerramento foi oficialmente anunciado que a XXXV IPHO decorrerá em Pohang, na Coreia do Sul, em Julho de 2004.



Delegação portuguesa presente na XXXIV IPHO, durante o jantar que se seguiu à sessão de encerramento. Da esquerda para a direita: Hugo Pires, Artur Fouto, Fernando Nogueira (teamleader), Andreia Moço, José António Paixão (teamleader), Maria Cristina Santos e Francisco Natário.

LIVROS NOVOS

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

"À Procura do Portugal Moderno", João Caraça, Campo das Letras, Porto, 2003.

"Ciência Horrível: A Terrível Verdade Sobre o Tempo", Nick Arnold, Europa-América, Mem Martins, 2003.

"Em Busca da Realidade Divina", Lothar Schaefer, Ésquilo, Lisboa, 2003.

"Finados Famosos: Albert Einstein e o seu Universo Insuflável", Mike Goldsmith, Europa-América, Mem Martins, 2003.

"Fronteiras da Ciência: Desenvolvimentos recentes - Desafios futuros", Rui Fausto, Carlos Fiolhais e João Queiró (org.), Gradiva, 2003.

"Museu da Ciência da Universidade de Lisboa", Fernando Bragança Gil, Museu da Ciência, Lisboa, 2003.

"Nós e superfícies", David Farmer e Theodore Stanford, Gradiva, 2003.

"Novos Enigmas de Pensamento Lateral", Paul Sloane e Des MacHale, Gradiva, 2003.

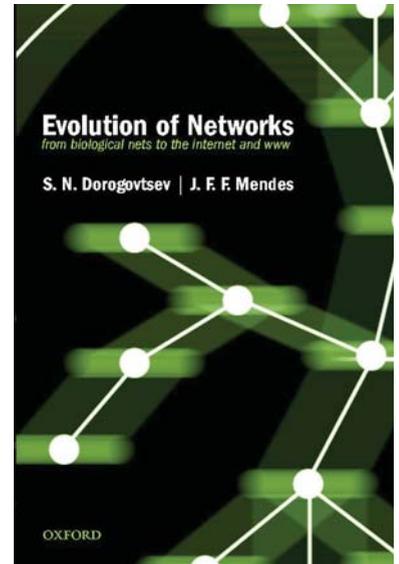
"Os Números da Natureza", Ian Stewart, Rocco e Temas e Debates, Lisboa, 2003.

"Termodinâmica Fundamental para Ciência e Engenharia", João Paulo Ferreira, Universidade Católica Editora, Lisboa, 2003.

"Universidade e Cultura", Luísa Leal de Faria, Universidade Católica Editora, Lisboa, 2003.

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

EVOLUÇÃO DE REDES



S. N. Dorogovtsev e J. F. F. Mendes
"Evolution of networks: From biological nets to the WWW and the Internet"
Oxford University Press, Oxford, 2003

É sabido que são quatro as forças fundamentais - gravitacional, electro-magnética, nuclear forte e nuclear fraca - que ligam as partículas elementares dando forma e estrutura ao nosso Universo, e que a existência de átomos, moléculas complexas e, por fim, de seres vivos se dá pelo balanço delicado destas quatro forças. Sendo todos os elementos que constituem o Universo, mais simples como os átomos ou mais complexos como os seres vivos, regidos pelas mesmas leis fundamentais, não parece absurda a ideia de buscar propriedades comuns em sistemas tão distintos como reacções metabólicas em organismos vivos, grupos de indivíduos interagindo socialmente ou páginas Web relacionadas por links de hipertexto.

Todos os sistemas citados podem ser representados de maneira simplificada pela mesma estrutura: uma rede, com sítios representando elementos do sistema, e ligações entre sítios indicando que tais elementos interagem fisicamente - edutos e produtos de uma mesma reacção metabólica - ou satisfazem uma relação pré-definida - indivíduos que se conhecem pessoalmente em círculos sociais ou

páginas Web directamente ligadas por links de hipertexto. E são exactamente as propriedades topológicas destas redes que reúnem vários sistemas biológicos e tecnológicos numa mesma categoria: sítios que não estão directamente ligados estão separados por um número muito pequeno de conexões e alguns (poucos) sítios possuem um número grande de conexões, enquanto muitos outros são pouco conectados.

A verificação experimental de que vários sistemas possuem tais propriedades levou a uma revolução no estudo de redes complexas, devidamente documentada por dois dos mais activos participantes desta revolução: José Fernando Mendes, da Universidade de Aveiro, e Sergei Dorogovtsev, do Instituto Ioffe, em São Petesburgo. O livro "Evolution of Networks: From Biological Nets to the Internet and WWW" constitui actualmente a melhor referência no tema, contendo uma bibliografia bastante completa, documentação das observações empíricas mais relevantes e um desenvolvimento matemático cuidadoso dos modelos propostos para a criação e evolução de tais redes - muitos deles desenvolvidos pelos próprios autores.

Após uma introdução ao conceito de redes e definição concisa das propriedades topológicas de interesse, os autores expõem uma lista extensa de sistemas naturais e tecnológicos que podem ser mapeados em redes e suas respectivas propriedades topológicas. Os capítulos 4 e 5 constituem o cerne do livro, com uma descrição detalhada da teoria matemática de redes. Usando ferramentas da mecânica estatística, como teoria de ensembles, equações-mestras e teoria de escala, os autores chegam a resultados gerais para as propriedades topológicas de redes cuja evolução se dá somente pela adição e remoção de ligações (chamadas redes em equilíbrio, por analogia com sistemas em equilíbrio termodinâmico) e redes cuja evolução inclui também a adição de novos sítios no sistema (chamadas redes de não-equilíbrio, por analogia com sistemas onde não se atinge o equilíbrio). A leitura dos capítulos 4 e 5 requer conhe-

cimentos medianos de probabilidade e estatística e, acompanhados das devidas referências, podem ser facilmente adaptados para um curso de tópicos de mecânica estatística.

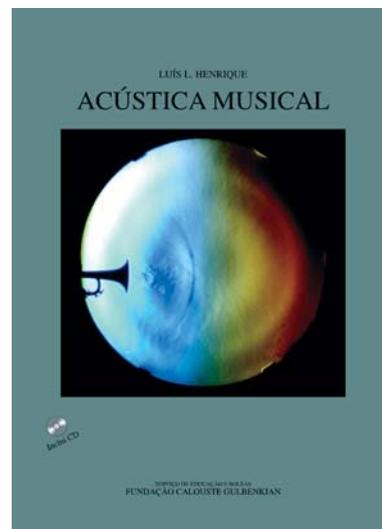
Outra questão importante discutida pelos autores no capítulo 6 é a da robustez de tais redes frente a falhas aleatórias ou ataques a sítios específicos. Espera-se, por exemplo, que sistemas biológicos sejam resistentes a falhas, como a morte de um neurónio no cérebro ou a deficiência na produção de um determinado metabolito. A resiliência de tais redes face a falhas aleatórias deriva da estrutura topológica das redes associadas com tais sistemas e acarreta invariavelmente uma fragilidade de tais sistemas face a ataques a sítios altamente conectados, como mostra a teoria de percolação em redes. Outros tópicos abordados neste capítulo envolvem a transmissão de informação em redes - importante para o estudo da propagação de doenças em redes sociais e vírus de computador na Internet - e o comportamento crítico do modelo de Ising em redes complexas.

Especulações acerca da relação entre evolução de redes, criticalidade auto-organizada e processos estocásticos com ruído multiplicativo encerram o livro, deixando o leitor com uma mensagem final: vivemos num mundo repleto de redes - sociais, económicas, biológicas ou tecnológicas - e a identificação de princípios organizacionais comuns representa um passo importante para o seu entendimento.

Este livro representa para a comunidade da Física uma referência indispensável no assunto.

Márcio Argollo Ferreira de Menezes
Departamento de Física, Universidade de Notre Dame, EUA,
mdmenezes@nd.edu

A FÍSICA DA MÚSICA



Luís L. Henrique, "Acústica Musical", Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, 2003

As relações entre arte e ciência são muitas e variadas. O praticante de qualquer uma delas procura a harmonia. A prática de cada uma delas exige criatividade. Mas, se há uma arte em que a harmonia e a criatividade aparecem muito claramente, essa arte é a música. E, se há uma ciência em que a harmonia e a criatividade dão o "tom", essa ciência é a física. Não admira por isso que haja relações especiais entre a música e a física.

A parte da física que trata a música é a "acústica musical". A acústica é o capítulo da física que estuda o som (o nome vem da palavra grega "akouein", que significa ouvir). E a acústica musical é o capítulo da acústica que se debruça sobre o som musical, o som harmonioso, o som que não é ruído, embora a distinção entre esse som e os outros não seja tão clara quanto à primeira vista possa parecer.

Foi Pitágoras, o grande sábio grego envolto em lenda do qual nenhum escrito nos chegou, quem terá realizado as primeiras experiências com cordas vibrantes, usando o chamado monocórdio. Terá verificado que, quanto mais pequena fosse a corda, mais agudo era o som e terá até chegado a uma relação quantitativa entre o tamanho da corda e

a altura do som. Pitágoras foi mais longe: os números estão por todo o lado do Universo (nisto antecipou Galileu) e a música é uma representação da harmonia do Universo (um tema que viria a ser glosado por Kepler).

Pitágoras foi pois o avô da acústica musical. Seguiu-se uma longa história, que ainda decorre. Com efeito, a investigação sobre acústica musical mantém-se actual. Essa história vem contada no primeiro capítulo de um extraordinário livro: "Acústica Musical", de Luís L. Henrique. O livro é extraordinário em vários sentidos: em primeiro lugar pelo seu volume (e peso!). O autor abarca todos os domínios da Acústica Musical nas 1130 páginas da obra. Em segundo lugar, vem acompanhada de um disco compacto, com exemplos vários de sons musicais (aparecem, entre outros, os sons da guitarra de Pedro Caldeira Cabral). E, em terceiro lugar, embora dirigindo-se preferencialmente, aos praticantes de música, o autor não foge à matemática, o que está certo porque, como Pitágoras e Galileu afirmaram, a matemática está por todo o lado do mundo e, portanto, está também nessa parte do mundo que é o som.

É a primeira obra alargada em português sobre a acústica musical. O autor, que fez uma ampla consulta bibliográfica na preparação do livro, refere apenas dois livros anteriores do mesmo género: Luís de Freitas Branco, "Elementos de Ciências Musicais. Vol. I, Acústica", Lisboa, edição do autor, 1929, e Pedro Martins da Silva, "Elementos de Acústica Musical", Lisboa, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 1989. O primeiro desses autores era músico e o segundo é físico. Mas repare-se que nenhuma dessas edições está facilmente disponível. Pelo contrário, o livro de Luís Henrique está facilmente disponível pela edição cuidada da Fundação Gulbenkian, à qual não se devem regatear elogios pelo seu plano de edições, que tem uma extraordinária relação qualidade-preço para professores e alunos.

Luís Henrique é músico e professor de música no Porto. Ao folhear o seu volume forçoso é deduzir que fez um

esforço fora do comum para "entrar" na Física dos sons, em particular dos sons emitidos pelos vários instrumentos musicais. Começa no capítulo 2, depois de ter definido a acústica musical e ter abordado a sua história, por descrever sistemas vibratórios simples, dando exemplos de relevo para a arte musical (o diapasão). Depois passa para os sistemas vibratórios complexos, para as ondas, para a análise de sons e instrumentação acústica e vibratória. A partir do capítulo 7, fazem-se ouvir os instrumentos musicais (o fazer-se ouvir é literal por causa do CD): os cordofones, friccionados ou dedilhados ou de tecla, os membrafones, os idiofones, os aerofones (flautas, palhetas, metais, órgão, voz) e os modernos electrofones. Os capítulos finais tratam da experimentação e inovação em instrumentos musicais, da acústica de salas - um ramo da acústica muito complexo e com conhecidas aplicações (nos exemplos, o autor não se esquece de incluir o Grande Auditório da Gulbenkian), o sistema auditivo humano, a percepção de sons musicais, o registo e reprodução de sons (cujas aplicações, que vão das gravações à reprodução doméstica de som num aparelho de alta fidelidade, são também bem conhecidas), os intervalos e a afinação dos instrumentos e as escalas e temperamentos (voltando, como que em fecho de círculo, a Pitágoras e ao diapasão). Alguns apêndices destinam-se a ajudar o leitor menos familiarizado com a Física e a matemática, tratando de grandezas, unidades e dimensões, conceitos físicos da acústica, noções de matemática, etc. (o último apêndice enumera e descreve os exemplos musicais do CD).

É, sem dúvida, um grande livro, que se recomenda não só aos profissionais e amadores da execução musical, mas também a todos, e são muitos, interessados pela música - os melómanos - que passaram a dispor de um elemento de consulta precioso para esclarecer as suas dúvidas sobre a ciência e tecnologia musical. Alguns ficarão intimidados pela matemática e pela física, mas esses, além de ouvirem o CD, podem sempre ler as pequenas caixas, que em profusão, aparecem por todo o livro e que contêm algumas curiosidades na área da acústica. Há um índice de caixas, logo no início, a

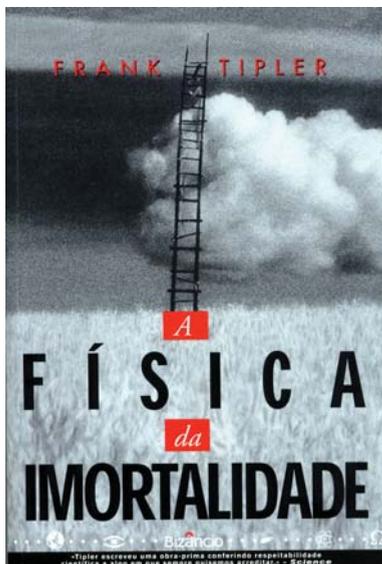
seguir ao índice geral (no fim há utilísimos índices de nomes e de assuntos), em que se afloram questões como o eventual aperfeiçoamento de um Stradivarius (talvez não...), se é ou não possível ouvir a forma de um tambor (isto é, se o espectro dos sons emitidos permite inequivocamente determinar a fronteira da membrana, um problema matemático que já deu pano para muitas mangas), a questão se o ouvido humano é sensível à diferença entre analógico e digital (entre o LP e o CD, ou ainda entre um amplificador a válvulas ou um amplificador a transístores: a discussão permanece), qual é o melhor piano do mundo (desfaça-se já o mistério: para o pianista Cláudio Arrau, é um Steinway, que se encontra na Salle de Musique da cidade suíça de La Chaux-de-Fonds) e se a orquestra deve ou não afinar pelo oboé (em resposta à questão; já houve tentativas de afinação por uma fonte electrónica mas os músicos não gostaram!)

Por falar em erros, este livro tem muito poucos para o tamanho e para a complexidade dos assuntos tratados. Tem de se reconhecer o cuidado que o autor e a editora colocaram na revisão. Há pequenos erros, que poderão ser emendados se esta edição, como merece, se esgotar e o público exigir uma outra. Assim, só para dar alguns exemplos, o ponto aparece em vez da vírgula na notação de números com decimais, o símbolo de graus Celsius aparece mal grafado (a bolinha e o C de Celsius têm de estar juntas), a equação (2-17) não descreve o estado dos gases mas sim uma transformação adiabática, etc. Mas eles não desafinam o som geral da orquestra que é bastante afinado.

Caros leitores que gostem de música e queiram saber mais sobre a ciência e a técnica por detrás dela: têm ao seu alcance em língua portuguesa um recurso incontornável.

Carlos Fiolhais
tcarlos@teor.fis.uc.pt

DEUS E A RESSURREIÇÃO DOS MORTOS



Frank Tipler, "A Física da Imortalidade". Cosmologia Moderna, Deus e a Ressurreição dos Mortos", Bizâncio, 2003.

Foi recentemente publicado em Portugal, no prelo da Bizâncio, um livro com um título curioso - "A Física da Imortalidade" - e com um subtítulo ainda mais curioso - "Cosmologia Moderna, Deus e a Ressurreição dos Mortos".

Curiosíssimo é o facto de o autor, Frank Tipler, ser um reputado físico-matemático de uma bem conhecida universidade norte-americana, a Tulane University, situada na Saint Charles Avenue, na elegante "uptown" de New Orleans, Louisiana. Tipler trabalha no Gibson Hall, a mansão onde foram rodadas algumas cenas do filme "Dossier Pelicano" (com Julia Roberts), sendo a relatividade geral a sua especialidade.

É a primeira vez desde o "cisma" ocorrido com Galileu por causa de Copérnico (uma questão cosmológica...) que a física e a teologia aparecem tão intimamente unidas. Para quem ler o prefácio, não restam dúvidas sobre as intenções do autor:

"...A teologia é um ramo da física,... os físicos podem inferir a existência de Deus através do cálculo e a probabilidade da ressurreição dos mortos para a vida eterna

exactamente da mesma forma como os físicos calculam as propriedades do electrão..."

E logo a seguir, como que respondendo a quem tenha dúvidas, o autor acrescenta:

"Estou a falar muito seriamente, mas estou tão surpreso como o leitor. Quando iniciei a minha carreira como investigador, há cerca de 20 anos [o livro original é de 1994], era um ateu convicto. Nunca imaginei nos meus sonhos mais loucos, que um dia viria a escrever um livro com o objectivo de mostrar que as afirmações da teologia judaico-cristã são de facto verdadeiras, que elas são deduções directas das leis da física como as entendemos agora. Fui obrigado a chegar a estas conclusões pela lógica inexorável do meu ramo de especialidade, a física".

A mensagem é, sem dúvida, surpreendente para quem está habituado a separar as águas entre ciência e religião. Aqui a religião é simplesmente "engolida" pela ciência, como se a ciência fosse tudo e tudo pudesse. Com franqueza, acho o livro bastante interessante, pelo que recomendo, mas a pretensão do autor parece-me francamente exagerada. Não penso que as quase quinhentas páginas consigam convencer quem não está já convencido da "ressurreição dos mortos". Acresce que os argumentos nem sempre são fáceis de seguir, recorrendo Tipler, além do texto principal, a um largo "Apêndice para Cientistas", com mais de cem páginas recheadas de equações.

Mas de que ciência trata afinal o livro? Tipler usa a doutrina da relatividade geral, que bem conhece, para analisar um modelo cosmológico, que talvez tenha caído um pouco em desuso nos últimos tempos (observações de supernovas indicam que o universo está em expansão acelerada), no qual o universo se contrai para no final cair num ponto, o "ponto ómega". Tipler parece motivado pelas teses teleológicas do padre Teilhard de Chardin. É nesse hipotético "ponto ómega" que todo o mundo e toda a humanidade se virá a reunir - a tal "ressurreição dos mortos" que serve de isco ao leitor no subtítulo. Seria o "big bang" (o "ponto alfa") ao contrário.

Contudo, ao contrário do padre Chardin, para Tipler a existência do "ponto ómega"

está associada a previsões da física, que se podem verificar experimentalmente.

Tipler chega a prever um valor para a massa do bóson de Higgs, a partícula ainda não descoberta que constitui o "Santo Graal" da física das altas energias. No ano de publicação do livro, Tipler, compreendendo como era difícil publicar essa sua previsão num artigo "normal" de uma revista científica, aproveitou uma sua revisão de um outro livro na "Nature" para a enunciar, ainda que sem prova. Escreveu: "Se Deus existe então a massa do quark top tem de ser 185 mais ou menos 20 GeV e se Deus é humano então a massa do bóson de Higgs tem de ser 220 mais ou menos 20 GeV". Com afirmações destas não admira que o título da revisão - "Deus nas equações" - tenha sido censurado pelos editores da revista...

Como mostra este episódio, Tipler possui, para além de uma grande bagagem científico-cultural, um aguçado sentido de humor. Fala muito, sobre qualquer assunto. Conta bastantes histórias. Tem, por vezes, imensa graça. Tem graça, por exemplo, quando dedica o livro aos avós da sua esposa, que é polaca, escrevendo "todos os três, cidadãos de Torun, Polónia, local de nascimento de Copérnico, morreram esperando a ressurreição universal, esperança que, mostrarei neste livro, se cumprirá no final dos tempos."

Algumas histórias de Tipler são famosas no mundo académico da Física. Uma das histórias que circulam, não sei se apócrifa, relata que numa "book review" de "Física da Imortalidade" apareceu uma gralha que transformou "Física da Imortalidade" em "Física da Imoralidade" (em inglês, passou de "Immortality" para "Immorality", o que é só a queda de uma letra). Mas a piada não acaba aqui. Não é que Tipler, ao ver a gralha, comentou: "Ora aqui está um excelente título para o meu próximo livro". Talvez estivesse a imaginar um subtítulo com a palavra "sexo"...

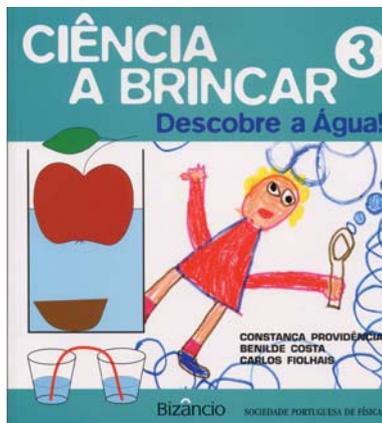
O volume aqui em questão é o segundo livro do autor. O primeiro foi um erudito trabalho de colaboração com o astrónomo inglês (e divulgador científico) John Barrow, intitulado "The Anthropic Cosmological Principle" (não há tradução

em português). O princípio antrópico oferece uma explicação da "máquina do mundo" não pelas suas causas, como é tradição em ciência, mas pelas suas finalidades. De acordo com o princípio antrópico, o mundo é como é porque, se não fosse assim, não estaríamos cá para o observar. O argumento é passível de muitas objecções...

Como todos os autores, Tipler gosta de vendas: deve estar agora contente com esta edição em Portugal, tão contente quanto se mostrou quando a rede TV Globo de televisão lhe pediu uma entrevista para o "Fantástico", um programa de grande audiência no Brasil. A edição chega-nos pelas mãos da editora Bizâncio, aparecendo integrada numa das poucas colecções de ciência que hoje se publicam. "A Física da Imortalidade" é o número 14 da colecção "A Máquina do Mundo", que a Bizâncio confiou a José Félix Costa, matemático do Instituto Superior Técnico de Lisboa. Outros títulos leitores dessa colecção que merecem são "O Quarteto de Cambridge" de John Casti, "T. Rex e a Cratera da Destruição", de Walter Alvarez e o recente "Ciência ou Vodu", de Robert Park. A esta colecção, que está como as outras da Bizâncio sob a supervisão de Luís Alves, deseja-se o maior futuro. Se não chegar até ao "ponto ómega", que chegue pelo menos o mais próximo possível dele. Isto no caso do "ponto ómega" existir.

C.F.

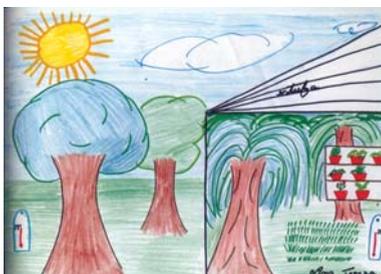
CIÊNCIA A BRINCAR 3



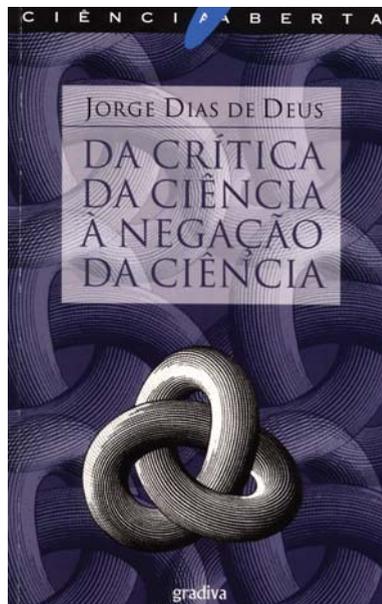
Constança Providência, Benilde Costa e Carlos Fiolhais, "Ciência a Brincar 3, Descobre a Água!", Bizâncio, Lisboa, 2003.

Não há duas sem três! Assim, depois de "Ciência a Brincar", que rapidamente se esgotou (acabou de sair a terceira edição), seguiram-se "Ciência a Brincar 2 - Descobre a Terra!" e "Ciência a Brincar 3- Descobre a Água!", agora vinda a lume na Bizâncio, em coedição com a Sociedade Portuguesa de Física. Os três pequenos volumes, que são independentes, constituem no seu conjunto um valioso meio para a educação científica de crianças do pré-escolar e do 1º ciclo do ensino básico.

Ver <http://nautilus.fis.uc.pt/spf/cab.html>



CIÊNCIA: DA CRÍTICA À NEGAÇÃO



Jorge Dias de Deus, "Da Crítica da Ciência à Negação da Ciência", Gradiva, Lisboa, 2003

A colecção "Ciência Aberta" da Gradiva acaba de ser enriquecida por mais um livro de um cientista português. Trata-se do terceiro livro de Jorge Dias de Deus nessa colecção: depois do nº 11 ("Ciência, Curiosidade e Maldição") e do nº 101 ("Viagens no Espaço-Tempo"), o nº 130 intitula-se "Da Crítica da Ciência à Negação da Ciência".

O próprio título do livro indica que ele está estruturado em duas partes, com objectivos diferentes e até, como o autor explica no prefácio, com origens temporais e motivações diferentes. "A Crítica da Ciência" retoma um livro que Dias de Deus coordenou para a editor Zahar do Brasil no já longínquo ano de 1974 e reanima a discussão à volta do velho problema dos perigos e limitações da ciências. Por sua vez, "A Negação da Ciência" é uma crítica, contundente ainda que cortez, à "crítica da ciência". Dias de Deus refuta as teses, internacionais mas com recente expressão entre nós, que anunciam o "fim da ciência" a partir da denúncia de uma eventual crise profunda.

As ideias do autor são expressas de forma clara nas 120 páginas do livro (50 páginas sobre a "crítica" e 70 sobre a

"negação"). O discurso é fluido e está polvilhado por expressões de fino humor que prendem o leitor até ao final da leitura (o volume lê-se bem em pouco mais do que uma hora, embora se possa voltar depois a uma ou outra passagem a fim de a saborear melhor). Dias de Deus é professor de Física no Instituto Superior Técnico, em Lisboa. Como activo praticante de ciência sabe bem o que é - e, também, o que não é - a ciência. Vem decerto daí a clareza e a convicção reveladas no seu ensaio. Por outro lado, a habilidade do autor para a divulgação de ciência junto do grande público está bem patente no livro, ainda que, desta vez, ele esteja a falar menos dos factos e feitos da ciência e mais do modo como a ciência funciona e se relaciona com a sociedade.

A tese do autor é simples, sendo fácil concordar com ela. Se aceita que a ciência, porque é um entre vários outros empreendimentos humanos (apesar do apelido do autor, a ciência é feita por homens e não por deuses!), é passível de críticas, nomeadamente as que são feitas de um ponto de vista sociológico, já não aceita que essa crítica chegue ao ponto de negar o valor da ciência, como fazem algumas correntes do chamado "pós-modernismo". Dias de Deus faz uma bela apologia da ciência ao concluir as suas conclusões:

"Portanto, a ciência não deve, e não pode, prometer futuros radiantes, sejam eles terrestres ou celestiais. Como todas as coisas humanas, o conhecimento que ela produz é falível e perecível. Mas, nem por isso a ciência deixa de ser um impressionante movimento de libertação do espírito, e de constituir uma valiosa componente da cultura humana".

A cinta do livro, escolhida pelo editor Guilherme Valente, realça a definição que acima é dada de ciência: "*Um impressionante movimento de libertação do espírito*". Que é como quem diz: quem recusa a ciência está a prender o espírito, ou, por outras palavras, a cair no obscurantismo.

Dias de Deus, com este final, decide-se implicitamente pelo segundo dos dois argumentos a favor da ciência que tinha enunciado no início da sua exposição: a "*eficácia da ciência*", mostrada pela

omnipresença da tecnologia no mundo moderno, e a "*tradição anárquica e não dogmática da ciência, que faz esta viver à custa de uma luta constante entre ideias, teorias, experiências, aplicações*". É a liberdade de espírito que permite afinal procurar a verdade e reconhecer o erro...

Estou, como não podia deixar de ser, perfeitamente de acordo com esta conclusão. O maior valor da ciência reside na possibilidade de levar o espírito humano mais longe, exercendo continuamente a interrogação. A ciência é acima de tudo a "curiosidade" em acção. O facto de ela permitir melhorar a qualidade da vida humana no planeta é como que um "bónus". A ciência é útil à vida mas, como afirmou o matemático francês Henri Poincaré, "*o cientista não estuda a Natureza porque isso é útil*". Assim, as críticas à chamada "tecnociência" (um termo que não é criticado por Dias de Deus, apesar de as relações entre ciência e técnica estarem longe de ser lineares a ponto de permitirem a fusão dos dois nomes) falham muitas vezes o alvo - a ciência - que pretendem atingir.

Ainda que de acordo com a tese essencial, não posso porém deixar de comentar algumas passagens com as quais tenho alguma dificuldade em me identificar. Na p. 12 vem escrito que a "*dominação global do capitalismo, a que hoje se assiste, assenta no desenvolvimento da ciência e da tecnologia*". E, mais adiante, na p. 20: "*É bem sabido que a ciência moderna e capitalismo têm vivido em regime de núpcias quase perfeito, há já mais de três séculos*". É verdade! Mas, dito assim sem mais nem menos, pode fazer esquecer que o socialismo real, que disputou durante muito tempo ao capitalismo o poder do mundo, também assentava na ciência e na tecnologia. A União Soviética foi um viveiro de grandes cientistas e técnicos. Foi Lenine quem disse que "*o comunismo é o poder dos soviets mais a electricidade*" e foi a ex-URSS que lançou o primeiro satélite no espaço. A associação que se faz entre capitalismo e ciência, e que tão bem serve a alguns "críticos", pode ser um pouco redutora.

Outro ponto: na p. 56, Jorge Dias de Deus escreve com um humor indiscutível:

"... sempre que se me depara a "caça" aos erros científicos, lembro-me logo dos esforçados funcionários camarários na caça aos cães vadios, para futuro abate, como se estes, ao contrário dos cães bem integrados, não tivessem direito à vida..." Pela parte que me toca, sinto por vezes pena dos cães vadios, mas não tenho grande pena dos erros científicos. E, depois, há erros e erros, assim como há vários tipos de cães de vadios, uns mais perigosos do que os outros. Faço notar que o próprio autor desmonta vários erros ao longo do livro, como por exemplo o "fim da física" por causa do princípio da incerteza ou o "fim da matemática" por causa do teorema de Goedel. De resto, a busca do erro é parte essencial da ciência, sendo necessária para a tal "libertação do espírito".

Por falar em erros, há ao longo do erro alguns - não muitos - erros de revisão. Seja-me permitido apontá-los, embora me possa ser apontado o zelo de um "funcionário camarário" em busca de uns raros "cães vadios". Em vários sítios, o nome do filósofo e historiador de ciência Thomas Kuhn aparece gralhado (começa logo na p. 19 e na página seguinte há um curioso "Khuniana", com maiúscula. Na p. 63 aparece "ascensão" em vez de "ascensão", na p. 83 "Haley" em vez de "Halley" e, pior que tudo, na p. 92 "Einstein" em vez de "Einstein". Não sei como é que o revisor deixou passar estas falhas. Outra crítica - esta não ao revisor mas ao autor - é que a bibliografia teria sido mais útil à maioria dos leitores se tivesse indicado as versões em português das obras de Dyson, Feynabend e Penrose (Penrose até saiu na mesma colecção "Ciência Aberta"). Na bibliografia, o título do livro de Planck também está gralhado.

Em resumo, "Da Crítica da Ciência à Negação da Ciência" é um livro que ajuda a perceber a ciência tal como ela é, e não como alguns querem que ela seja. É um livro que ajuda a dirimir algumas polémicas que recentemente surgiram no mundo e que tiveram alguma repercussão entre nós. Leitor, faça o favor de o ler!

C. F.

UMA IDEIA CÓSMICA DE FELICIDADE



Teresa Direitinho, "O Princípio da Atracção", Oficina do Livro, Lisboa 2003

Começamos pela história que se conta neste livro. Ao enterrarem uma garrafa no olival de um monte alentejano com os seus desejos de adolescentes, Laura, Artur e David dão início a uma demanda dos mistérios da amizade e do amor. A questão para a qual procuram resposta é: poderão estes ser entendidos à luz das leis universais que explicam os fenómenos físicos da terra e dos astros?

Tudo começa no Verão de 1978, prolongando-se até ao final do século XX, através de Portugal, Inglaterra, algumas cidades da Europa, Estados Unidos e Austrália. Nesse périplo o leitor acompanha as dúvidas e certezas ligadas ao processo de crescimento dos três personagens principais, narradas pela voz de Laura que, certa noite, ao olhar para os céus do Alentejo, descobriu uma ideia "cós mica" de felicidade, à qual talvez fosse possível chegar através do fascinante mundo da Astronomia. Antes disso, porém, havia outras opções a tomar, como se pode constatar pela leitura de um excerto:

"O meu problema nem sequer tinha a ver com a falta de potencialidades ou desinteresse; pelo contrário: gostava de demasiadas coisas. Teria, de bom grado, decidido passar a vida a estudar (com uma cadência própria, claro!) as matérias mais diversificadas: Física, Astronomia, Geografia, Literatura, Antropologia, História de Arte... sempre tive um fraco por Leonardo da Vinci! (...) Mas a decisão estava tomada: Física, fossem quais fossem as consequências. E, bem vistas as coisas, ela até apresentava vantagens concretas: teria oportunidade de aprofundar o estudo das forças atractivas (como poderiam variar em intensidade e alcance); e também de aprender mais sobre termodinâmica... talvez depois compreendesse por que motivo tinha tendência a

gerar no meu interior reacções químicas de uma natureza tão exotérmica!"

A autora de "O Princípio da Atracção é Teresa Direitinho, uma jovem que estudou Ciências Geofísicas/Oceanografia na Faculdade de Ciências de Lisboa, foi professora do Ensino Básico e coordenadora de formação profissional, e assina aqui a sua primeira incursão no campo da literatura. Uma citação do físico Albert Einstein - "a gravitação não pode ser tida como responsável pelo facto de as pessoas se apaixonarem" - faz jus à formação académica da escritora e, de certo modo, constitui a chave para a compreensão da obra, redigida em tom fluente e de forma leve.

Por todas estas razões, constitui uma opção de leitura neste Natal para quem se interessa simultaneamente por literatura e por ciência.

Encontra-se mais informação disponível no site da autora em <http://www.teresadireitinho.com>.

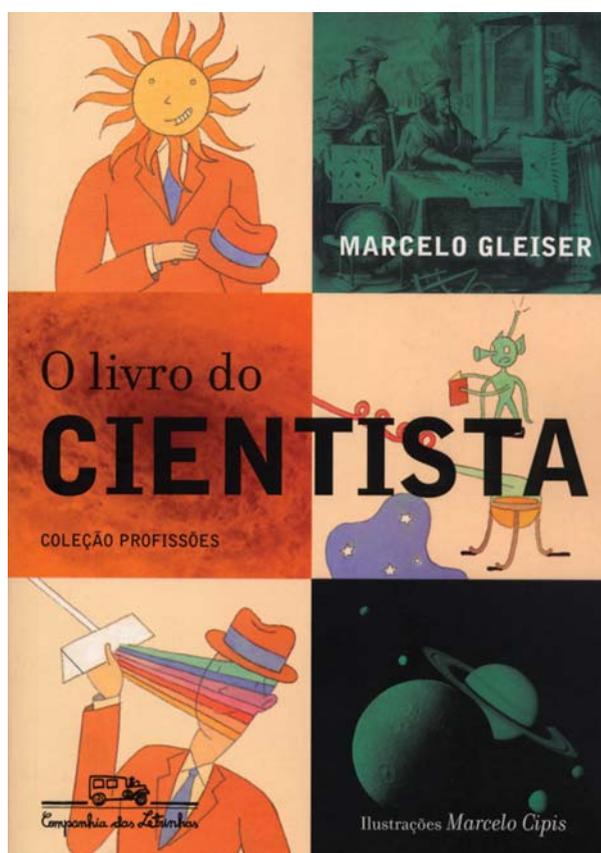
Carlos Pessoa
gazeta@teor.fis.uc.pt



O "SITE" DO TRIMESTRE

<http://www.physicsonstage.net>

A terceira edição do festival "Physics on Stage" (cujo subtítulo é "Um programa para professores europeus de ciências") realizou-se de 8 a 15 de Novembro no ESTEC/ESA, na cidade holandesa de Noordwijk. O tema foi a relação da Física com as ciências da vida. Lembra-se que a primeira edição teve lugar no CERN, em Genève, Suíça, no ano de 2000, e a segunda se realizou no ESTEC em 2002, tendo Portugal participado em todas as três edições.



CONTANDO ESTRELAS

MARCELO GLEISER

In "O Livro do Cientista", Companhia das Letrinhas, São Paulo, Brasil, 2003, publicado com a amável autorização da editora

Mas quem é que vai te pagar para você ficar contando estrelas, filho? Você não acha essa sua ideia de ser 'físico' meio maluca? Afinal de contas, o que é que significa ser cientista? É ficar pensando no mundo, dando aulas na universidade? É isso? É esse o futuro que você quer? Coisa de sonhador, isso sim!" Assim discursou meu querido pai quando tive coragem e lhe dizer que havia decidido me transferir do curso de engenharia química para o curso de física. Eu já sabia que isso ia acontecer. Meu pai, um excelente dentista, queria que eu aplicasse o meu interesse pela ciência em coisas mais concretas, mais práticas, do que o estudo do Universo, das estrelas, dos átomos e de coisas ainda menores do que eles. Achava, e com certa razão, que eu podia me dedicar à ciência "como hobby", nas horas vagas, "como o que eu faço com o meu piano".

Do mesmo jeito que ninguém precisa ser músico ou tocar um instrumento para gostar de música, ninguém precisa

ser um cientista para apreciar as fantásticas descobertas da ciência. Pois é, meu pai achava que eu devia cursar engenharia: "O Brasil precisa de engenheiros", dizia, sem dúvida com ótimas intenções. Meu pai, como todos os pais, queria o melhor para mim. E, na visão dele, ser cientista era uma escolha meio arriscada para o meu futuro profissional.

O resultado desta "campanha paterna" foi que acabei prestando vestibular para a faculdade de engenharia química da Universidade Federal do Rio de Janeiro. E lá fiquei por dois anos, fazendo o ciclo básico, os dois primeiros anos do curso de engenharia que, felizmente, têm muito em comum com o de física. Não que eu tenha alguma coisa contra os engenheiros. Muito pelo contrário!

Meu problema não era a engenharia em si, mas o que eu queria fazer da minha vida. Bem que tentei gostar de

engenharia. Pensei até em certos projetos em que poderia trabalhar, como o reprocessamento de lixo para eliminar a poluição, ou o uso de energia solar. Mas não tinha jeito.

Eu era uma negação no laboratório de química, e só queria saber de assuntos mais exóticos ("coisas de sonhador"), como a Teoria da Relatividade de Einstein, os buracos negros, os elétrons e a radioatividade, a origem do Universo...

Desde pequeno, sempre fui fascinado pelos mistérios do mundo. Quando tinha uns sete anos, Luiz e Rogério, meus irmãos mais velhos, ganharam um livro sobre animais chamado *Os mamíferos*. Pois é, irmão mais velho não serve só para atazanar a vida dos menores. Às vezes, entre algumas torturas domésticas, como quando eles botaram pimenta no meu pão e disseram que era "molho de carne, que você gosta tanto", ou quando o Rogério resolveu testar na minha perna a pressão (que era, claro, bem fraquinha) do revólver de chumbinho, meus irmãos dividiam um pouco da sua "sabedoria" com o insignificante caçula. (Mas minha vingança não tardou. Quando eu tinha dez anos, meu pai casou de novo, e eu também ganhei um irmão caçula para atazanar...) Sentavam-se durante horas comigo (bem, talvez uma meia hora) para ler o livro sobre mamíferos, e me explicavam todos os detalhes e diferenças entre um leopardo e uma chita. Ou entre uma baleia e um narval. (Você sabe o que é um narval?).

E eu me perguntava como era possível existirem tantos animais no mundo. Será que uns três ou quatro já não bastariam? O que determinava quantos animais podiam

existir na Terra? Será que havia alguma explicação para isso? A coisa ficou ainda mais interessante quando descobri que não foi sempre que existiram os animais, ou mesmo a Terra. Animais aparecem e desaparecem (ou se tornam extintos), e a Terra se formou há aproximadamente 4,5 bilhões de anos. Ou seja, tudo o que existe, das montanhas e oceanos aos animais, e até o próprio mundo, *tem uma história com começo, meio e fim*.

Essa foi a revelação mais importante da minha vida. Se tudo tem uma história, talvez seja possível descobri-la.

Como surgem e desaparecem os animais, os planetas, as estrelas, e mesmo o Universo, que contém tudo o que existe? O que pode ser mais fascinante do que passar a vida tentando decifrar esses mistérios? Era isso que eu queria fazer quando crescesse, ser um detective da Natureza, buscando aqui e ali pistas que explicassem por que as coisas são como são. E foi o que acabou acontecendo quando me transferi da engenharia para a física e resolvi ser cientista. Concluí que é inútil tentarmos ser o que não somos. Se eu ficasse na engenharia, mesmo que me tornasse um engenheiro eficiente, passaria o resto da vida frustrado, pensando no que teria acontecido se eu tivesse tido a coragem de ser cientista. E frustrado eu não queria ser. Afinal, a vida é uma só. Meu pai, sábio que era, entendeu isso muito bem e me deu a bênção. No meu céu, nenhuma estrela brilha tão forte como a dele.

Marcelo Gleiser, físico brasileiro, é professor de Física e Astronomia no Dartmouth College, nos Estados Unidos da América.

O seu primeiro livro, "The Dancing Universe": From Creation Myths to the Big Bang", foi publicado em inglês, português e alemão. No Brasil ganhou o prêmio "Joluti" de 1998 para o melhor livro de ciência.

O seu livro mais recente, "The Prophet and the Astronomer", publicado pela Norton, ganhou no Brasil o prêmio "Joluti" de 2002.

CARO SÓCIA/O DA SPF:

Na etiqueta que acompanha a "Gazeta de Física", consta o último ano de quota paga. Não se esqueça de regularizar a sua situação.

A SPF agradece!

Visite o nosso "site"

<http://spf.pt>

e faça-se sócio da Sociedade Portuguesa de Física

NOS PRÓXIMOS NÚMEROS



UMA NOVA PILHA DE COMBUSTÍVEL

Humberto Pereira

TEORIAS COSMOLÓGICAS ANTIGAS

Luís Miguel Bernardo

QUE VIVA A FÍSICA

Bela Mulder