

G A Z E T A D E

# FÍSICA

---



SOCIEDADE PORTUGUESA DE FÍSICA

VOL. 20 • FASC. 1 • 1997 • PUBLICAÇÃO TRIMESTRAL • JANEIRO / MARÇO

## GAZETA DE FÍSICA — REVISTA FUNDADA EM 1946

### Gazeta de Física

Propriedade da Sociedade Portuguesa de Física

ISSN: 0367-3561

Registo na DGCS n.º 10 72 80 de 13/5/80

Depósito Legal n.º 51419/91

Publicação Trimestral

N.º 1 — 1997

### Redacção e Administração

Avenida da República, 37-4.º — 1050 Lisboa

Telefone (01) 799.36.65

Fax (01) 795.23.49

### Directores

João Bessa Sousa (FCUP)

Carlos Fiolhais (FCTUC)

### Comissão de Redacção e Administração

Carlos Matos Ferreira (IST)

Margarida Telo da Gama (FCUL)

Ana Maria Eiró (FCUL)

Maria Margarida Cruz (FCUL)

### Preparação e Revisão de Texto

Florbela Martins Teixeira

### Execução Gráfica

*Imprensa Portuguesa*

Rua Formosa, 108 - 116 — 4000 Porto

Telefone (02) 200.24.66

Fax (02) 201.51.05

Tiragem: 3700 exemplares

Preço avulso: 650\$00

Assinatura anual (quatro números):

2000\$00 (Continente, Açores, Madeira e Macau)

35 US dólares (estrangeiro)

---

**Número especial subsidiado pelo  
Ministério de Ciência e Tecnologia  
Para distribuição gratuita pelas  
Escolas do Ensino Secundário e Superior**

A **Gazeta de 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 4000 palavras, incluindo figuras; 1 figura corresponde em média a 140 palavras). Deverão ter sempre um curto resumo, não excedendo 130 palavras. Deve ser indicado o(s) endereço(s) completo(s) das instituições dos autores. Agradece-se o envio do texto em disquete (de preferência «Word» para Macintosh ou PC). Os originais de figuras devem ser apresentados em folhas separadas, prontos para reprodução. Endereço para correspondência: **Gazeta de Física - Sociedade Portuguesa de Física, Av. da República, 37 - 4.º — 1050 Lisboa.**

---

**Na capa: RÓMULO DE CARVALHO** (1907 - 1997), um dos fundadores da **Gazeta de Física**, grande Pedagogo e Homem de Cultura do nosso século.

# SUMÁRIO

2

EDITORIAL

3

A EPOPEIA DO COMEÇO DA GAZETA DE FÍSICA

Lídia Salgueiro

6

COMO SE MEDIU A CARGA DO ELECTRÃO

Rómulo de Carvalho

10

RÓMULO DE CARVALHO

Artur Marques da Costa

15

OS MEUS LIVROS PREFERIDOS DE RÓMULO DE CARVALHO

Carlos Fiolhais

18

MEU CARO DR. RÓMULO DE CARVALHO

20

ALGUNS POEMAS DE ANTÓNIO GEDEÃO

22

PELO ENSINO EXPERIMENTAL DAS CIÊNCIAS

41

UMA APRENDIZAGEM DA FÍSICA QUATRO DÉCADAS ATRÁS

Cândido Marciano da Silva

46

MUSEU DE FÍSICA DA UNIVERSIDADE DE COIMBRA

47

OLIMPÍADAS DE FÍSICA

55

PROGRAMA NÓNIO SÉCULO XXI

59

FÍSICA EM ACÇÃO

61

EXAMES DO 12.º ANO 1996/97

63

SPF NA INTERNET

## EDITORIAL

A SPF comemora com este número especial os cinquenta anos da *Gazeta de Física*. Era nossa intenção assinalar, também, os 90 anos de um dos fundadores e principais redactores, ao longo de décadas, o Professor Rómulo de Carvalho; o seu recente falecimento transforma o presente fascículo numa homenagem à sua memória.

Cinquenta anos é um período suficientemente longo para conter um pouco de tudo, desde o entusiasmo inicial às forçadas interrupções na publicação, da afluência intensa de textos a uma carência preocupante, das dificuldades financeiras à existência de apoios muito significativos, da permanente insatisfação à busca de novos ajustamentos. A *Gazeta* orgulha-se do seu passado e propõe-se enfrentar o futuro. Promete continuar, esperando contar cada vez mais com o empenho da comunidade dos físicos portugueses que constitui afinal a sua razão de ser. São bem-vindos todos os contributos para a tornar melhor, mais atenta, mais útil e mais rigorosa.

Os noventa anos do Prof. Rómulo de Carvalho, feitos no final de 1996, levaram-nos a reservar um espaço alargado dedicado à sua figura e à sua obra, realizada com uma permanente exigência pela qualidade e autenticidade do saber, numa perspectiva multifacetada, eminentemente cultural e prospectiva. Foi com júbilo que nos associámos, já no último número, à pública homenagem nacional a Rómulo de Carvalho, que assinalou essa data.

Estava este número especial da *Gazeta* em preparação quando recebemos, com emoção, a notícia do falecimento do Prof. Rómulo de Carvalho. Nada mais adequado do que dedicar estas páginas à sua memória. Trata-se de reconhecer o papel de um colega que, desinteressada e competentemente, dedicou parte significativa da sua vida a escrever em prol do desenvolvimento da Física e do Ensino da Física em Portugal.

Dividimos assim o número em duas partes: na primeira lembramos a epopeia dos primeiros números, pela pena abalizada de uma fundadora, a Prof.<sup>a</sup> Lídia Salgueiro, e reimprimimos um texto de Rómulo de Carvalho (ele próprio fundador da revista) extraído do primeiro número, a propósito, na altura, dos cinquenta anos da descoberta do electrão e que hoje, sem qualquer modificação, serve muito bem para evocar os cem anos dessa partícula fundamental. Uma das maneiras de comemorarmos os cinquenta anos atentos aos sinais dos tempos é a presença na *Internet*: o índice completo da *Gazeta* já está na *Internet* (<http://nautilus.fis.uc.pt/~spf/gazeta/gazeta.htm>), sendo possível uma pesquisa fácil. Por outro lado, um número completo, justamente o número que marcou o início da

série com a actual apresentação gráfica e que contém uma entrevista com Rómulo de Carvalho, está disponível na mesma rede. Esperamos vir a alargar esse serviço.

Na segunda parte damos espaço a um texto biográfico dedicado a Rómulo de Carvalho, da autoria de um seu discípulo e amigo, o Dr. Artur Marques da Costa, e a um texto de um outro seu amigo de uma geração mais recente, o Prof. António Nunes dos Santos. Há ainda um breve comentário bibliográfico, que pretende apenas abrir aos mais novos o apetite para a descoberta das obras de ensaio do homenageado e a transcrição de alguns poemas. Como a homenagem nacional a Rómulo de Carvalho decorreu sob o pertinente mote da "Física Experimental", temos o maior gosto em deixar aqui as "actas" das palestras que se realizaram na Escola Secundária Pedro Nunes, Lisboa, no dia 22 de Novembro de 1996. Para além dos agradecimentos aos participantes, que cederam os seus textos, são devidos agradecimentos especiais ao Prof. Cândido Marciano da Silva, que coordenou a sessão, e que também amavelmente nos cedeu um texto, onde, a propósito de Rómulo de Carvalho, invoca os seus tempos de aluno liceal de Física.

Procurámos também, neste número, estar atentos ao presente. Tal é particularmente oportuno quando já está no terreno o programa "Ciência Viva", da responsabilidade do Ministério da Ciência e Tecnologia, e o programa "Nónio" do Ministério da Educação. Uma vez que a SPF está cada vez mais activa, incluímos várias notícias sobre as actividades em curso.

Em próximo número daremos espaço às questões muito importantes da avaliação das Unidades de Investigação portuguesas, bem como dos cursos de Física e Engenharia Física.

Por último, um apelo. A SPF para ser mais interviniente precisa da participação activa de mais sócios, em particular, necessita dos sócios colectivos que podem ser as escolas básicas, secundárias, superiores e os centros de investigação. Graças ao apoio do Ministério da Ciência e Tecnologia, que agradecemos, este número chegará gratuitamente às escolas de todo o país. Esperamos que as escolas que ainda o não são se façam sócias da SPF e assim, a seguir a este, continuem a receber os números da *Gazeta* e ainda a *Europhysics News*. Para isso, basta preencher a folha dentro da revista. Uma sociedade, para o ser verdadeiramente, precisa de ter muitos sócios e de beneficiar do interesse de cada um dos seus sócios!

A Direcção da *Gazeta de Física*



# A EPOPEIA DO COMEÇO DA GAZETA DE FÍSICA

LÍDIA SALGUEIRO

Departamento de Física da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa

Antes de nos referirmos ao lançamento desta revista, há que fazer uma introdução, correspondente à criação e desenvolvimento do Centro de Estudos de Física, anexo ao Laboratório de Física da Faculdade de Ciências de Lisboa.

Este Centro foi oficialmente criado em 1940, embora existisse "potencialmente" desde 1929, e em 1930, pela primeira vez, tivesse sido enviado ao estrangeiro um bolseiro português, docente do referido Laboratório de Física.

Era então já director do laboratório o professor A. Cyrillo Soares que, embora não fosse um investigador, assumiu desde a sua criação as funções de Director do Centro, as quais abandonou, a seu pedido, em 1947.

A falta de recursos materiais dos nossos laboratórios universitários não favorecia a criação de ambiente adequado ao desenvolvimento de actividade científica. Por essa razão, o Instituto de Alta Cultura enviou para o estrangeiro numerosos diplomados pelas nossas Escolas Superiores para realizarem estágios de duração apreciável em Centros de renome. O regresso desses bolsieiros permitiu que instruissem jovens estudantes e os atraíssem com entusiasmo para a investigação científica.

Ao fim de uma dezena de anos, o Instituto de Alta Cultura conseguiu demonstrar a utilidade da sua função pela produção de trabalhos científicos de merecimento e reconhecer a necessidade de se criarem órgãos para publicação desses resultados e do estabelecimento de relações científicas com investigadores estrangeiros.

Referindo apenas os docentes do Laboratório de Física da Universidade de Lisboa, Manuel Valadares foi enviado em 1930 para o Laboratório Curie, onde permaneceu até 1933, tendo Aurélio Marques da Silva ingressado no mesmo Laboratório

neste último ano. Ambos realizaram em Paris o seu doutoramento, tendo posteriormente sido iniciada, sob a sua orientação, investigação em Física Nuclear e Espectrometria de Raios X. As instalações foram praticamente montadas com material antiquado e, na sua maioria, emprestado. Vários jovens foram atraídos para o Centro de Física pelo generoso ambiente ali criado e pelo esforço feito em prol da investigação em Portugal.



**Memórias da fundação da Gazeta de Física, por um membro da sua primeira Direcção**

Em 1940, Armando Gibert foi enviado para o Instituto de Física "Der Eidgenossische Technische Hochschule", onde realizou o seu doutoramento.

Não cabe, no âmbito desta exposição, alargarmo-nos na descrição do que constituiu a actividade do Centro de Estudos referido. Diremos apenas que, em virtude dos resultados obtidos, o

Instituto para a Alta Cultura resolveu subsidiar a publicação da revista *Portugaliae Physica*, na qual os físicos poderiam publicar os seus trabalhos de investigação originais. A necessidade desta revista era ainda justificada pela dificuldade de publicação de trabalhos em revistas estrangeiras, dado que se vivia em plena Guerra Mundial. O primeiro número desta revista foi publicado em 1943. O Editor era o Prof. A. Cyrillo Soares e a comissão de redacção constituída pelos Profs. A. Cyrillo Soares, M. T. Antunes, A. Marques da Silva, e M. Valadares.

O Prof. Cyrillo Soares deu grande apoio a esta revista, de que era Editor, e manifestou interesse pela publicação de uma revista de âmbito mais ligado à divulgação da Física, que se designaria por *Gazeta de Física*.

Após várias reuniões entre os trabalhadores científicos ligados a estudos de Física, estabeleceu-se que o nome de Armando Gibert ficaria como Fundador da nova revista, pois tinha sido um dos mais acérrimos defensores da sua criação. A Direcção era constituída por J. Xavier de Brito, Rómulo de Carvalho, Armando Gibert e Lídia Salgueiro.

Um dos problemas; desde logo preocupantes, era a ausência total de qualquer subsídio para esta publicação. Apenas se poderia contar com quotas de assinantes e eventuais anunciantes que quisessem contribuir para a sua publicação. Apesar destas dificuldades, o primeiro número foi publicado em Outubro de 1946.

Um dos problemas que nos preocupou foi o de decidir como deveria ser apresentada a capa da revista, pois considerávamos ser este um ponto importante. Após termos examinado numerosas revistas, tomámos uma decisão, que nos satisfiz e mereceu o elogio das pessoas que tomaram contacto com o primeiro número da *Gazeta de Física*. Estabeleceu-se que a revista deveria ser trimestral, o que foi conseguido, apesar das numerosas dificuldades com que foi necessário lutar; no entanto, nunca foi possível publicar quatro fascículos no mesmo ano.

Para entusiasmar e elucidar o público português interessado por estudos de física, divulgou-se uma circular, de que transcrevemos uma parte:

**"A Gazeta de Física tem por primeiro e grande objectivo contribuir activamente para o desenvolvimento e elevação dos estudos da Física em Portugal em todos os graus de ensino, assim como para o esclarecimento de um público mais vasto sobre a posição real da intervenção da Física na vida moderna e sobre a acção do nível científico dos físicos e técnico-físicos no ritmo e na independência do progresso industrial do nosso país..."**

No primeiro artigo da revista, Armando Gibert escreveu um artigo intitulado "Tribuna da Física, Em Nome da Direcção". Neste artigo, justifica a importância de uma revista desta natureza, defendendo vários pontos de vista importantes:

- Saliencia a necessidade de criação de uma Licenciatura em Física, com o aumento do ensino prático e

redução das aulas magistrais; defendia ainda a organização de Seminários e Colóquios referentes a vários problemas relacionados com o ensino da Física.

- Mostra o interesse da publicação de artigos referentes a temas de ensino, quer teóricos quer práticos, da realização de conferências, da colaboração com professores e alunos do ensino secundário e universitário.

- Sugere a expansão da Física a indústrias que associassem físicos às suas empresas, havendo assim uma projecção da Física para o exterior. A. Gibert sempre se bateu pela existência da profissão de físico.

No mesmo número da *Gazeta*, Rómulo de Carvalho preconiza o interesse da Direcção pela publicação dos pontos escritos de Física referentes aos exames de aptidão às escolas superiores do País. Esta publicação, além do evidente interesse para os alunos, permitiria mostrar o lado defeituoso de algumas das questões postas.

Lutou-se, por vezes, com falta de colaboração que tivesse o nível que se pretendia dar à revista. Embora houvesse muitos assinantes entre os professores do ensino secundário, a sua colaboração foi sempre muito escassa, com excepção dos artigos escritos por Rómulo de Carvalho. Estes artigos consistiam fundamentalmente na descrição e sugestão de experiências a realizar, que levassem os alunos a interessar-se pelo estudo da Física. Rómulo de Carvalho considerava extremamente importante o desenvolvimento da Física experimental.

A revista conseguiu atingir um nível elevado, que a levou a ser conhecida no estrangeiro, havendo numerosas revistas, algumas de grande valor científico, que enviavam regularmente os fascículos publicados, recebendo em troca a *Gazeta de Física*. Em geral, indicava-se no fim de cada número da *Gazeta* a relação das revistas recebidas.

A *Gazeta de Física* constituiu, a nível mundial, uma das primeiras publicações periódicas exclusivamente dedicadas ao ensino e à divulgação da Física.

O maior problema da revista era a grande dificuldade em conseguir a sua subsistência. A Direcção tinha numerosas reuniões, por vezes conflituosas, por falta de acordo sobre o modo de obtenção de meios materiais, mas era grande a amizade que unia todos os seus membros e as aparentes divergências acabavam sempre por desaparecer.

Havia sido criada a Tipografia Matemática, destinada à composição de revistas científicas de Matemática e Física. No entanto, a *Gazeta de Física* ainda não existia e não ficou englobada nas revistas referidas. Apesar disso, foi possível convencer o encarregado da direcção da tipografia a fazer a composição da *Gazeta*. Surgia no entanto o facto pouco agradável de os pagamentos referentes a esta publicação serem sempre feitos com um atraso que, muitas vezes, excedia largamente o desejável. O encarregado da contabilidade aparecia frequentemente no Laboratório de Física apresentando as contas a pagar mas, muitas vezes, regressava de mãos vazias... O que nos valia era a sua bondade e compreensão da difícil situação em que nos encontrávamos.

O número de assinantes era bastante elevado, mas infelizmente uma grande maioria não satisfazia o quantitativo das assinaturas com a regularidade desejável. Isso obrigava-nos a enviar frequentemente circulares aos assinantes pedindo a urgente regularização das contas. Estou certa que se o referido atraso não sucedesse talvez a revista conseguisse sobreviver com muito menos problemas.

A outra fonte de receita de que dispúnhamos consistia nos anúncios, obtidos com grande dificuldade, mas que, mesmo assim, nos ajudaram bastante.

A partir de 1954, a Direcção foi substituída por uma Comissão de Redacção que englobava os membros da Direcção e outros físicos interessados na publicação da revista. Passaram a fazer parte desta comissão M. Augusta Peres Fernandes, J. Gomes Ferreira, Ramiro Monteiro e M. H. Carepa. Posteriormente foram integrados F. Bragança Gil, Frederico G. Carvalho, Maria Teresa Gonçalves, Rui Namorado Rosa, J. Bessa de Sousa e Mário Trigueiros. Embora a situação financeira não tivesse melhorado por este facto, teve o interesse de mostrar que físicos mais jovens se interessavam por esta publicação e que consideravam importante o fim a que se destinava.

Muitos de nós tirávamos parte do nosso tempo para ir a estabelecimentos comerciais ou empresas, solici-

tando a inserção de anúncios na revista. Alguns desses anúncios não tinham nada a ver com Física, o que aumentava a dificuldade de os obter. Por fim, apenas questões de amizade pessoal levavam à obtenção de anúncios a publicar na revista. No entanto, o volume 5 da revista (1970/71) já não contem qualquer anúncio...

Apesar de o número de fascículos publicados correspondente aos 5 volumes não ter sido o desejável, parece-nos que se conseguiu concretizar, em grande parte, o desejo expresso pela circular enviada ao público interessado pela Física no início da publicação da revista.

Presto a minha homenagem aos membros da Direcção inicial, J. Xavier de Brito, A. Gibert e Rómulo de Carvalho, infelizmente já desaparecidos, pelo interesse e coragem com que lutaram pela elevação do nível do ensino da Física em Portugal.

Em 25 de Janeiro de 1975, numa sessão da Assembleia Geral da Sociedade Portuguesa de Física realizada em Coimbra, resolveu-se propor que a *Portugaliae Physica* e a *Gazeta da Física* passassem a ser consideradas como órgãos da Sociedade, o que foi aprovado. Feita a transferência para a Sociedade Portuguesa de Física, a sua publicação deixou de ter os mesmos problemas financeiros.

Confesso que nos desiludiu a alteração do "visual da revista" nos números publicados após a integração na Sociedade Portuguesa de Física, pelo facto de a sua dimensão ter sido alterada e de a capa ter um aspecto que nos pareceu muito menos atractivo. Ficámos satisfeitos quando voltou a ser publicada com o aspecto que lhe déramos inicialmente.

Neste pequeno artigo pretendemos apenas indicar as razões que levaram à publicação da *Gazeta de Física* e elucidar os leitores mais jovens sobre as dificuldades que houve que superar para que esta revista conseguisse sobreviver apesar das condições bastante difíceis que teve que vencer.

Congratulamo-nos com o alto nível que a revista atingiu, mas a outros caberá mostrar o interesse da sua actual organização e dos assuntos publicados, que mostram bem a preocupação de uma actualização permanente no domínio da Física.

A Prof.<sup>a</sup> Lidia Coelho Salgueiro, que fez parte da primeira Direcção da *Gazeta de Física* e foi uma das impulsionadoras desta revista, é Professora Catedrática Aposentada do Departamento de Física da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. Licenciou-se em Ciências Físico-Químicas na Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa em 1941, tendo obtido o grau de Doutor pela mesma Universidade em 1945, sob a orientação do Prof. Manuel Valadares, com quem trabalhou até 1947. Professora Catedrática desde 1974, aposentou-se, por motivos de saúde, em 1978, continuando, no entanto, a efectuar investigação científica. Trabalhou sobretudo nas áreas de Física Nuclear Experimental e da espectroscopia de raios X. É sócia correspondente da Academia de Ciências de Lisboa desde 1981.

## GAZETA DE FÍSICA

Vol. I, Fasc. 1 Outubro de 1946

### SUMÁRIO

1. Tribuná da Física	
Em nome da Direcção por Armando Gibert	1
Ensino e investigação por Armando Cavillo Soares	3
2. Ensino Médio da Física	
Exames de Aptidão por Rómulo de Carvalho	5
3. Ensino Superior da Física	
Ensino prático da Física F. Q. N. por Lidia Salgueiro	6
4. Exames do Ensino Médio	
Pontos de Exames de Aptidão. Resol. de Rómulo de Carvalho	9
5. Exames Universitários	
Pontos de Exame. Resoluções de Giugliano Vieira	10
7. Problemas propostos	
Palavras prévias por Amaro Monteiro	12
8. Divulgação e Vulgarização	
Como se mediu a carga do electrão por Rómulo de Carvalho	13
9. História e Antologia	
Engenharia atómica? por Vladimir Van Kármán	18
Gabriel Lippmann por Maria Helena Biane de Sousa	20
10. Química	
Origem e objectivo desta secção por Marieta da Silveira	20
Nomenclatura química por Alice Maria Magalhães	21
Pontos de Exames de Aptidão	22
Problemas de Exames Universitários	23
11. A Física nas suas aplicações	
A Física e a Engenharia Civil por Manuel Rêgo	24
12. Informações Várias	31

A matéria de cada artigo é tirada sob a inteira responsabilidade do autor

Correspondência dirigida a  
GAZETA DE FÍSICA  
Laboratório da Física, P. O. L.  
R. da Escola Politécnica — LISBOA

NÚMERO AVULSO ESC. 10\$00  
Condições de assinatura:  
4 Números (1 ano) Esc. 30\$00  
12 Números (3 anos) Esc. 75\$00

Dep.: LIVRARIA ESCOLAR EDITORA — R. da Escola Politécnica, 68-72 — Tel. 6 4040 — LISBOA

Consulte o lista de preços dos nossos anúncios

Tipografia de Matemática, Lda. — Lisboa

### RESPONSÁVEIS DAS SECÇÕES

1. TRIBUNA DE FÍSICA	Armando Gibert
2. O ENSINO MÉDIO DA FÍSICA	J. Xavier de Brito
3. O ENSINO SUPERIOR DA FÍSICA	F. Soares Duro e Lidia Salgueiro
4. EXAMES DO ENSINO MÉDIO	Rómulo de Carvalho
5. EXAMES UNIVERSITÁRIOS	Carlos Braga, João de Almeida Santos, José Sarmento e Giugliano Vieira
6. PROBLEMAS DE INVESTIGAÇÃO EM FÍSICA	Manuel Valadares
7. PROBLEMAS PROPOSTOS	Amaro Monteiro
8. DIVULGAÇÃO E VULGARIZAÇÃO	Rómulo de Carvalho
9. HISTÓRIA E ANTOLOGIA	Lidia Salgueiro
10. QUÍMICA	Alice Maria Magalhães, Afonso Morgenshtern e Marieta da Silveira
11. A FÍSICA NAS SUAS APLICAÇÕES	Armando Gibert
12. INFORMAÇÕES VÁRIAS	Ilizcaço

DIRECÇÃO:  
Jaime Xavier de Brito  
Rómulo de Carvalho  
Armando Gibert  
Lidia Salgueiro

SECRETÁRIO:  
Maria Augusta Pérez Fernandes

PROPRIEDADE E EDIÇÃO:  
Gazeta de Matemática, Lda.

# COMO SE MEDIU A CARGA DO ELECTRÃO \*

RÓMULO DE CARVALHO

Professor do Liceu de Camões, Lisboa

## 1. Os fluidos eléctricos

Até 1833 a interpretação dos fenómenos eléctricos assentava na existência vaga de dois fluidos que os corpos possuíam independentemente da matéria que os formava. Tinham esses fluidos os nomes de positivo e negativo e existiam normalmente em quantidades iguais em vários corpos.

Se, por qualquer motivo, um corpo perdesse parte desses fluidos ficaria carregado com electricidade de sinal igual ao do fluido que não perdera e que, por tal motivo, ficava em excesso em relação ao do outro sinal. A causa dessa electrização poderia ser, por exemplo, o atrito. Assim, um vidro friccionado com um pano de lã ficava com excesso de fluido positivo pois a lã arrancava-lhe parte do negativo. A lã ficava electrizada negativamente e o vidro electrizado positivamente.

Deste modo e doutros semelhantes se explicava com sedutora facilidade a electrização dos corpos e as suas manifestações eléctricas mais elementares. Quanto à natureza desses fluidos ninguém tinha ideias precisas porque também não as tinham acerca dos próprios fenómenos. O recurso ao «fluido» foi sempre, em toda a História da Física, um recurso de urgência para resolver interpretações difíceis. A palavra, acompanhada dum gesto vago, diz tudo e não explica nada.

## 2. O átomo de electricidade

Em 1833 surgem as primeiras razões para se admitir que os fenómenos eléctricos não são devidos a quaisquer fluidos imponderáveis, invisíveis e imateriais, mas sim a corpúsculos que juntos aos corpos ou retirados deles lhes concedem as propriedades eléctricas. Esta nova

ideia de corpúsculo não explica, na verdade, o facto eléctrico mas coloca o problema numa posição totalmente diferente da anterior. Que corpúsculo é esse? Que dimensões tem? Qual a sua massa? Como abandona os corpos? Como se introduz neles?

Um aspecto particularmente interessante desta nova ideia é o seu paralelismo com a ideia velhíssima da constituição corpuscular da matéria. Assim como se admite que a matéria é formada por pequeníssimas partículas, assim se passa a admitir o mesmo para a electricidade. Ao lado do átomo da matéria passa a existir o átomo de electricidade, como então se disse, dando à palavra átomo o sentido de corpúsculo elementar.

Foi o físico inglês Faraday que, em 1833, nos deu a primeira suspeita da existência dum corpúsculo de electricidade. Faraday, cujo nome glorioso é bastante para envaidecer uma Ciência, estudava então o efeito da passagem da corrente eléctrica através dos solutos aquosos de substâncias minerais. O fenómeno é hoje bem conhecido e dele resulta, em termos sumários a libertação de metais no eléctrodo negativo do vaso que contém o soluto. A massa da substância assim libertada depende da quantidade de electricidade que atravessa o soluto e é-lhe directamente proporcional. Verificou então Faraday que uma dada quantidade de electricidade ao atravessar um soluto dum ácido mineral liberta, no polo negativo do vaso, sempre a mesma massa de hidrogénio qualquer que seja o ácido que se utilize. Analogamente, se uma dada carga eléctrica atravessa o soluto dum sal dum metal  $M$ , a massa metálica libertada é sempre a mesma qualquer que seja o sal de que se trate.

\* Gazeta de Física, n.º 1, Outubro de 1946.

Os fluidos eléctricos

O átomo de electricidade

A teoria corpuscular

Medida da carga do electrão

Técnica e cálculos

Isso permite concluir imediatamente que há sempre uma certa quantidade de electricidade relacionada, seja como fôr, com as várias massas dos vários metais.

Concluiu-se da experiência que a carga eléctrica necessária para libertar 1 grama de hidrogénio era, em número aproximado, 96 540 coulombs, e também se concluiu que *essa mesma carga* eléctrica libertava, no caso de o soluto ser um de sal de prata, a massa aproximada de 108 gramas de prata.

O que há nestes números de mais impressionante é que eles (1 de hidrogénio e 108 de prata) correspondem às massas atómicas desses elementos, o que nos conduz a prever existência de inesperada relação entre as massas atómicas dos metais e as cargas eléctricas necessárias à sua libertação.

O resultado surpreendente a que se chegou foi este: todos os átomos-gramas de metais da mesma valência exigem a mesma carga eléctrica para se libertarem. Se a valência é de 1 o valor dessa carga é, aproximadamente, a que apontámos: 96 540 coulombs. Se a valência for 2 ou 3 a carga necessária será também 2 ou 3 vezes 96 540 coulombs.

Se, por outro lado, soubermos, como está averiguado, que o átomo-grama de qualquer elemento é constituído pelo mesmo número de átomos, concluiremos que a cada átomo da mesma valência (e agora repare-se bem que falamos em átomos e não em átomos-gramas) está associado a mesma carga eléctrica.

### 3. A teoria corpuscular

A primeira experiência que preparou a ideia da electricidade granular foi, como disse, realizada em 1833. As conclusões que resumimos nas linhas anteriores foram muito menos rápidas do que se poderia imaginar. Levaram algumas dezenas de anos a estabelecer-se, foram apoiadas por uns e criticadas por outros, até que se firmaram em segura base. Só bem no fim do século XIX é que se admite, sem controvérsia, a existência dum corpúsculo eléctrico relacionado com a existência do átomo. Foi só então, em 1891, que Stoney propôs que esse corpúsculo tivesse um nome próprio e o nome proposto e aceite foi o de *Electrão*.

Encontramo-nos assim em presença de uma *unidade natural de carga eléctrica*, o electrão. A sua definição, na época, apontada, será: a quantidade que deverá atravessar um soluto para libertar no eléctrodo negativo um átomo de hidrogénio ou um átomo de qualquer outro elemento monovalente.

Terminou o século XIX convencido da existência de corpúsculos materiais (moléculas e átomos) e de grãos de electricidade (os electrões). Com estes se pretendiam explicar as propriedades eléctricas da matéria.

Começa, porém o século XX e logo, no seu alvorecer, se alarga de maneira imprevista e soberba o conhecimento da estrutura dos corpos. O olhar arguto dos cientistas devassa a intimidade insuspeitada dos corpúsculos.

O átomo deixa de ser a partícula una e indivisível para ser um pequeno universo de partículas várias que gravitam sem descanso segundo leis novas onde o arrojo da concepção dos físicos é posta à prova mesmo sob a pena de destruírem muito saber anteriormente acumulado.

Dentro da nova ideia o grão de electricidade passa a considerar-se componente de tudo quanto existe, desde o muitíssimo pequeno até ao muitíssimo grande. Agora tudo são grãos de electricidade. Todos os átomos de todos os elementos são formados por partículas que são grãos de electricidade, umas positivas e outras negativas, em número maior ou menor, consoante a natureza do átomo. Todas estas cargas, porém, em cada átomo, compensam os seus efeitos e o conjunto apresenta-se-nos neutro como na velha teoria dos dois fluidos quando ambos se compensavam. Se, eventualmente, entrar ou sair desse pequeno universo, um ou mais grãos de electricidade, eis que o conjunto se desequilibra e aí o temos electrizado positivamente ou negativamente, conforme a mecânica do fenómeno.

Assim se passa a explicar, com maior experiência ou menor cópia de pormenores, as propriedades eléctricas da matéria. O termo electrão mantém-se através das novas concepções mas como agora há corpúsculos eléctricos de duas espécies reserva-se o nome para o corpúsculo negativa. A linguagem própria passa então a ser esta: se um átomo dum elemento perde, não importa como nem porquê, um ou mais dos seus electrões (que são negativos) fica electrizado positivamente e passa a denominar-se um *ião positivo*; se, pelo contrário, um átomo capta um ou mais electrões fica electrizado negativamente e deixa de ser um átomo para ser um *ião negativo*.

### 4. O fundamento do processo da medida directa da carga do electrão

Se qualquer porção de matéria é constituída por corpúsculos eléctricos será possível isolar um ou mais deles e medir-lhes a carga?

Qual o homem que não estaca de assombro perante o arrojo desta pergunta? Pois bem. A pergunta feita e a resposta foi dada. Isolou-se um electrão e mediu-se-lhe a carga eléctrica, directamente, apesar de se tratar duma partícula cujas dimensões do átomo vão muito abaixo das dimensões do átomo as quais já por si são tão insignificantes que não podemos concebê-las.

O gigante da Física que mediu directamente a carga foi Robert-Andrews Millikan no Laboratório Norman Bridge do Instituto da Califórnia em Pasadena. Este trabalho, como todos os trabalhos científicos, não surgiu esporadicamente da mão e do cérebro dum só homem. Outros antecederam e outros acompanharam. Com Millikan, porém, o problema foi magistralmente resolvido, com requintes técnicos admiráveis e ao fim de muitos anos de esforços continuamente aperfeiçoados.

Eis o fundamento do processo da medida directa da carga do electrão.

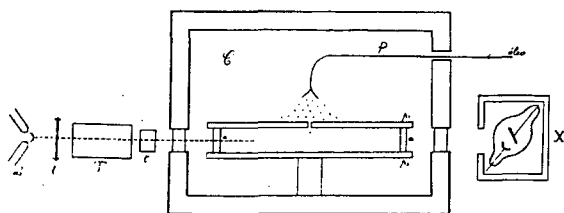
Imaginemos uma chuva de gotas muito miudinhas que caem verticalmente e serenamente. Suponhamos que é possível separar uma só gota de todas as outras e que, de qualquer modo, a electrizamos. Electrizar-la significa, dentro da teoria que apresentamos, que obrigamos a gota a libertar um ou mais electrões dos seus átomos ou então que a forçamos a captar um ou mais electrões existentes no espaço onde ela cai. No primeiro caso a gota ficaria electrizada positivamente e no segundo caso, negativamente.

Imaginemos agora que esta gota electrizada é obrigada a prosseguir a sua queda no intervalo entre dois pratos metálicos colocados horizontalmente e a pequena distância um do outro. Se, durante essa queda, ligarmos os pratos a um circuito eléctrico, o movimento da queda livre da gota será imediatamente perturbado. Se a gota estiver electrizada positivamente será atraída para o prato negativo e se o estiver negativamente será atraída para o positivo. Esta atracção, dirigida no mesmo sentido ou no sentido oposto da queda da gota, modificará a velocidade do movimento e será então possível conhecer o valor da carga eléctrica a partir do conhecimento da mudança que a velocidade sofreu.

Foi esta extraordinária concepção que Millikan realizou com surpreendente êxito. Veja como.

## 5. A técnica do processo

Em 1916, depois de alguns anos de experiências cada vez mais cuidadosas e minuciosas, Millikan terminou o seu trabalho. A figura que se segue mostra, muito sumariamente, o dispositivo, utilizado. Nela está indicado só o que é essencial à compreensão do assunto mas, na realidade, a aparelhagem era muito mais complicada. Sigamos a ordem indicada anteriormente.



1.º *Formação da chuva de gotas miudinhas* — O tubo  $P$  da figura representa um pulverizador que era accionado por pressão de ar muito bem seco e liberto de todas as poeiras. Por meio dele lançava-se azeite na câmara  $C$  o qual se espalhava em gotas finíssimas cujos raios eram da ordem de um milésimo de milímetro. Toda

a câmara  $C$  estava contida noutro recipiente (que a figura não representa) e completamente envolvido por 40 litros de um óleo cujo fim era o de manter constante a temperatura da câmara, condição essencial para o bom êxito da experiência.

2.º *Isolamento de uma gota* — No meio do prato circular  $p_1$ , fizera-se um orifício tão fino como se fosse aberto por uma agulha fina que o atravessasse. Das várias gotas que caíam lentamente na câmara  $C$ , havia uma, de quando em quando, que caía na direcção do orifício e ficava na situação desejada entre os pratos  $p_1$ , e  $p_2$ . Mas... como ver esta gota?

Da seguinte maneira. Os dois pratos  $p_1$  e  $p_2$ , que eram discos de latão com 22 cm de diâmetro, estavam situados a 16 mm um do outro e rodeados por um anel ( $a, a$ ) de ebonite que fechava completamente o intervalo entre os pratos. Nesse anel abriram-se três pequenas janelas em posições convenientes. (A figura só representa duas:  $a, a$ ). Por uma delas (suponhamos a da esquerda da figura) entrava um feixe intenso de luz que ia iluminar a gota que porventura entrasse no intervalo dos pratos. Por umas das outras janelas (suponhamos a que não está indicada na figura) o observador via a gota iluminada como se fosse uma estrela brilhante no meio obscuro dos pratos. A luz era produzida por uma lâmpada de arco e atravessava primeiramente uma tina  $T$  de 80 cm de comprimento, cheia de água, e depois outra,  $t$ , com soluto de cloreto cúprico, ambas com o fim de absorver os raios caloríficos da luz. Pela segunda janela indicada observava-se a gota por meio de uma luneta de curto foco e cuja ocular continha uma escala que permitia medir a velocidade com que a gota caía.

3.º *Electrização da gota* — A electrização da gota era feita por meio dos raios X emitidos por uma ampola. É sabido que os raios X tornam os gases condutores pois descarregam um electroscópio colocado no ambiente que os raios influenciam. Quando a radiação atravessa o meio considerado expulsa electrões dos átomos que formam esse meio. Se a radiação incidir sobre a gota que cai, ela torna-se positiva devido à perda de electrões, e a sua carga será então igual e de sinal contrário à carga que perdeu. Saber a carga que possui é o mesmo saber a carga que perdeu. No dispositivo de Millikan a radiação produzida em  $X$  incidia no intervalo entre os pratos passando através da terceira janela  $a$  (à direita da figura).

4.º *Circuito dos pratos* — Os pratos  $p_1$  e  $p_2$  faziam parte dum circuito alimentado por uma bateria de 10 mil volts. Um comutador apropriado permitia dar aos pratos o sinal que mais conviesse e também pô-los em curto-circuito. Millikan conseguia observar a queda da gota electrizada durante minutos sucessivos sem sair do pequeno intervalo entre os pratos, ora fazendo-as subir, ora fazendo-as descer, ora fazendo-a parar.

5.º *A medida das velocidades da gota* era feita por meio da luneta do observador. Na ocular da luneta estavam 3 fios equidistantes cujas distâncias eram rigorosa-



mente conhecidas. Um cronógrafo especial gravava os tempos das subidas e descidas com a precisão de centésimos de segundo.

## 6. Os cálculos

Sabemos que forças de intensidades diferentes aplicadas ao mesmo corpo lhe concedem velocidades proporcionais aos valores das forças. Seja  $mg$  o peso da gota;  $v_1$ , a sua velocidade em queda livre;  $Fe$  a força eléctrica que solicita a gota, sendo  $e$  a sua carga e  $F$  o valor do campo criado pelo circuito dos pratos no intervalo entre eles;  $v_2$  a velocidade do movimento quando a gota está sujeita, simultaneamente ao seu peso e ao campo eléctrico. Teremos:

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{mg}{Fe \pm mg}$$

Os sinais  $+$  e  $-$  referem-se aos casos das duas forças actuantes terem o mesmo sentido ou sentidos contrários.

Quanto ao valor  $e$  que se pretende conhecer, ele pode naturalmente ser a carga de 1 electrão ou de mais do que 1. Contudo, em muitíssimas experiências realizadas por Millikan, foi sempre encontrado um valor mínimo de  $e$ , o qual valor foi de  $4,774 \times 10^{-10}$  U. Es. Q. (unidades electrostáticas de quantidades de electricidade).

A massa  $m$  da gota, que é esférica, calcula-se pela expressão  $m = 4/3 \pi a^3 \sigma$  em que  $a$  é o raio da gota e  $\sigma$  a sua massa específica.

Por seu turno o raio da gota foi calculado a partir da fórmula de Stokes que dá a velocidade da queda duma esfera polida e rígida através dum meio uniforme. Ela diz que:

$$v_1 = \frac{2}{9} \frac{ga^2}{\eta} (\sigma - \rho)$$

em que  $\eta$  é a viscosidade do ar e  $\rho$  a sua massa específica.

Todas as constantes foram determinadas com extraordinário rigor o que exigiu pacientes e delicadíssimos trabalhos á margem do fim principal da obra.

Página imortal da Física é esta e padrão glorioso de quanto pode o génio dos homens.

\* Reimpressão do artigo publicado por Rómulo de Carvalho, no primeiro número da Gazeta de Física, em Outubro de 1946.

O autor era, na época, professor do Liceu de Camões e membro da primeira Direcção da Gazeta de Física.

## Centenário da Descoberta do Electrão <sup>1</sup>

A comemoração científica do ano é incontestavelmente a descoberta, em 1897, da primeira partícula elementar, que estabelece a ligação entre a Física e a Química, que é a base da computação actual, e que se veio a transformar num servo fiel e incansável da Humanidade — o *electrão*.

Joseph John Thomson (Prémio Nobel da Física em 1906) identificou o que hoje chamamos electrão há 100 anos. O relato habitual do seu sucesso valoriza o modo como Thomson conseguiu sujeitar os chamados raios catódicos à acção conjunta de campos eléctricos e magnéticos, ajustados de modo a ser nula a deflexão total do feixe catódico.

A equação do equilíbrio de forças, que daí resulta, forneceu um valor para a razão *carga-massa* ( $e/m$ ) das partículas que, de acordo com a maioria dos físicos ingleses do tempo, constituíam os raios catódicos. Uma vez que o valor de  $e/m$  então encontrado era 1000 vezes maior do que a razão carga-massa do ião de hidrogénio determinada por electrólise ( $E/M$ ). Thomson teve de escolher entre as hipóteses  $e > E$ ,  $m < M$  ou ambas. Escolheu  $m = M/1000$  de modo a ter um *corpúsculo* suficientemente pequeno para descrever o comportamento dos raios catódicos. Conjecturou que estes corpúsculos eram os constituintes não apenas dos raios catódicos mas também de toda a matéria.

Esta conjectura estava evidentemente à frente dos factos. No entanto, em breve foi convincentemente aceite pela comunidade científica. Essa convicção não se deveu propriamente a Thomson ter encontrado um método de exercer uma força electrostática sobre as partículas dos raios catódicos. Impôs-se sobretudo por um conjunto de investigações experimentais — algumas delas independentes de Thomson mas realizadas no Laboratório Cavendish, Cambridge, que ele próprio dirigia — que estavam em perfeito acordo com a sua extrapolação.

Nesses trabalhos incluem-se as descobertas de que as razões *carga-massa* (i) das partículas libertadas em metais iluminados por luz ultravioleta (ii) dos iões então supostamente responsáveis pela emissão de linhas espectrais no efeito Zeeman (iii) e a fracção facilmente absorvida, chamada *beta*, dos raios emitidos por substâncias radioactivas, eram em todos os casos aproximadamente iguais ao valor de  $e/m$  do corpúsculo acima referido. Verificou-se também que as cargas transportadas por iões gasosos negativos eram pequenos múltiplos de  $e$ . Em 1900, a maior parte dos físicos concordava com Thomson e reconhecia que a sua descoberta tinha transformado completamente a sua ciência.

Entre os cientistas que desempenharam um papel nos acontecimentos de 1897 estava um estudante de Thomson, Ernest Rutherford, que nesse ano distinguiu correctamente os raios alfa dos beta; Marie Curie, que identificou o átomo de urânio como fonte dos "raios de urânio"; e Walter Kaufmann, que também obteve um valor de  $e/m$  para os raios catódicos, mas que não soube o que fazer com esse resultado. O *corpúsculo* tornou-se o *electrão* quando toda a gente concordou que transportava a carga unitária, carga que tinha sido chamada electrão em 1891, mais ou menos na altura em que Thomson começou o estudo dos raios catódicos. A facilidade de manipular e explorar o electrão para fins práticos foi ilustrada logo no ano da sua descoberta por Karl Ferdinand Braun (Prémio Nobel da Física em 1909), que projectou um precursor do osciloscópio que, na sua forma moderna, também é o tubo de imagens dos aparelhos de televisão.

<sup>1</sup> Tradução parcial do artigo "Eighteen — ninety-seven and all that", por J. L. Heilbron e W. F. Bynum, *Nature*, vol. 385, 2 de Janeiro de 1997.

## RÓMULO DE CARVALHO



1906 — 1997

ARTUR MARQUES DA COSTA

Colégio Militar, Lisboa

*O médico que só sabe de medicina, nem de medicina sabe.*

Abel Salazar

*Rómulo de Carvalho aprendeu de Gedeão o gosto pelos objectos simples, pela história singelamente contada, pela experiência quotidiana. Quanto a Gedeão, penso nele como companheiro de carteira de Rómulo na aprendizagem interior do espírito da física, cedo feita de ensinar os outros.*

José Mariano Gago

(do prefácio de "A Física no Dia a Dia",  
de Rómulo de Carvalho, 1995)

É com uma história triste de meio século que irei iniciar a lembrança do grande mestre. Dois meses depois da destruição das cidades japonesas de Hiroshima e Nagasáqui (Agosto de 1945) iria conhecer o Dr. Rómulo de Carvalho. Já lá vão mais de 51 anos!

É, também, este o intervalo de tempo que medeia entre os trágicos acontecimentos que antecederam o fim da 2.<sup>a</sup> Guerra Mundial e a "criação", em Darmstadt (Alemanha), do elemento com o número atómico 112 (Fevereiro/1996). Mas qual o motivo porque recorro a estas efemérides? Porque foi Rómulo de Carvalho que, com os seus magníficos trabalhos de divulgação:

*História do Átomo*

*História da Radioactividade*

*História dos Isótopos*

*História da Energia Nuclear,*

encaminhou muitos jovens estudantes para o mundo das partículas nucleares, da estrutura da matéria e das radiações. Não resisto, até, à citação do último parágrafo dum desses saborosos livrinhos (1962):

"Todos estes progressos, devidos à descoberta dos radioisótopos, são admiráveis e bem nos podemos congratular, nós, os homens destes meados do século XX, pelos benefícios que a Ciência nos oferece."

Pois bem, foi em Outubro de 1945 que comecei a ter um professor que, no processo de comunicação com os seus alunos, mostrava a influência que a Ciência e a Tecnologia têm sobre a vida quotidiana de todos e nos fazia sentir como a relação entre a Ciência e a Sociedade é tão importante. As mutações e as inovações da Ciência, a criação e a invenção, descritas por ele, des-

pertavam, em mim e nos meus colegas, um entusiasmo de adolescentes, nós que iniciávamos a aprendizagem duma nova disciplina liceal, as Ciências Físico-Naturais, como, na altura, era designada. Nessa altura ainda não nos apercebíamos como as conquistas do homem, muitas vezes, acarretam uma dolorosa acomodação duma sociedade em permanente torvelinho.

Rómulo de Carvalho confrontava-nos com situações e problemas novos da Ciência, fazendo a sua difusão e interessando-nos pela leitura de livros que tivessem a ver com a história e a divulgação da Ciência. A exigência de grande rigor, na exposição e na experimentação nas suas aulas, era um seu atributo que marcou, vincadamente, a minha passagem pelas suas aulas, no Liceu de Camões. Esse rigor manifestava-se também no cálculo e na linguagem, falada e escrita. Uma vez que o Dr. Rómulo de Carvalho ia interrogar um aluno, perguntou-lhe se tinha estudado, e o aluno respondeu logo: "um bocado". Essa exigência, com a linguagem e a prática da língua portuguesa, nas suas aulas, provocou-lhe uma consideração imediata: "Olha, não deves dizer bocado, pois bocado é o que se apanha com a boca, mas já que estudaste um bocado, vamos a ver o que engoliste...". Era frequente esta prática subtil de ironia, que sempre o acompanhou. Ainda há bem pouco tempo, há menos de dois meses, quando lhe perguntava a opinião sobre um magnífico livro de arte, escrito por uma nossa colega (do seu Liceu Pedro Nunes), sobre os painéis da Capela-mor da Igreja do Convento de Jesus, de Setúbal, e que a autora lhe tinha oferecido, disse-me, compassadamente: "O livro não é bom... é muito mais do que isso, é magnífico!"

Mas voltando ao rigor na experimentação, posso dizer que tenho, ainda, bem vivos na minha mente todos os passos e a precisão com que Rômulo "percorreu", na célebre experiência de Torricelli. Esta experiência, magnífica e delicada, que dificilmente se esquece, provocou em mim, já aluno da Faculdade de Ciências de Lisboa, o interesse pela leitura das cartas trocadas, em 1647 e 1648, entre Pascal e seu cunhado Périer, que realizou experiências, em Puy de Dôme, para provar a variação da pressão atmosférica com a altitude.

Décadas antes de se falar na interdisciplinaridade já o professor a praticava de forma natural. As suas aulas eram preenchidas pela Física, pela Química e pelas Ciências da Natureza. Quando, por exemplo, na Mineralogia, o professor falava dos sistemas cristalinos da galena, da mica ou do quartzo, da sua composição química, das propriedades físicas, aliadas a estes arranjos, mostrava-nos que a beleza externa das estruturas cristalinas dependia da arquitectura interna em que os átomos, ou grupos de átomos, se organizavam. Ou quando falava da inserção das folhas num caule, e nos informava que as distâncias entre elas não é aleatória, mas obedece a uma lei matemática definida: os tais "caracteres matemáticos" de Galileu, com que a Natureza está escrita...



E o despertar do interesse pela leitura de divulgação científica? Recordo tão bem os primeiros livros que o Mestre nos entusiasmou a ler: "Tú y el Mundo Físico", (Karlson) e "El Mundo en la Retorta" (Flehtner).

Tratava-se de livros traduzidos em espanhol. Nós, com os nossos 13/14 anos, dizíamos: "Mas nós não sabemos espanhol!" E o professor ripostava: "Vocês, pela leitura, vão aprendendo a ciência e a língua." E foi bem verdade! Conservo, gostosa e religiosamente, esses livros, pois, por meio deles, "aventurei-me" pela divulgação científica... e aprendi, mesmo, a ler livros escritos em língua espanhola.

Recordo agora um episódio, muito recente, a propósito, não da língua espanhola... mas italiana. Num encontro havido com o Professor/Poeta, e sabendo ele do meu grande interesse pela língua e cultura italianas, mostrou-me um estudo sobre a sua poesia, publicado numa revista italiana, "L'Albero", dizendo-me que a tradução portuguesa do nome da revista era "Alvorada". Nessa altura, eu disse-lhe que a tradução de "Albero" era "Árvore" e não ..."Alvorada". Rômulo de Carvalho, com prontidão imediata e muita graça, ripostou: "Como vê, com esta idade, ainda estou a aprender!".

E o despertar do interesse pela cultura e pela arte? Não resisto a recordar uma história ligada aos painéis de mosaicos duma capela da Igreja de S. Roque, em Lisboa. "Quem os conhece?" Nenhum dos seus alunos! Contou então a história. No interior dessa igreja, do lado do Evangelho, existe a Capela de S. João Baptista, que é uma sumptuosa obra de arte, encomendada a artistas italianos. Após uma visita à igreja, o Rei D. João V constatou que a capela do santo com o seu nome estava bastante abandonada, e por isso se encarregou do seu cuidado. Mas o assombro desta capela para a qual o Rômulo tanto nos sensibilizou é o magnífico conjunto de três painéis de mosaicos policromos, realizados por Moretti. Passados alguns dias, muitos dos seus alunos tinham visitado a capela. Uma semente lançada e que tinha germinado...

O entusiasmo que punha ao falar dos autores/actores das descobertas ou da aventura do Homem como resultado da evolução científica, das interpretações do quotidiano, da conjugação entre o saber teórico e o prático, das dimensões filosóficas e históricas da Ciência, era uma faceta do seu ensino, que só anos mais tarde seria apreciada por nós em toda a sua dimensão.

Um professor qualificado não podia, décadas atrás, dispor de "recursos ambientais" interessantes e atraentes, como hoje. As "cores desse ambiente" tinham de ser, fatalmente, pedagógicas.

Essa preocupação pedagógica era uma constante no seu ensino e na sua prática. Já no ano de 1949, frequentando eu o Ensino Superior, tive a oportunidade de ler o seu artigo "Como se mediu a carga do electrão"<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Que este presente número da Gazeta torna a publicar...

## Homenagem a Rómulo de Carvalho

E há uma pequena história, também muito recente, ligada com o artigo referido que passo a contar, e que mostra o seu permanente grau de exigência e de preocupação. Um membro do Conselho Directivo da Escola Secundária Pedro Nunes escreveu um esclarecedor texto sobre Rómulo de Carvalho, para ser distribuído a professores e alunos da escola, no dia da sua condecoração pelo Presidente da República, que teve lugar a 17 de Dezembro passado. Pensei que seria interessante acrescentar a esse texto um outro, que seria o útil artigo de divulgação, escrito por Rómulo de Carvalho, "Como se mediu a carga do electrão". Quando pedi ao autor licença para a sua duplicação, Rómulo de Carvalho, cheio de preocupação, perguntou-me: "O Marques da Costa acha que vale a pena publicar este texto, já com 50 anos!?" E só quando lhe disse que o documento continuava actual, e com interesse para professores e alunos do 11.º e 12.º anos, Rómulo de Carvalho ripostou: "Então, nesse caso, diga para o reproduzirem..."

Rómulo de Carvalho usava a sua acção educativa, em variadas dimensões. Cito, a propósito, mais uma pequena história. Recordo que, quando dum estadia prolongada, nos Estados Unidos, eu observava, correntemente, nos termómetros de rua, as temperaturas expressas em graus Fahrenheit, e quase instantaneamente fazia a conversão para graus Celsius. Os colegas, que por vezes me acompanhavam, ficavam surpreendidos pela rapidez da operação. "Isto não é nenhum segredo", dizia eu. Isto é o resultado do "exercício mental" que Rómulo de Carvalho praticava connosco, pois quando nos falou da célebre fórmula de conversão

$$\frac{C}{F - 32} = \frac{5}{9} \quad \text{ou} \quad C = \frac{5}{9} (F - 32)$$

também logo acrescentou que havia outra maneira, expedita, de fazer essa conversão. "Divide-se por 2 a temperatura  $F$  diminuída de 32, e a este valor adicionamos 10%".

E tudo isto, claro, se faz "num abrir e fechar de olhos!" Exemplifiquemos com a temperatura de 100° F:

$$100 - 32 = 68 \quad 68 : 2 = 34 \quad 34 + 3,4 = \underline{37,4}$$

Pela aplicação da fórmula vem

$$C = \frac{5}{9} (F - 32) = \frac{5}{9} (100 - 32) = \underline{37,7}$$

O valor obtido, pelo tal processo expedito, é ligeiramente inferior (menos de 1%) ao valor obtido pela fórmula, o que não assume qualquer significado, quando se passa na rua, e se quer saber a temperatura Celsius!...

Esta pequena diferença resulta, do facto, de que no tal "processo da rua"

$$C = \frac{F - 32}{2} + 0,10 \frac{(F - 32)}{2} = \underline{0,55} (F - 32)$$

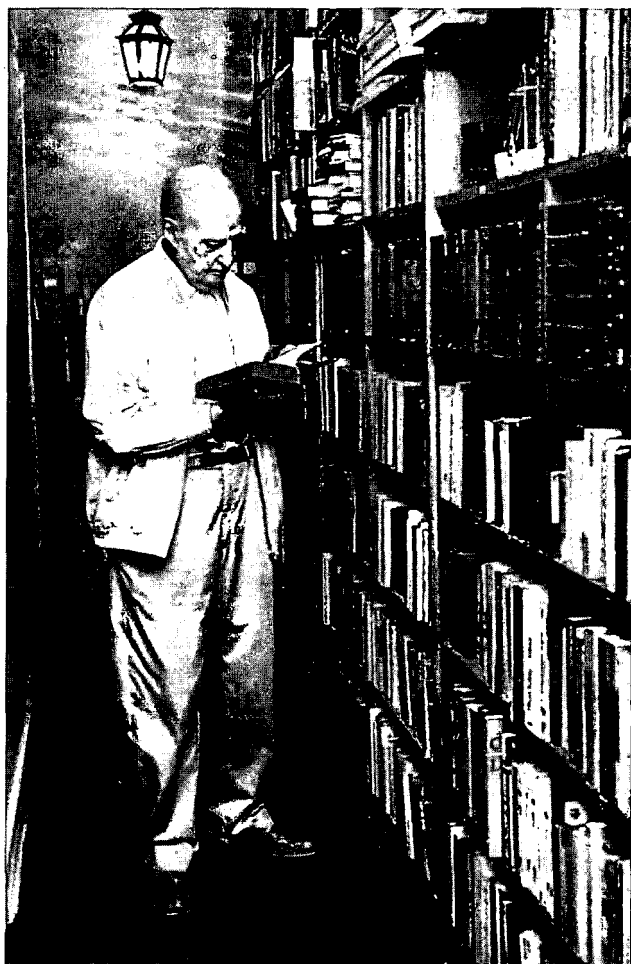
ao passo que, aplicando a fórmula, vem:

$$C = \frac{5}{9} (F - 32) = \underline{0,556} (F - 32)$$

Era este um dos vários pequenos exercícios aritméticos que o Dr. Rómulo desenvolvia connosco... e nos "obrigava" a praticar! Mas isto acontecia também na Geometria, na Trigonometria... Hoje, com os colegas, de há algumas décadas, recordamos como foi salutar e útil a prática desses exercícios! Pequenas coisas que, afinal, nunca foram esquecidas...

É talvez por isso que, quando nos juntamos, antigos alunos do Liceu Camões de há décadas, o primeiro professor de quem, gostosamente, nos recordamos é... o Rómulo.

Rómulo de Carvalho procurava realizar, um pouco, o que há algum tempo se chama Avaliação Contínua. Para além dos convencionais e regulares exercícios



escritos e da actividade experimental obrigatória (!), estava permanentemente a interrogar os seus alunos. Nós não nos surpreendíamos, portanto, que, quando era chegada a hora da avaliação (as notas finais do período), a classificação obtida não coincidissem com a média aritmética dos resultados obtidos nos exercícios escritos...

Há uns anos, quando da inauguração, do Museu da Ciência, nas antigas instalações da Faculdade de Ciências, constatei que havia muito mais gente à volta de Rómulo de Carvalho do que "girando" à volta do Dr. Mário Soares, que ia inaugurar o Museu. E não seria surpreendente que à volta do Presidente da República, por razões de natureza oficial e social, houvesse mais gente à sua volta!

No domínio das ciências humanas, interessava-nos pela Cultura e pela Arte. No ensino, propriamente dito, das matérias da disciplina, mostrava-nos como podíamos encontrar a Ciência nos objectos do nosso quotidiano.

Na difusão do conhecimento, procurava chamar a nossa atenção para o modo como a Ciência marca o contexto social...

Recorde-se, finalmente, que a Ciência, com a observação e a experimentação, procura o conhecimento objectivo do mundo. Mas, como deve zelar pela dignidade do Homem, os cientistas e os humanistas podem e devem estabelecer pontes apropriadas para o bem comum. E esta era, em certa medida, uma das linhas de orientação que, desde muito jovens, o Dr. Rómulo inculcou em nós...

Por isso, em 1973, na Escola Secundária Ferreira Borges (na época, Escola Comercial), eu e um outro Professor/Poeta, a minha colega Matilde Rosa Araújo, pessoa de rara sensibilidade, organizámos uma sessão, para se falar de Ciência e de Poesia. Para esse encontro, que teve a presença de Rómulo de Carvalho / António Gedeão, estava prevista a duração de hora e meia. Pois bem, essa sessão durou uma tarde, e a presença de muitos alunos foi entusiasmante. No fim, muitos deles vieram ter connosco, satisfeitos, dizendo "Aprendi hoje muito mais poesia do que em toda a minha vida!". A encerrar, os alunos receberam uma pequena publicação (das Edições ITAU) com o "Poema para Galileu". A Matilde, depois, no Jornal da escola, publicou um texto, cheio de poesia, sobre Gedeão. Afinal, uma poetisa a falar dum poeta!

Seja-me permitido, finalmente, agradecer ao Professor Rómulo de Carvalho tudo o que conseguiu fazer por milhares de estudantes que tiveram o privilégio de terem sido seus alunos. Motivar e interessar para a Ciência e para a Cultura, mas simultaneamente, mostrar e evidenciar que as Humanidades e as Ciências constituem um todo, e que só ele permite que

**o homem sonhe  
e o mundo pule e avance...**

## Notas biográficas de Rómulo de Carvalho

- Nasce na cidade de Lisboa, a 24 Novembro 1906.
- Em 1931, licencia-se em Ciências Físico-Químicas pela Faculdade de Ciências da Universidade do Porto.
- Passados três anos realiza o Exame de Estado para o Ensino Liceal, iniciando a actividade docente no Liceu de Camões (Lisboa), continuando no Liceu D. João III (Coimbra) e, depois no Liceu Pedro Nunes (Lisboa), sendo aqui Professor Metodólogo a partir de 1958.
- A partir de 1946 é um dos directores da *Gazeta de Física*, órgão da Sociedade Portuguesa de Física, cargo que exerceu até 1974. A *Gazeta de Física* completou meio século de existência, em 1996.
- Em 1952, na Atlântida Editora (Coimbra), inicia a publicação de uma colecção de livros de divulgação, onde, sob a forma de interessantes histórias, se refere à descoberta de importantes instrumentos científicos. Publica ainda um "Compêndio de Química", para o 3.º ciclo.



- Em 1956 publica o seu primeiro livro de poesia, "Movimento Perpétuo" (Coimbra), com o pseudónimo de António Gedeão, seguido dos outros livros, "Teatro do Mundo", em 1958 e "Máquina de Fogo", em 1961.
- Em 1963 publica a peça de teatro "RTX 78/24".
- Em 1964, para comemorar o 4.º Centenário do nascimento de Galileu Galilei, escreve o "Poema para Galileu", que é vertido para língua italiana por Roberto Barchiesi, e publicado, em edição bilingue, pelo Istituto Italiano di Cultura. Este poema, musicado e cantado por Manuel Freire, conhece uma grande expansão, tal como a "Pedra Filosofal", ou a "Lágrima de Preta".
- No ano seguinte é co-director da revista, do Liceu Pedro Nunes, "Palestra". Esta revista pedagógica publica-se durante 8 anos.
- Em 1967, publica novo livro de poesias, "Linhas de Força" (Coimbra).
- No ano imediato, publica "Física para o Povo", que foi reeditado recentemente (1995) pelas edições "Relógio de Água", com o novo título "A Física no Dia a Dia", e prefácio escrito por José Mariano Gago.

- Em 1973 escreve "A Poltrona e outras Novelas".
- No mesmo ano (8 de Maio), na Escola Ferreira Borges, anima uma sessão cultural, promovida e dinamizada pela professora e poetisa Matilde Rosa Araújo.
- Em 1974, concluindo 40 anos de actividade docente, aposenta-se da Função Pública.
- No ano de 1978, publica "História do Gabinete de Física da Universidade de Coimbra".
- Em 1983 é Sócio Correspondente da Academia das Ciências de Lisboa e em 1992 torna-se seu Sócio Efectivo.
- São publicados, em 1984, "Poemas Póstumos" (Lisboa) e, em 1990, "Novos Poemas Póstumos" (Lisboa).
- No ano de 1985 é publicado "História do Ensino em Portugal, desde a Fundação da Nacionalidade até ao fim do Regime Salazar - Caetano", uma edição da Fundação Calouste Gulbenkian.
- A 10 de Junho de 1987 é nomeado, pelo Presidente da República, Grande Oficial da Instrução Pública.
- A 14 de Março de 1989, o Jornal de Letras (JL), pela mão do seu Director, José Carlos Vasconcelos, publica uma interessante entrevista / perfil.
- No ano seguinte (11 de Maio) é nomeado Director do Museu Maynense, da Academia de Ciências de Lisboa.
- Em 1992, a Escola Secundária da Cova da Piedade adopta como patrono o nome de António Gedeão.
- A 27 de Abril de 1994, o Sindicato dos Professores da Grande Lisboa (SPGL) presta homenagem a Rómulo de Carvalho / António Gedeão.
- A 4 de Junho de 1994, o suplemento "Revista" do Jornal "Expresso" publica uma longa e curiosa entrevista a Rómulo de Carvalho.
- Em 1995, a Fundação Calouste Gulbenkian publica a sua obra "O Texto Poético como Documento Social".
- A 8 de Junho de 1995, a Universidade de Évora confere, a Rómulo de Carvalho, o grau de Doutor "Honoris Causa".
- No mesmo dia, é lançada a videocassete "O Homem, o Universo e as Trevas", do Prof. Artur Marinho, homenagem, a Rómulo de Carvalho/António Gedeão, da Universidade de Évora.
- A partir de Novembro de 1996, com o patrocínio do Ministério da Ciência e da Tecnologia, promove-se uma Homenagem Nacional a Rómulo de Carvalho/António Gedeão. Associam-se muitos organismos a esta grande e justa homenagem.

- A 15 de Novembro de 1996, atribuição a Rómulo de Carvalho da Medalha de Prata da Universidade Nova de Lisboa, no Grande Auditório da Faculdade de Ciências e Tecnologia, Monte da Caparica.
- A 24 de Novembro de 1996, Rómulo de Carvalho completa 90 anos de idade.
- A 4 de Dezembro de 1996, a Universidade de Évora lança o livro de Rómulo de Carvalho, "Actividade Científica em Portugal no Séc. XVIII", volume de Memórias da Academia de Ciências de Lisboa.
- A 17 de Dezembro de 1996, atribuição, pelo Presidente da República, da Grã Cruz da Ordem de Mérito de Santiago da Espada, na Escola Secundária Pedro Nunes.
- A 18 de Dezembro de 1996, atribuição, pelo Ministro da Cultura, da Medalha de Mérito Cultural, na Fundação Calouste Gulbenkian.
- Em Dezembro de 1996, as Edições João Sá da Costa publicam as "Obras Completas de António Gedeão", com ilustrações de Júlio Pomar.
- Rómulo de Carvalho publicou, também, dois livros na Biblioteca Cosmos: "A Ciência Hermética" e o "Embalsamamento Egípcio" e "A Física Experimental no Séc. XVIII" e "A Astronomia em Portugal no Séc. XVIII", da Biblioteca Breve, do Instituto de Cultura e Língua Portuguesa. Publicou, também, *Problemas de Física para o 3.º Ciclo Liceal, Guia de Trabalhos Práticos de Química e Manuais de Física* (com a colaboração de outras autoras) para os 10.º, 11.º e 12.º anos de escolaridade. Publicou, ainda, uma interessante colecção de 18 "Cadernos de Iniciação Científica", na Sá da Costa Editora.
- António Gedeão publicou, por várias vezes, poemas na revista "Colóquio Letras", da Fundação Calouste Gulbenkian.
- A 19 de Fevereiro de 1997 — falecimento do poeta/professor, na cidade de Lisboa.
- Em Maio de 1997 — a Sociedade Portuguesa de Física (SPF) publica este número especial da *Gazeta de Física*, que constitui, simultaneamente, uma homenagem ao 90.º aniversário de Rómulo de Carvalho e a comemoração dos 50 anos de existência.

**Nota:** algumas das referências foram retiradas do *Jornal de Letras*, dedicado a Rómulo de Carvalho/António Gedeão, e publicado a 6 de Nov. de 1996, quando das comemorações do seu 90.º aniversário.

21 de Fevereiro de 1997: António Gedeão e Rómulo de Carvalho jazem, desde hoje, no Talhão dos Artistas do Cemitério dos Prazeres, em Lisboa.

Artur Marques da Costa, antigo aluno de Rómulo de Carvalho, é Professor aposentado do Ensino Secundário, tendo exercido o seu magistério no Colégio Militar.





# OS MEUS LIVROS PREFERIDOS DE RÓMULO DE CARVALHO

CARLOS FIOLEAIS

Departamento de Física da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra  
3000 Coimbra

Rómulo de Carvalho deixou-nos uma vasta e variada bibliografia de ensaio, que inclui livros de divulgação, obras de história da ciência e manuais escolares. A primeira categoria inclui os livros da colecção "Ciência para Gente Nova" e os dois volumes de "Física para o Povo", todos inicialmente editados pela Atlântida, de Coimbra e alguns recentemente reeditados pela Relógio de Água, de Lisboa. A segunda inclui um vasto número de títulos centrados na ciência em Portugal no século XVIII, de que merecem destaque os pequenos livros publicados pelo Instituto da Cultura e Língua Portuguesa (Rómulo escolheu para tema da sua vida a ciência oitocentista já que a ciência dos Descobrimentos tinha sido alvo de importantes estudos de outros autores e a ciência em Portugal no século XIX foi pouco mais do que inexistente). Por último, de entre os manuais escolares, muitas vezes em co-autoria e de qualidade não uniforme, merecem referência as "Ciências da Natureza" para os primeiros anos do liceu. Como obras de ensaio avulsas mas de grande fôlego destacam-se duas, escritas em idade avançada e ambas editadas pelo Serviço de Educação da Fundação Calouste Gulbenkian, "História do Ensino em Portugal" e "O Texto Poético como Documento Social".

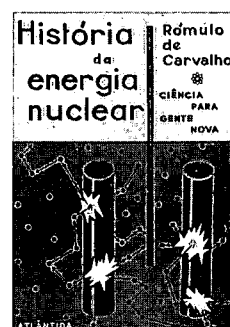
Eis a lista, comentada, das minhas cinco obras preferidas. Segue-se a ordem cronológica da primeira edição.

## HISTÓRIA DA ENERGIA NUCLEAR

Atlântida, Coimbra, 1962

Nono volume da colecção "Ciência para Gente Nova" (todos da autoria de Rómulo de Carvalho, excepto, o n.º 6, de Ilídio Sardoeira). A capa é do poeta António Gedeão, que assim mostra que os seus dotes artísticos não se resumiam à poesia.

A energia nuclear foi o grande motivo impulsionador da ciência no rescaldo da Segunda Guerra Mundial. Prometia, por um lado, o equilíbrio de forças militares e, por outro, energia barata e eterna para as necessidades humanas. Se hoje sabemos que o equilíbrio de forças era precário e que a energia nuclear, apesar de conveniente, não está isenta de perigos, facto é que o núcleo atómico desempenhou no imaginário da geração dos anos cinquenta e sessenta um lugar muito especial. Houve quem quis ser cientista para saber os segredos do pequeno átomo e do pequeníssimo núcleo no seu seio. Rómulo de Carvalho, em vários livros, contou a essa gente (contou-nos) a história do átomo e do núcleo. Insistiu que a ciência, nomeadamente a mais moderna, é feita de construção, de curiosidade e esforço de homens e mulheres reais. Disse-nos que a ciência estava viva e se recomendava. Fomos, alguns de nós, atraídos para a ciência por histórias tão atraentes como as que são relatadas nesta "História da Energia Nuclear".



## A FÍSICA NO DIA-A-DIA

Relógio de Água, Lisboa, 1996, com prefácio de José Mariano Gago.

(reedição de "Física para o Povo", 2 vols, Atlântida, Coimbra, 1968)

Conjunto de prosas extremamente didácticas, feitas a pensar directamente no cidadão comum, a quem o autor trata carinhosamente por "meu caro amigo". Infelizmente, esses textos não são ainda suficientemente conhecidos, nem mesmo na comunidade dos professores de Física e Química. Merecem sê-lo mais. É extremamente claro e elucidativo o modo como o autor, a pro-

## Homenagem a Rómulo de Carvalho

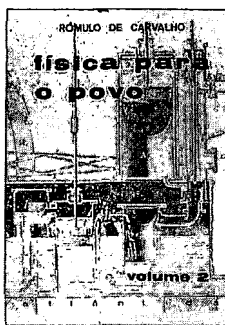
pósito dos mais variados objectos e fenómenos do quotidiano, mostra como a Física está omnipresente à nossa volta. A Física não é uma ciência exótica mas a ciência que procura descrever e explicar o mundo onde vivemos.



Para isso é forçoso recorrer a experiências. Vejamos o modo coloquial como uma experiência simples, relacionada com a lei da impulsão de Arquimedes, é descrita no segundo volume: *"Faça assim. Comece por deitar pouca água no frasco, rolhe-o e ponha-o na água da panela. Deve ter*

*ficado a flutuar. Tire-o daí e deite-lhe um pouco mais de água, mas só algumas gotas. Experimente a ver se flutua. Flutua? Deite-lhe mais umas gotas. Foi para o fundo? Tire-lhe um pouco de água. É só uma questão de paciência e de cuidado, como disse. Basta uma gota de água para estragar tudo. (...) Ora aqui tem um submarino. O que o meu amigo fez foi um submarino."* Da experiência de cozinha passou-se rapidamente e, sem se dar por isso, para uma aplicação prática. Da ciência passou-se à tecnologia.

Mais adiante, no mesmo segundo volume, e a propósito de um brinquedo de soprar, popularmente designado por "língua-de-sogra", Carvalho chama divertidamente a atenção para a necessidade de sustentar todas as afirmações com o saber que só a experiência pode dar: *"Parece mesmo uma língua, e como é comprida, lembraram-se de lhe chamar 'língua-de-sogra'. Não sei se a língua das sogras é mais comprida do que a das outras pessoas. Experimente o meu amigo a medir uma para ver se é verdade"*. Feynman, a quem se conhece um humor muito peculiar, não diria melhor do que este nosso autor, a quem o confinamento à língua portuguesa impediu o atempado reconhecimento internacional.

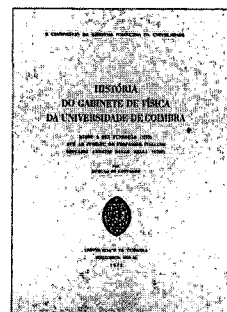


### HISTÓRIA DO GABINETE DE FÍSICA DA UNIVERSIDADE DE COIMBRA

Universidade de Coimbra, Coimbra, 1978

Grande volume de 725 páginas, feito na Gráfica de Coimbra, quando ela ainda habitava o Bairro de S. José,

junto ao Seminário e não longe da Universidade. O aspecto é austero, como quase todas as edições da Biblioteca Geral da Universidade de Coimbra. Essa Biblioteca ainda deve possuir em armazém alguns exemplares remanescentes (o seu actual director, Prof. Aníbal Pinto de Castro, foi de resto aluno de Rómulo de Carvalho; no liceu D. João III, de quem recorda ainda a elegância dos gestos ao manipular os tubos de ensaio e as pipetas). As folhas têm de se abrir à maneira antiga, uma a uma, como quem descobre um segredo. De facto, de segredos se tratam — descrevem-se os preciosos instrumentos científicos da colecção do Museu de Física da Universidade de Coimbra.



Essa colecção, que hoje finalmente pode ser visitada "in situ" pelo público interessado (o Museu de Física está aberto no edifício pombalino do Largo Marquês de Pombal, na Alta não destruída de Coimbra) e que estará, pelo menos parcialmente, em exibição na Fundação Calouste Gulbenkian, em Lisboa, remonta ao Colégio dos Nobres, em Lisboa. Foi Rómulo de Carvalho quem contou a "História do Colégio dos Nobres", num volume da editora Atlântida que ainda há pouco estava à venda na Livraria Escolar Editora, ao Campo Grande. Foi também Rómulo de Carvalho quem escreveu vários opúsculos de investigação histórica sobre alguns dos instrumentos e acontecimentos mais notáveis da colecção do "Gabinete de Física", estabelecido sob a supervisão pessoal do Marquês de Pombal em 1772 (por exemplo, contou-nos a história do magnete chinês ou a pretensa descoberta da lei das acções magnéticas pelo professor italiano Dalla Bella). Foi, finalmente, Rómulo de Carvalho, quem, no livro em apreço, analisa, peça a peça, o espólio do Museu, tal como ele foi inventariado no século XVIII por Dalla Bella. O actual catálogo ("O Engenho e a Arte"), que no essencial retoma o catálogo "Les Mécanismes du Génie", da exposição na Europália, realizada em Charleroi (Bélgica), seria praticamente impossível sem o trabalho metucioso que Rómulo de Carvalho realizou no Museu de Física quando este ainda estava fechado à curiosidade e à admiração de todos nós.

## A EXPERIÊNCIA CIENTÍFICA

Sá da Costa, Lisboa, 1979

Número 2 dos Cadernos de Iniciação Científica, da editora Sá da Costa. Esses cadernos destinavam-se a jovens dos 9 aos 15 anos, e "pretendem ser um meio de informação atraente, pela simplicidade da linguagem e pela apresentação gráfica, de conceitos fundamentais das ciências físicas, sem os quais se torna duvidosa a aquisição consciente de conhecimentos de níveis mais elevados. (...) Os presentes Cadernos não respeitaram nenhuma programação oficial mas acompanham-na, como não podia deixar de ser" (do texto de apresentação da colecção, que deve ser da autoria de Rómulo de Carvalho). Os livros, por virtude do desrespeito dos programas, continuam actuais. Podem-se comprar, baratos, na Feira do Livro. Recomendamos a aquisição da colecção completa. Se se esgotarem, ou talvez mesmo antes disso, recomendamos ao editor que edite tudo num só volume. Fica mais bonito na estante e é mais fácil de consultar. Só é pena que muitos manuais didácticos, dos anos setenta e até dos anos de hoje, não tenham a clareza nem a apresentação, sóbria mas cativante, destes finíssimos volumes (o volume em apreço tem só 16 páginas). Não faltam as notas históricas, as fotografias de montagens experimentais, os esclarecimentos sobre a linguagem (por exemplo, o autor informa, em nota, que a palavra "curva" num gráfico pode referir-se a uma recta), nem sequer uma ponta de humor, dada por duas bem-dispostas anedotas no final.

Rómulo de Carvalho invoca, no pòrtico, Luís António Verney, num texto de 1746: "*Não devemos querer que a Natureza se componha segundo as nossas ideias; mas devemos acomodar as nossas ideias aos efeitos que observamos na Natureza*". Mas vale a pena aqui invocar Carvalho, no texto de 1979, bem remanescente de Verney: "*Fala-se às vezes de experiências realizadas que 'não deram resultado'. Isto são palavras vãs. Todas as experiências dão resultado e todos os resultados delas são positivos. O que a experiência pode não dar é o resultado que se pretendia que desse ou que se esperava dela.. Dir-se-á então, que 'a experiência foi mal feita', que 'a experiência falhou'. Não foi mal feita nem falhou.*



*Aquela experiência, feita nas condições, em que foi feita, deu aquele resultado, e o resultado só podia ser aquele. Está certa, portanto. Foi o que a experiência deu?" Poder-se-á ser mais claro?*

## A HISTÓRIA DO ENSINO EM PORTUGAL

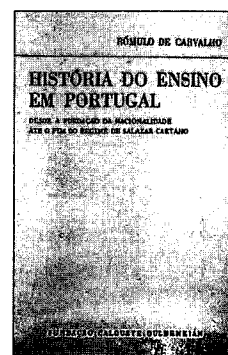
Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, 1986

Tratam-se de quase mil páginas, que, conforme vem logo no prefácio, pretendem colmatar o vazio da falta de uma obra similar. Com o subtítulo "Desde a fundação da nacionalidade até ao fim do regime de Salazar-Caetano", é um livro verdadeiramente enciclopédico, contendo informação rigorosa que é aqui e ali contrabalançada por opiniões pessoais (veja-se, por exemplo, no final o modo bem simpático como é tratado José Veiga Simão, o último Ministro da Educação mencionado).

O livro é obrigatório para todos os que se interessam pelo ensino em Portugal. O ensino de hoje é, afinal, resultado de um passado feito de mil incidentes e circunstâncias que não podem ser ignorados se queremos compreender e modificar o presente.

Tal como o "Texto Poético como Documento Social", o livro termina com a revolução de 25 de Abril de 1974. Apesar de lhe ter sobrevivido 23 anos, Rómulo de Carvalho foi, decididamente, um homem do tempo anterior. Habitado ao silêncio de uma rebelião intelectual extravasada apenas em certos textos poéticos de clara crítica sociopolítica, não compreendeu facilmente o ruído que se seguiu e que foi o "intermezzo" necessário à introdução do novo regime democrático. De resto, achou e bem que não se deve escrever em cima dos acontecimentos.

Rómulo de Carvalho não foi apenas um grande pedagogo mas também um dos maiores estudiosos da pedagogia em Portugal. Este livro ficará como um clássico.



Carlos Fiolhais é Professor de Física na Universidade de Coimbra, Investigador do Centro de Física Teórica e proponente do Centro de Física Computacional.

# MEU CARO DR. RÓMULO DE CARVALHO

ANTÓNIO NUNES DOS SANTOS

Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa,  
2825 Monte da Caparica

Desculpe-me a familiaridade e a simplicidade com que irei proferir algumas palavras. É que para mim, mais do que uma homenagem, hoje é um dia festivo e, nestes dias, desde pequeno, sou avesso, ou melhor, tenho dificuldade em domesticar-me aos coletes de forças que são as gravatas, as mesas engalanadas sem bolos e guloseimas e os discursos de circunstância.

Quiseram as vontades dos homens e quicá de alguns deuses que neste mês em que completa 90 anos nos reunissemos aqui no *campus* da Faculdade de Ciências e Tecnologia para o homenagear; uns vieram porque foram tocados pelo seu contacto pessoal, como os seus antigos alunos ou os seus amigos, outros porque foram estimulados pela leitura da sua obra, outros porque pulsaram ao sabor das suas palavras poéticas; a verdadeira homenagem que estes lhe prestam é a lembrança desses momentos de "arrepio" — para utilizar uma das palavras do poema *Máquina do Mundo* —, desse arrepio que transportam na memória que é mais perene e embriagante do que qualquer sessão solene e que para muitos foi decisivo para as suas carreiras profissionais ou trajectórias pessoais. Outros certamente vieram por curiosidade, alertados por cartazes ou convites, não pressentindo contudo que ao lê-lo enveredarão decerto por caminhos nunca imaginados, porque estarão em presença de um genial artesão das ideias e das palavras.

Não nos cabe aqui analisar e tecer considerações à sua vastíssima obra. Sabemos que o Ministério da Ciência e da Tecnologia se encontra empenhado em coligir e publicar todos os seus trabalhos de índole pedagógica e de investigação histórica, dando assim um contributo para a historiografia científica portuguesa que urge fazer. Mas é natural que não resista a mencionar alguns dos seus trabalhos de

divulgação científica, já que eles directa ou indirectamente seduziram muitos de nós a seguirem carreiras científicas e podem ter hoje em dia grande impacto do público mais jovem. Começo com a colecção *Ciência para Gente Nova*, um conjunto de nove livros iniciado com a história do telefone e que, sequencialmente, percorre com um fascínio de descoberta a história da fotografia, a do sangue, a do átomo, a dos balões, etc., e os 18 *Cadernos de Iniciação Científica*, destinados principalmente aos jovens estudantes dos 9 aos 15 anos, cadernos — como se anuncia na contracapa — com intenção de transmitir conhecimentos indispensáveis para a interpretação dos fenómenos que estão na base de toda a construção científica, em que logo os dois primeiros — *A Descoberta do Mundo Físico e a Experiência Científica* — aliciam o leitor à sua completa leitura, num estilo infinitamente afastado dos maçudados livros "obrigatórios", que os liceus nos impunham. Não posso deixar de referir os dois volumes, *Física para o Povo*, com edição recente intitulada *A Física do Dia-a-dia*. Como poderia alguém ser mais convidativo a entrar por aqueles 73 corredores, que são as questões tratadas no volume, como são logo as primeiras palavras do seu Prefácio: "Este livro é para si, meu amigo. Foi escrito a pensar em todas aquelas pessoas que gostariam de estudar e de aprender mas que não tiveram ocasião para isso. O meu amigo é um deles...". António Gedeão decerto leu-o num trago, porque as suas palavras também são tão naturalmente dirigidas a esses mesmos amigos, e não deve ter ficado nada surpreendido com as últimas frases do livro: "Se chegou até ao fim da última página é porque era, de facto, o amigo a quem me dirigi". Além do fascínio de leitura que o próprio livro acarreta, que excelente modo o seu de ensinar e que extraordinário modo o nosso de aprender, pois como nele

**Não sei o que se passa  
com as pessoas:  
não aprendem  
compreendendo...**

**Uma coisa é saber  
o que se passa;  
outra coisa é saber  
porque se passa.**

**A Matemática é como  
se fosse um sonho  
que nunca mais acaba...**

afirma "uma coisa é saber o que se passa; outra coisa é saber porque se passa: Não devemos confundir as duas coisas". Um eco que também nos soa à maneira de Feynman, de Richard Feynman, do irreverente a quem mais reverencio, do cientista que repetia amiúde "What one fool can do, another can do better!" (o que um louco pode fazer, um outro pode fazer melhor!). Diz-nos ele: "Não sei o que se passa com as pessoas: não aprendem compreendendo; aprendem de qualquer modo — decorando, ou qualquer coisa assim. O seu conhecimento é tão frágil "

Vivemos numa época assaz curiosa. Este foi o século da revolução da informação e da massificação do ensino, mormente nos países ditos desenvolvidos. Contudo, é com tristeza que verificamos que o impacto da educação no comportamento do homem e numa melhor compreensão da humanidade é praticamente nulo. Este é ainda um século de barbárie, de grande barbárie e de uma grande indiferença perante ela. Devíamos ficar chocados com isso, mas não, não ficamos pasmados como nas palavras do seu *Poema da Morte Aparente*: "Nos tempos em que acontecia o que está acontecendo agora, e os homens passavam de isso ainda acontecer no tempo deles". E esse impacto tem sido muito pequeno porque a transmissão do conhecimento feita nas escolas ainda está muito centralizada na informação acrítica e na repetição, como se os saberes fossem colagens que os interesses futuros do indivíduo e o tempo se encarregam de despegar. Ora, a sua obra vai precisamente numa contra-corrente deste fluxo, indicando-nos que a par de uma especialização do conhecimento tão vulgarizada na nossa cultura moderna, a interdisciplinaridade e um conhecimento harmoniosamente mais abrangente devem ser estimulados e cultivados durante a nossa formação, que a satisfação da nossa curiosidade natural deve ser fonte de enriquecimento pessoal e garantia para o progresso da ciência e que o prazer intelectual deve estar intimamente associado à acção de aprender algo de novo, mesmo se isso significar uma mudança radical das ideias e noções que nos são familiares. Em suma, na sua obra há uma salvaguarda dos valores e práticas de uma tradição científica imaculada.

Não poderei deixar de revelar publicamente algo que sinto profundamente após cada leitura atenta dos seus artigos pedagógicos e didácticos bem como dos magníficos momentos de contacto pessoal de que tenho sido privilegiado. *Vêm-me sempre à baila três questões fundamentais*: que tipo de escola pretendemos construir, o que é ser-se bom professor e o que é ser-se bom aluno. Deixarei à consideração dos presentes uma reflexão sobre estes dois últimos pontos, não resistindo, porém, a contar que, ontem, num júri de mestrado a que presidi, o arguente, um professor da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, realçou uma resposta transcrita na dissertação, uma resposta de um aluno, de nome Tomé, de 13 anos, aluno do 6.º ano de escolaridade, conflituoso com alguns professores, que ao ser questionado sobre o que era a matemática comentou: "a matemática é como se fosse um sonho que nunca mais acaba... a gente começa... quer tentar descobrir uma coisa, depois a partir dessa coisa que queremos tentar descobrir, vão sempre surgindo coisas, porque começamos a pensar como é que

isso pode acontecer... e a partir disso temos que utilizar aquilo e depois vamos tentar descobrir o outro...". Quase que podiam ser versos... Esta resposta incitou-me a enviar-lhe uma mensagem, através da mestranda, que esperava que ele, o Tomé, nunca deixasse nenhum professor de matemática destruir-lhe esse sonho...

Sou optimista por natureza e relativamente à escola, estou confiante que o próximo milénio lhe reserva um papel, em termos de ensino, diferente do actual; as novas tecnologias e a acessibilidade à informação através das redes vão permitir ao homem do século XXI uma aquisição especializada e aprofundada dos vários saberes, que ele próprio irá escolher de moto próprio. Será um novo homem de um novo Renascimento. A escola não mais poderá controlar os programas nem estabelecer um elenco de disciplinas rígido, maquiavelicamente rígido, definidores de perfis que julga de especialização; a perspectiva dinâmica da ciência e a dimensão histórica e epistemológica serão novas formas de encarar a prática pedagógica do ensino das ciências; a reflexão sobre os conceitos e ideias, o papel da imaginação nas rupturas e criação de novos paradigmas complementarão toda uma prática laboratorial.

Paradoxalmente, o cientista moderno, trabalhando numa dada problemática, dá pouca importância à perspectiva histórica da área científica em que trabalha e simultaneamente julga-se, através desse trabalho, um potencial promotor do progresso científico. Perversamente não se dá conta que tal trabalho, que considera tão potencialmente fonte de progresso, será muito em breve algo do passado. Ora, a visão dinâmica do conhecimento indica-nos e ensina-nos precisamente que o consenso implícito que a ciência exige numa dada época, não é limitativo para que, individualmente ou em grupo, se possam revolucionar os conceitos aceites nessa mesma época, o que nos dá alento quanto às perspectivas futuras.

Precisamente há uma década, John Polanyi, o químico da dinâmica das reacções, laureado com o Prémio Nobel da Química de 1986, no banquete da cerimónia da atribuição de tal galardão, mencionou que um dia, ao perguntarem a Richard Burton, qual foi o momento de maior impacto que sentiu no palco, este respondeu: "o aplauso". Esta resposta, vinda de um actor tão distinto, pode aparentemente parecer ignóbil; contudo, o aplauso é uma celebração da audiência, é um momento de partilha por parte da assistência de modo a expressar o deleite pelos momentos de convivência que tiveram com os autores e actores, pelo que peço que se associem a mim e possamos aplaudir em conjunto e agradecer ao Dr. Rómulo de Carvalho e ao seu amigo inseparável António Gedeão o que tanto nos deu e o que ainda tem para dar às gerações futuras.

**Alocução proferida por António Nunes dos Santos na sessão de homenagem a Rómulo de Carvalho/António Gedeão, realizada na Universidade Nova de Lisboa, em 15 de Novembro de 1996. António Nunes dos Santos é Professor Catedrático da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa e especialista em História da Ciência.**

## Lição sobre a água

Este líquido é água.  
Quando pura  
é inodora, insípida e incolor.  
Reduzida a vapor,  
sob tensão e alta temperatura,  
move os êmbolos das máquinas que, por isso,  
se denominam máquinas a vapor.

É um bom dissolvente.  
Embora com exceções mas de um modo geral,  
dissolve tudo bem, ácidos, bases e sais.  
Congela a zero graus centesimais  
e ferve a 100, quando à pressão normal.

Foi neste líquido que numa noite cálida de Verão,  
sob um luar gomoso e branco de camélia,  
apareceu a boiar o cadáver de Ofélia  
com um nenúfar na mão.

## Reflexão total

Recolhi as tuas lágrimas  
na palma da minha mão,  
e mal que se evaporaram  
todas as aves cantaram  
e em bandos esvoaçaram  
em torno da minha mão.  
Em jogos de luz e cor  
tuas lágrimas deixaram  
os cristais do teu amor,  
faces talhadas em dor  
na palma da minha mão.

## Amador sem coisa amada

Resolvi andar na rua  
com os olhos postos no chão.  
Quem me quiser que me chame  
ou que me toque com a mão.

Quando a angústia embaciar  
de tédio os olhos vidrados,  
olharei para os prédios altos,  
para as telhas dos telhados.

Amador sem coisa amada,  
aprendiz colegial.  
Sou amador da existência,  
não chego a profissional.

## Máquina de Fogo

Meu coração é máquina de fogo,  
luz de magnésio, floresta incendiada.  
Combustar-se é o seu próprio desafio.  
Arde por tudo, inflama-se por nada.

## Máquina do Mundo

O Universo é feito essencialmente de coisa nenhuma.  
Intervalos, distâncias, buracos, porosidade etérea.  
Espaço vazio, em suma.  
O resto, é a matéria.

Daí, que este arrepio,  
este chamá-lo e tê-lo, erguê-lo e defrontá-lo,  
esta fresta de nada aberta no vazio,  
deve ser um intervalo.



---

## Arma Secreta

Tenho uma arma secreta  
ao serviço das nações.  
Não tem carga nem espoleta  
mas dispara em linha recta  
mais longe que os foguetões.

Não é Júpiter, nem Thor,  
nem Snark ou outros que tais.  
É coisa muito melhor  
que todo o vasto teor  
dos Cabos Canaverais.

A potência destinada  
às rotações da turbina  
não vem da nafta queimada,  
nem é de água oxigenada  
nem de ergóis da furalina.

Erecta, na torre erguida,  
em alerta permanente,  
espera o sinal da partida.  
Podia chamar-se VIDA.  
Chama-se AMOR, simplesmente.

## Como será estar contente?

Como será estar contente?  
Lançar os olhos em volta,  
moderado e complacente,  
e tratar com toda a gente  
sem tristeza nem revolta?  
Sentir-se um homem feliz,  
satisfeito com o que sente,  
com o que pensa e com o que diz?  
Como será estar contente?

## Catedral de Burgos

A catedral de Burgos tem trinta metros de altura  
e as pupilas dos meus olhos dois milímetros de abertura.

Olha a catedral de Burgos com trinta metros de altura!

## Lágrima de Preta

Encontrei uma preta  
que estava a chorar,  
pedi-lhe uma lágrima  
para a analisar.

Recolhi a lágrima  
com todo o cuidado  
num tubo de ensaio  
bem esterilizado.

Olhei-a de um lado,  
do outro e de frente:  
tinha um ar de gota  
muito transparente.

Mandei vir os ácidos,  
as bases e os sais,  
as drogas usadas  
em casos que tais.

Ensaiei a frio,  
experimentei ao lume,  
de todas as vezes  
deu-me o que é costume:

nem sinais de negro,  
nem vestígios de ódio.  
Água (quase tudo)  
e cloreto de sódio.

# PELO ENSINO EXPERIMENTAL DAS CIÊNCIAS

## DEBATE REALIZADO NA ESCOLA SECUNDÁRIA PEDRO NUNES

No quadro da homenagem nacional a Rómulo de Carvalho/António Gedeão promovida pelo Ministério da Ciência e Tecnologia, realizou-se na manhã do dia 17 de Dezembro de 1996, na Escola Secundária Pedro Nunes, Lisboa, um debate intitulado "Pelo ensino experimental das ciências". Nesse debate, coordenado pelo Prof. Cândido Marciano da Silva, participaram antigos alunos de Rómulo de Carvalho, professores, cientistas e pedagogos. A "Gazeta de Física" publica neste número os textos das intervenções disponíveis.

Na tarde do mesmo dia, realizou-se uma sessão solene de homenagem ao Prof. Rómulo de Carvalho, presidida pelo Presidente da República, Dr. Jorge Sampaio, e que contou com a presença do Ministro da Ciência e Tecnologia, Prof. José Mariano Gago, e do Ministro da Educação, Prof. Marçal Grilo. O Presidente da República distinguiu o Prof. Rómulo de Carvalho com a Ordem Militar de Santiago de Espada. (N.E.)

### Nota introdutória

A homenagem a Rómulo de Carvalho ocorre numa altura em que é latente uma insatisfação e uma controvérsia relativas ao estado actual do ensino das ciências, simultaneamente com uma consciência generalizada da importância da compreensão pública da Ciência.

Se a ciência "pula e avança" isso deve-se ao confronto constante entre a experimentação e a teoria, que se verifica de forma sistemática a partir do século XVIII.

Rómulo de Carvalho descreve este confronto como a vitória da Física Experimental (provavelmente a primeira ciência a beneficiar desta atitude disciplinar de pensamento). Mas se ele chama, em 1970, a atenção para a necessidade da sua introdução no ensino oficial, é pelo menos insólito que neste final do século XX, reconhecida que é a importância da Ciência no desenvolvimento da sociedade moderna e futura, se considere que há um problema a discutir. Tanto mais insólito quando, como referiu o Prof. J. Providência na recente inauguração do Museu de Física da Universidade de Coimbra, se sabe a antiguidade do reconhecimento da importância do ensino experimental:

*Da seguinte transcrição de "A Relação Geral do Estado da Universidade" elaborada em 1777 pelo Reitor Reformador D. Francisco de Lemos para ser apresentada à Rainha D. Maria se depreende que o Gabinete (de Física) era: "Depósito de Machinas, Aparelhos e Instrumentos; os quaes são necessarios para que as liçoens de Física que se dão no Curso Filosofico se façam com aproveitamento dos Estudantes; os quaes não somente devem ver e executar as experiências com que se demonstram as verdades ate o prezentes conhecidas na Física; mas tambem adquirir o habito de as fazer com a sagacidade, e destreza que se requer nos Exploradores da Natureza."*

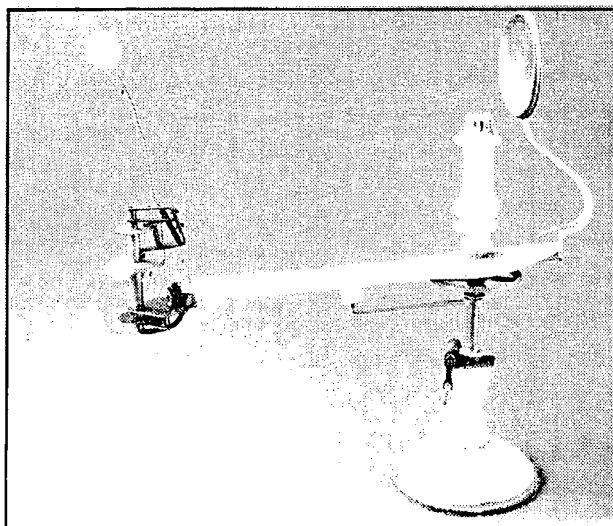
Se para decidir é preciso discutir, que se discuta depressa, e por isso pareceu apropriado que Rómulo de Carvalho fosse ainda o patrono desta discussão que se quis iniciar com este modesto seminário realizado no "Liceu" Pedro Nunes, integrado nas homenagens em curso.

Creemos que os textos seguintes que compilam as intervenções convidadas (ex-alunos, professores, cientistas, pedagogos) devem ser vistos como contributos iniciais para a agenda dessa discussão.

Cândido Marciano da Silva

### Painel de intervenientes

- João Caraça  
Instituto Superior de Economia e Gestão
- Alcina do Aido  
ex-professora da E. S. Pedro Nunes
- Cândida Rosa  
ex-professora da E.S. Camões
- Artur Marques da Costa  
ex-professor do Colégio Militar
- Augusto Fitas  
Departamento de Física da Universidade de Évora
- Jorge Valadares  
Colégio Militar/Universidade Aberta
- Odete Valente  
Departamento de Educação da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa
- Carlos Fiolhais  
Departamento de Física da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra
- Casanova Ribeiro  
Departamento de Física do Instituto Superior Técnico da Universidade Técnica de Lisboa
- Carlos Matos Ferreira  
Sociedade Portuguesa de Física



## EXPERIMENTAÇÃO E APRENDIZAGEM NAS CIÊNCIAS

João Caraça

Instituto Superior de Economia e Gestão

A teoria e a experimentação interactuaram mutuamente e constituíram desde o início as bases do edifício científico da modernidade. A criação de diferentes disciplinas científicas, cada vez mais especializadas, tornou a aprendizagem da ciência numa questão central para o funcionamento da sociedade industrial. O ensino de uma disciplina científica passa pela partilha com o aluno da cultura da experimentação. Rómulo de Carvalho foi um verdadeiro mestre deste ofício.

### Teoria e experimentação

No século XVII, o discurso dos "filósofos naturais" combinava a contemplação com a prática, articulava a teoria e a experimentação. Não foi esta, obviamente, a primeira vez que se ligou a teoria com a experiência no tocante à relação com a Natureza. O que foi inovador, e esteve na base do sucesso da compreensão científica do mundo, foi a ênfase posta no apuramento da prova empírica como critério de validade deste novo saber; isto é, foi a submissão da descrição e dos esquemas teóricos ao escrutínio da experimentação.

A nova cultura da modernidade que surge na Europa após o renascimento e os descobrimentos trazia implícitos estes ingredientes e vinha imbuída desta estratégia. Além disso demonstrou capacidade de poder aplicá-los. Graças aos esforços e aos progressos técnicos conseguidos independentemente por uma legião de artesãos e artífices, relojoeiros e alquimistas, trabalhando isolados, corporativamente ou em grandes obras, um novo sistema técnico vai igualmente emergindo, no qual as máquinas se tornam o centro das atenções gerais, das gentes do povo aos grandes artistas.

Com a introdução da medição mais precisa do tempo surgem novos modos de racionalizar a actividade administrativa e a vida económica, mas torna-se igualmente possível controlar melhor experimentalmente a relação entre o espaço e o tempo. A medição do tempo por meio de relógios mecânicos, ao princípio movidos por pesos, depois por molas e utilizando o pêndulo a partir de meados do século XVII, trouxe à dimensão temporal a noção de apropriabilidade generalizada que veio acompanhar a mudança havida nas dimensões espaciais.

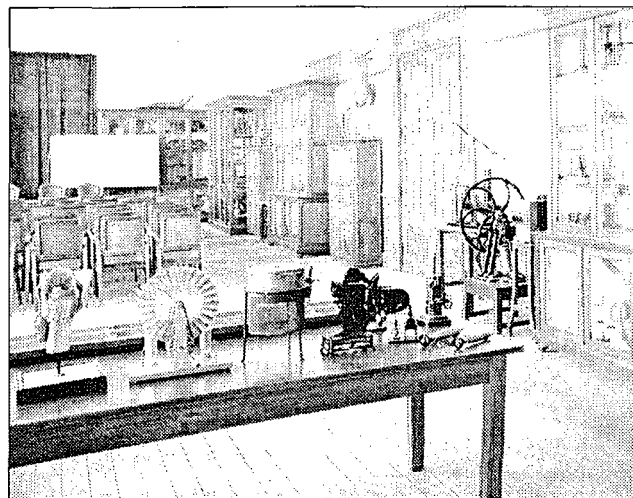
A possibilidade de medir de um modo mais preciso o movimento dos corpos despoletou a revolução científica moderna. Não é possível imaginar o desenvolvimento

da mecânica newtoniana sem o suporte dos progressos efectuados no domínio da medição de curtos intervalos de tempo, assim como não é possível encarar o desenvolvimento da óptica ou da fisiologia e da biologia sem o contributo da utilização de lentes acromáticas na feitura de telescópios e de microscópios.

Deste modo, a estratégia central da modernidade, de verificação pela experiência, foi apoiada no seu desenvolvimento pela instituição de uma nova base tecnológica, constituída pelos instrumentos científicos, cujo uso e implicações vieram reforçar os pressupostos de partida.

A vastidão do campo experimental alcançado através dos instrumentos largamente compensou as penas da luta travada contra a visão do mundo até então vigente. E o esforço científico passou largamente a ser entendido como uma luta contra o senso comum bafiento, atávico, não-moderno.

Paralelamente às novas linguagens de descrição da natureza que surgiam motivadas pela observação e pelos "novos mundos" que se descobriam usando os instrumentos, assistiu-se à introdução sistemática da linguagem matemática para exprimir de forma quantitativa as relações naturais ou "leis da Natureza".



O sucesso deste procedimento, e a adequação das leis físicas à previsão dos fenómenos na Terra e nos céus, legitimou a pretensão do conhecimento de base científica à universalidade no espaço e no tempo. A modernidade manipulava as variáveis tempo e espaço à sua vontade, obtendo pela ciência as regras exactas para essa operação. A visão que lhe estava associada permitia a conquista, a navegação e o comércio, em todo o mundo.

Vê-se deste modo como a teoria e a experimentação se reforçaram mutuamente desde o início, e como o uso de novas linguagens se adequou às novas questões sociais que eram postas pela expansão dos europeus pelo globo. E como a prática derivada do estudo da mecânica

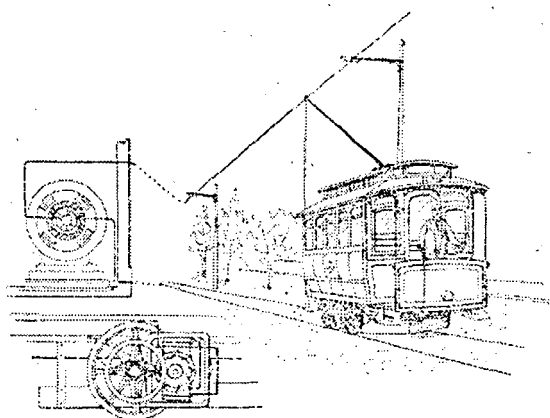
## Homenagem a Rómulo de Carvalho

— a observação e a experimentação suportadas no uso de instrumentos; a teoria formulada com base em linguagem matemática; o peso da prova empírica servindo de critério de validade; a comunicação dos resultados e das descobertas realizadas impulsionando novas actividades científicas — se erigiu em método canónico de todo este campo cognitivo.

Na realidade, é a submissão da teoria à experiência conjuntamente com o uso de linguagens específicas, matemáticas e instrumentais, que assinala o nascimento de conhecimento disciplinar sobre os fenómenos naturais. A singularidade e a fecundidade dos tempos modernos residem no extraordinário avanço que lhes está associado no domínio da criação de linguagens matemáticas e instrumentais para descrever a natureza.

### A aprendizagem das ciências

Cada geração que surge reinterpreta os saberes que lhe são transmitidos, apropriando-se deles, e é sobre esta nova base de representação da realidade que se definirão novos conhecimentos que sustentem a actividade societal, até que uma nova geração recomece este processo.



O procedimento para a sobrevivência é, de facto, muito mais complexo do que esta simples descrição. Uma geração não aparece isolada, não funciona sozinha; ela é guiada nas suas conjecturas pelos registos materiais (físicos, patrimoniais, infraestruturais) e escritos a que tem acesso. Posteriormente, a sua actividade realiza-se no quadro de uma comunicação continuada com elementos quer da sua, quer de gerações anteriores, sentindo igualmente a necessidade de comunicar os saberes adquiridos às gerações que se lhe seguem.

É esta enorme actividade comunicativa social que assegura a perenidade dos vários grupos que formam a

espécie humana; às suas características globais, aos valores e percepções que promove e estimula, corresponde o “espírito da época”. Por aqui se vê quão difícil é fazer coisas novas, a não ser em casos de alteração substancial ou catastrófica do meio exterior, na medida em que novos significados, novas linguagens, têm não só que se adequar à realidade, têm que ser eficazes na acção a que respeitam, como também precisam ser apropriadas socialmente (aceites por uma comunidade). De outro modo, são considerados como uma excentricidade.

Para sobreviver é preciso conhecer; a capacidade de aprender está pois no centro da nossa possibilidade de existir. A aprendizagem é deste modo uma tarefa essencial na nossa sociedade.

A aprendizagem efectua-se a vários níveis, tem vários tempos e objectivos, envolvendo pares mestre/aprendiz muito diversos. A família, por exemplo, foi desde sua instituição, com a invenção da agricultura, uma estrutura fundamental também no campo da aprendizagem.

Algumas seitas, por outro lado, foram igualmente importantes sistemas de aprendizagem, com os seus ritos de iniciação, para distinguir os sabedores dos não-sabedores e criar coesão entre os “iniciados”. Sobretudo em sociedades onde a intensidade da actividade imaterial societal era reduzida, na medida em que toda a actividade era orientada para angariar o sustento imediato, alimentar e de abrigo.

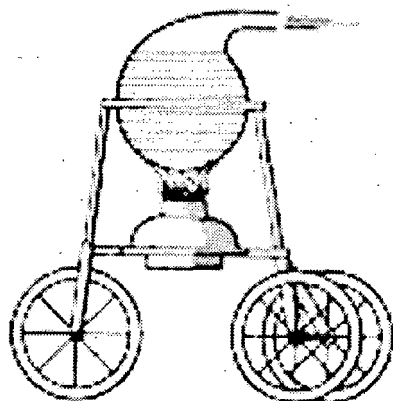
Mas a modernidade que irrompe há quinhentos anos atrás tem na imprensa um dos seus pilares fundadores e na circulação e comunicação alargada de conhecimentos o seu maior trunfo, embora por vezes se tenha pretendido esquecer este facto. A aprendizagem passou também a ser organizada em larga escala, sistematicamente, a partir de então.

Quanto mais elaborada, mais complexa, é a linguagem em que se exprime um determinado saber, tanto mais custosa se torna a sua aprendizagem, obrigando a uma maior afectação de recursos (tempo, por exemplo) a esta actividade. Por isso não admira que em sociedades altamente hierarquizadas, onde a acumulação material se dá apenas no topo, o manejo e o disfrute dos saberes essenciais ao seu funcionamento coeso circulem apenas num âmbito muito restrito.

A invenção de saberes disciplinares argumentativos requiere uma outra organização, que permita igualmente um longo período de aprendizagem mas onde se crie um “espaço de argumentação” colectivo que valide essa aprendizagem. Era essa a função das diversas escolas (do grego: repouso) filosóficas gregas no período clássico.

Surgida sobre a tradição medieval das corporações, a ciência moderna cria como escolas primeiro as acade-

mias de ciências e só muito mais tarde, no século XIX, se rende ao estabelecimento universitário. A aprendizagem da ciência é, no início, ocupação dos praticantes dessa mesma ciência. As características próprias da actividade científica, a sua linguagem, precisavam ser maduramente aprendidas pelos aspirantes a cientistas em contacto próximo com a sua origem e fontes documentais.



Mas a criação de diferentes disciplinas científicas, a crescente especialização dos seus domínios, a noção de aplicabilidade dos conhecimentos científicos tornou a aprendizagem da ciência um assunto de importância básica para o funcionamento da sociedade em industrialização, que era necessário *profissionalizar*. É aqui que vemos a dignidade da actividade de circulação de conhecimentos em ciência assumir a sua plenitude: é que para se poder criar, houve que se ser longamente introduzido nas linguagens que servirão eventualmente de base a essa criação. E quem terá coragem para afirmar que esse longo processo não foi essencial para gerar a conjectura criadora?

Não há ciência no meio do deserto: não há cientistas iluminados, auto-suficientes, ignorando os outros cientistas que os formaram ou desprezando aqueles que lhes permitiram criar o espaço de validação das suas conjecturas.

### **Rómulo de Carvalho, professor e mestre**

Ensinar é uma mágica. Porque não se trata de transmitir conhecimentos, ou de desfiar um rosário de informações. O que está em causa, no ensino das ciências, é suscitar a curiosidade, é fomentar a imaginação, usando como ferramenta uma conjectura que se propõe ao aluno, que a ela adere, recriando-a, porque a “des-

cobre”. E é gerar a confiança nessa capacidade de conjectura que constitui a essência do processo de aprendizagem.

É claro que para que se crie o gosto de aprender será preciso fornecer bases que permitam ao aluno confiar na sua habilidade para conjecturar. Será preciso estimulá-lo, ao princípio, encaminhá-lo nalgumas voltas do caminho mais tortuosas, adverti-lo dos riscos que poderão ser assumidos, reconhecer-lhe o esforço despendido. No caso do ensino de uma ciência, o despertar desse gosto passa pela partilha da cultura da experimentação. E isto porque a maneira de validar e dar sentido às conjecturas que relevam de um domínio científico assenta no apuramento da prova empírica.

O dom de experimentador e demonstrador dos desígnios da natureza distinguiu Rómulo de Carvalho. As suas aulas de laboratório eram sempre de uma riqueza não antecipada. Pelo modo como percebíamos o funcionamento das experiências e, ao mesmo tempo, as suas limitações. Ou o seu enquadramento. Ou as histórias humanas ligadas às grandes experiências “clássicas” que motivavam a respectiva aula.

Com Rómulo de Carvalho, a física transformou-se para mim num corpo de conhecimentos de enorme importância quer para o entendimento da vida quotidiana quer para a compreensão da nossa posição no cosmos; os seus conceitos, as grandezas físicas, e as suas relações, as leis da natureza, surgiam com a força da tempera humana que as tinha criado, discutido e aplicado; o edifício lógico e harmonioso que acolhia a formulação matemática das grandes simetrias do universo ia progressivamente exercendo o seu poderoso fascínio sobre a minha mente de adolescente à medida que, pela mão segura de Rómulo de Carvalho, nele ia penetrando. E assim sucedeu durante quatro anos, até terminar o liceu.

Devo dizer que a necessidade de procurar o significado físico das coisas nunca mais me abandonou. Certamente porque a confiança no prazer dessa “experiência de descoberta”, que foi tão grande no seu início, induziu a sua prática sistemática, criou uma marca, um procedimento de escolha face às incertezas do futuro. Somos também, inescapavelmente, o que aprendemos.

### **Referências**

Este texto foi preparado a partir de:

- “O que é Ciência”, João Caraça, Difusão Cultural, Lisboa, no prelo.
- “Rómulo de Carvalho, desde há trinta e oito anos meu professor”, João Caraça, Diário de Notícias, 24 de Dezembro de 1996.

## ACTIVIDADE EXPERIMENTAL E TRABALHO DE PROJECTO NO COLÉGIO MILITAR.

### Alguns resultados dos últimos anos lectivos

Artur Marques Costa

Professor Aposentado do Colégio Militar

A nossa intervenção evidencia como a componente experimental foi relevante em actividades curriculares, extra-curriculares e interdisciplinares que tiveram lugar nos últimos doze anos no Colégio Militar. Enumeram-se os principais projectos:

- Energias Alternativas (Solar e Biomassa) — projecto levado a efeito com os colegas A. Gama e L. Frazão, difundido em vários estabelecimentos de ensino em Portugal.

- Chuvas Ácidas na Grande Lisboa e na Grande Manchester. Estudo comparativo realizado com a *University of Manchester* e publicado na revista *The Environmentalist* (UK).

- A Macrofotografia na sala de aula (que juntou a fruição do aspecto estético...) apresentado na *Università di Firenze* e publicado em *Richmach*, Revista de Química de Milão.

Refere-se, também, como a criatividade e a resolução de exercícios simples, ligados à produção de materiais, podem ser postos à prova.

### As Energias Alternativas (Renováveis)

No Colégio Militar, nos últimos 12 anos, e numa acção conjunta dos departamentos de Mecanotecnia e de Físico-Química, construíram-se protótipos que despertaram o interesse em relação às Energias Alternativas e o desenvolvimento da criatividade. Foi nossa intenção "aproximar" as energias alternativas dos alunos e mostrar-lhes como é importante, no mundo de hoje, o renovável e o alternativo (...em relação a outras formas de energia).

Assinale-se aqui, muito justamente, o grande entusiasmo e empenhamento dos meus colegas Eng.º António Gama e Eng.º Lourenço Frazão, em mais de uma década de actividade nestes projectos.

Conceberam-se e realizaram-se modelos para a exploração e utilização da Energia Solar e para o aproveitamento do biogás, tendo os alunos tido um papel muito activo em todo o processo. Construíram-se painéis, fornos, destiladores e regadores solares. Fizeram-se aplicações práticas imediatas das actividades desenvolvidas: assaram-se peças de fruta e salsichas, destilou-se água, fundiram-se até, pontualmente, chapas metálicas de pequena espessura.

Pela utilização de materiais de baixo custo (e até de um grande espelho parabólico côncavo, de revolução, usado na 2.ª Guerra Mundial) e da exploração pedagógica das situações, foram-se introduzindo aspectos, definições e conceitos importantes da Ciência, tais como, por exemplo, efeito de estufa, densidade da água, efeito de termosifão, mudanças de estado, condutividade térmica dos diferentes metais, conceitos básicos de óptica geométrica, estudo das leis da reflexão.

Construíram-se biodigestores e gasómetros, para a produção e recolha do biogás (mistura constituída essencialmente por  $\text{CH}_4$  e  $\text{CO}_2$ ) a partir de detritos orgânicos. Outra vez, a actividade experimental (e oficial) foi importante: determinação da composição volumétrica das misturas gasosas obtidas (relação  $\text{CH}_4/\text{CO}_2$ ), medidas de pH, construção de manómetros de vidro, de queimadores, etc.

Toda a nossa filosofia, que se apoiava fortemente na criatividade e na actividade experimental, foi apresentada em congressos e reuniões havidas em Chicago, Roterdão, Nápoles, Tampere (Finlândia) e Vigo, junto de alunos, professores e instituições que valorizavam e praticavam este mesmo tipo de actividade. Em muitas escolas portuguesas realizámos acções de formação que "provocavam" alunos e professores nesta vertente experimental.

A propósito do metano, um dos componentes do biogás que se obtinha, falou-se, frequentemente, do gás natural, combustível alternativo que, muito em breve, será um poderoso recurso energético do nosso país.

Assinale-se, ainda, a elaboração de um conjunto de problemas que "nasceu" de medidas que iam sendo praticadas durante as actividades dos diferentes projectos.

### As Chuvas Ácidas

O protocolo escolhido para este estudo, onde participaram alunos e professores de 10 escolas da Grande Lisboa e Açores (S. Miguel) e de 10 escolas da Grande Manchester (Reino Unido) envolvia um estudo internacional comparativo. Este estudo era, fundamentalmente, pedagógico e obedecia, entre outros, aos seguintes objectivos:

- desenvolver técnicas didácticas, contribuindo para conhecimentos fundamentais relacionados com o ambiente.

- motivar para um trabalho colectivo de conhecimento de problemas que nos afectam e a sua prevenção e familiarizar, gradual e sistematicamente, os alunos com técnicas experimentais relativamente simples.

Todas as escolas instalaram um colector semelhante para a recolha semanal da água das chuvas. Todas as segundas-feiras, à mesma hora, durante 10 semanas, mediam-se os volumes da água caída, e verificavam-se os valores do pH com tiras de papel indicador, iguais em



todas as escolas envolvidas no projecto. Não eram pois usados aparelhos medidores do pH. Deste modo, o estudo revestia-se mais de aspectos comparativos do que absolutos.

Os valores de pH obtidos eram depois convertidos em  $\text{meqdm}^{-3}$  de  $\text{H}^+$ , e constatou-se que, durante os 7 anos (1987-1993) do estudo, a acidez da chuva da Grande Manchester era nitidamente superior à correspondente da Grande Lisboa e de S. Miguel.

O estudo dos coeficientes de correlação existente entre as concentrações hidrogeniónicas e os volumes da água da chuva recolhida mostrou que era negativa para a Grande Manchester e positiva para a Grande Lisboa.

Esta actividade experimental tinha também a finalidade de alertar os alunos para o papel dos produtos químicos. É sabido que, desde longa data, fazem parte do nosso quotidiano, e que é de grande valor a sua utilização na medicina, na agricultura, na indústria, mas podem ser, por outro lado, agressores do homem e do meio ambiente, se indevidamente usados, como é o caso da presença do enxofre no carvão e noutros combustíveis tradicionais, e responsável, parcialmente, pelas chuvas ácidas. Os alunos sentem que é preciso, portanto, despertar muitas consciências, especialmente a dos políticos, e por acções, de âmbito internacional, ajudar os países mais pobres a adquirirem conhecimentos básicos sobre os efeitos nocivos que os produtos químicos podem provocar, quando mal utilizados.

Este trabalho põe, ainda, em evidência que, mesmo a nível do Ensino Secundário, foi possível fazer um estudo experimental comparativo entre escolas de dois países membros da Comunidade Europeia.

### Macrofotografia na sala de aula

Uma outra actividade experimental, levada a efeito na sala, foi a macrofotografia de arranjos cristalinos. Estava relacionada com a química (obtenção de cristais) e com a física (macrofotografia). Porquê esta actividade com os alunos? Para realçar a importância dos cristais no nosso dia a dia. De facto, comemos cristais, utilizamos como medicamentos e algumas substâncias do nosso corpo são... cristalinas.

A estrutura das redes cristalinas, isto é, os arranjos regulares das partículas (átomos, iões, moléculas), no espaço tridimensional, pode ser relativamente simples (caso do cloreto de sódio) ou complexa (vitamina C). Os cristais podem ser gerados na Natureza, a partir da matéria em fusão, ou no laboratório, a partir de soluções salinas (por exemplo), mas, em qualquer dos casos, existe sempre um fascínio pela grande diversidade dos agregados cristalinos...

Nos nossos ensaios de precipitação obtiveram-se, por vezes, belas massas cristalinas, que, posteriormente, foram fotografadas. Esta actividade permitiu a realização

de muitos ensaios do foro da Química, mas a parte seguinte, a fotografia dos cristais obtidos, envolveu a técnica da macrofotografia e, nalguns casos, a utilização de dispositivos polarizadores da luz.

Evidentemente que, para além disso, houve uma outra intenção, ao falar da estrutura íntima da matéria, que foi a de mostrar as relações entre a Química e a Arte. Esta actividade resultou numa escolha pessoal, tornada possível devido a condições específicas da escola onde trabalhei. O trabalho pedagógico e a actividade experimental podem, portanto, ter também (...e felizmente) uma face cultural.

### Uma lembrança para o Professor

Finalmente recordo que, como ex-aluno de Rómulo de Carvalho, durante vários anos, fui muito motivado pela vertente experimental das suas aulas. Todos os projectos descritos foram, indirectamente, consequência da sua acção.

Quero até acabar estas notas com palavras de Rómulo de Carvalho, que apareceram na Introdução que escreveu para o seu livro "Guia de Trabalhos Práticos de Química" (Coimbra, 1960), e que reflectem bem a sua preocupação pelo trabalho experimental:

*"Esta actividade pessoal que caracteriza o curso dos trabalhos práticos não deve ser encarada, pelo estudante, como um passatempo. Deve ser tomada com muita seriedade porque é por meio dela que o principiante adquire mais segura consciência dos factos que estudou ..... que pode nascer o despertar do gosto pela investigação de laboratório cuja importância, não só no mundo científico, como no mundo industrial, não é necessário encarecer".*

### Bibliografia

- COSTA, A. M. e GAMA, A. M. (1986), "O forno solar na Escola Secundária" (problemas), *Gazeta de Física, Vol 9, Fasc 1*, Lisboa.
- COSTA, A. M. e GAMA, A. M. (1993), "Scuola, Energie Alternative ed Ambiente, un Progetto Pedagogico in una Scuola Portoghese", (Mostra "Futuro Remoto", Napoli, Nv-Dic 1993), *Innovazione, Comunicazione, Sviluppo (ICS), Anno V, n.º 11/12*, Roma.
- COSTA, A. M. e GAMA, A. M. (1994), "As Energias Renováveis e a Prática Pedagógica", *Libro de Actas do 7.º Congresso Ibérico de Energia Solar, "Energias Limpas en Progreso", Asociacion Española de Energia Solar, Mayo-Junio 1994*, Vigo.
- HARE S. E.; LONGHURST, J. W. S.; COSTA, A. M. da (1991), "A Study of Rainwater Acidity in Great Manchester and Great Lisbon", *The Environmentalist, Vol. 11, n.º 4*, 267-280, London.
- COSTA, A. M. (1993), "Macrofotografia Scientifica per Nuovi Percorsi Formativi", *Richmach Magazine, Gennaio-Febrario*, Milano.

## A PRÁTICA LECTIVA E AS AULAS LABORATORIAIS NUMA UNIVERSIDADE<sup>1</sup>

Augusto J. S. Fitas

Departamento de Física da Universidade de Évora

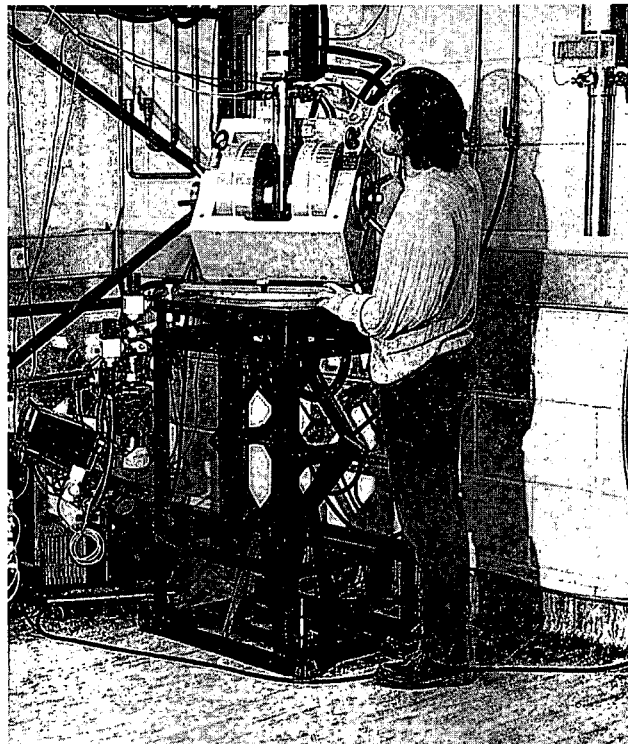
1. Quando os alunos chegam à Universidade possuem uma "cultura científica" onde não há lugar para a incerteza. Erros, repetição da experiência fazendo variar as condições experimentais, análise de resultados experimentais, criação de modelos experimentais não fazem parte da sua cultura científica. Também não lhes foi dada a possibilidade de desenvolverem alguns conhecimentos sobre aquilo que se pode chamar de técnicas laboratoriais ligadas às disciplinas científicas fundamentais, onde a Física está obviamente incluída. A experimentação em Física não fez parte da sua aprendizagem.

É frequente em outras disciplinas, como é o caso do Português, da História e da Biologia, procurar-se uma actividade de extensão complementar estimulante para os estudantes, surgem o jornalismo, os trabalhos de apoio a bibliotecas, os clubes de protecção à natureza etc. Aqui o estudante é induzido a participar, a criar, ele sente que se encontra, de um forma mais viva, no palco da acção: faz-se da experiência o centro da aprendizagem...

No caso da Física esta actividade de extensão é muito menos frequente, embora em alguns casos exista — é o que se passa com as semanas da ciência organizadas por muitas escolas, onde, a par do seu carácter lúdico, se procura saltar fora da prática rotineira da sala de aula... — contudo a pouca procura dos nossos estudantes pela actividades ligadas à Física mostra quão insuficientes são estes processos de motivação. É uma situação que não é nova e a atestá-lo relembro um escrito de Rómulo de Carvalho de 1970 e publicado na *Gazeta de Física*. Escrevia o autor, "*tem-se desenvolvido nos liceus, nestes últimos anos, uma actividade escolar à margem das aulas, designada por «Clubes de Física»*" e prosseguia com a constatação que "*a maioria esmagadora dos alunos escolhe os desportos e joga à bola nos tempos livres*", para concluir "*no ano lectivo corrente, no Liceu Pedro Nunes, houve 17 alunos em 900 que escolheram o clube de física*"<sup>2</sup>. Somos forçados a concluir, perante este exemplo de há um quarto de século, que, apesar das grandes mudanças sofridas pela escola portuguesa, a Física, não obstante a sua relevância no desenvolvimento tecnológico, continua a ser uma das matérias que menos atrai o estudante.

Contudo ao chegarem à universidade a maioria dos estudantes gosta e integra-se bem no trabalho de laboratório das disciplinas de Física. É a primeira vez, pelo menos dentro desta área, que o trabalho de laboratório faz parte integrante do programa da disciplina.

Na grande maioria dos Departamentos de Física das universidades portuguesas «há uma "cultura" que faz com que seja natural que a cada disciplina de Física se associe uma vertente laboratorial», evidentemente com algumas excepções que dependem da natureza das disciplinas; esta vertente não é um simples pró-forma, vai fazer-se sentir em termos concretos na avaliação final. Por outras palavras o estudante tem que dar alguma importância ao trabalho experimental se quer ter aproveitamento final.



Como funcionam as aulas de laboratório das diferentes disciplinas de Física? Respondemos, tendo em conta o que se passa na nossa universidade, fugindo, portanto, a qualquer generalização. As aulas de laboratório funcionam com base em protocolos onde se estabelecem passo a passo os procedimentos que o estudante, em grupo, terá que executar. Executando-se um trabalho por aula de duas ou três horas que culminará, na maioria dos casos, com a execução de um relatório.

Embora contacte com a incerteza, os erros e a análise dos resultados experimentais, normalmente na aula prática não existe qualquer situação problemática que o estudante tenha que enfrentar e que resolver recorrendo à experiência. Há que sublinhar que a atitude docente se centra fundamentalmente em três exigências: o cumprimento do protocolo ou receituário; o domínio por parte do estudante dos conceitos científicos subjacentes à rea-

<sup>1</sup> No seguimento de outras reflexões já produzidas, nas Jornadas do Departamento de Física da Universidade de Évora, Julho de 1994.

<sup>2</sup> Rómulo de Carvalho, O Ensino Liceal de Física de 1964 a 1970, *Gazeta de Física*, vol. V, fasc. 1, p. 2 (1970).

lização do trabalho; a entrega do relatório na aula seguinte.

Conclusão possível: o entusiasmo inicial dos estudantes com o trabalho laboratorial, aquilo que poderíamos chamar de adesão romântica à atmosfera de laboratório, transforma-se rapidamente numa rotina que a curto prazo desemboca no desinteresse...

2. Para lá de reforçar a aprendizagem do conhecimento científico, com o trabalho laboratorial pretende introduzir-se a prática do método científico, ensinar técnicas experimentais, desenvolver aptidões específicas na condução da investigação científica. No fim das contas desenvolver uma "atitude científica" na leitura da natureza.

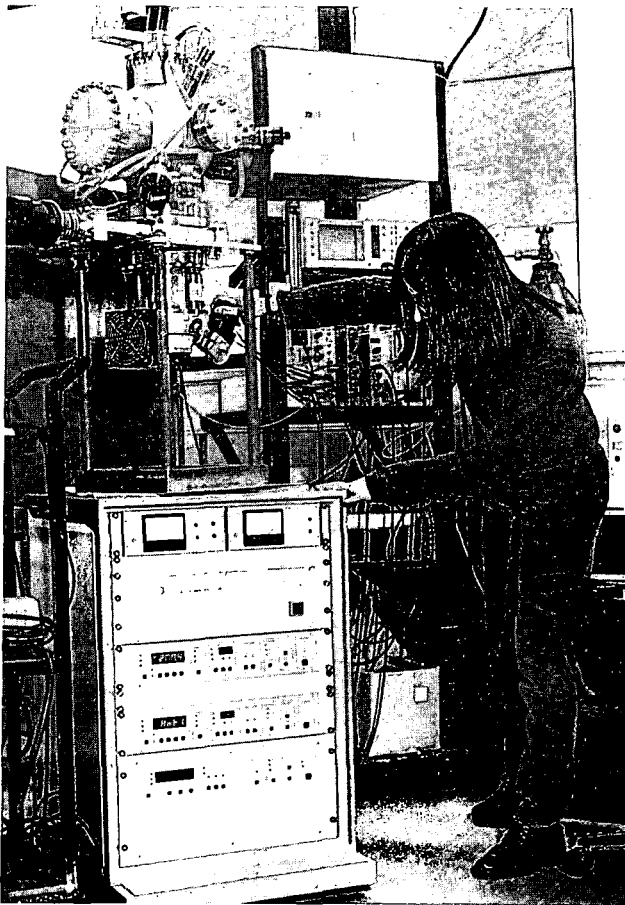
Em nossa opinião a prática lectiva laboratorial está muito longe de atingir os objectivos acima enunciados, pesam neste relativo insucesso dois factores: o primeiro, a forma como são concebidas as aulas laboratoriais; o segundo, o afastamento completo da sua prática em relação ao que se poderia designar por "prática real" da experimentação científica.

Acontece que a nosso cargo temos a formação científica de futuros professores de Física das Escolas Secundárias: quais os reflexos da nossa prática lectiva "laboratorial" no ensino que os novos professores virão a ministrar? Ao acompanharmos os seus estágios em escolas verificamos que dão, de uma forma bastante espontânea, uma atenção muito especial às demonstrações experimentais. Esta é uma constatação importante; apesar das aulas de laboratório não cumprirem os seus objectivos, somos levados a concluir que para parte dos nossos formandos elas parecem ser muito úteis, pois vão-lhes inculcando a ideia essencial que "experiência" faz parte do ensino da Física. Nesta atitude há uma influência decisiva do facto das disciplinas de Física da universidade terem uma componente laboratorial.

Na realidade os estagiários dão grande importância à realização de experiências, mas, aprofundando um pouco a nossa observação no que diz respeito às suas aulas, verificamos que se limitam a repetir um conjunto de técnicas aprendidas nos trabalhos laboratoriais no sentido de "ilustrarem" os conceitos em jogo. Talvez seja precipitada a conclusão, mas, no essencial, o que retiveram das nossas aulas práticas de laboratório foi o seguinte: primeiro, apreensão de algumas técnicas laboratoriais e, segundo, a ilustração empírica dos conceitos.

Contrariar esta tendência (ou alargar o seu alcance) corresponderia a encontrar um espaço onde a Física Experimental fosse discutida, incluindo-se aí uma abordagem histórica do papel que desempenharam as grandes experiências em todo o processo de desenvolvimento dos conhecimentos. É importante e urgente arranjar um espaço onde, ao nível do ensino, se lance a proposta da componente experimental na resolução de um problema...

3. É inegável que a actividade científica experimental fascina qualquer jovem. Um fascínio que passa pela própria concepção dos instrumentos, numa curiosa colaboração em que participam o artista, o artesão e o cientista, e onde a imaginação é guiada por uma espécie de impulso "romântico" em desvendar uma realidade muitas vezes oculta pelos caprichos superficiais da Natureza. É esta actividade que impregna de uma forma muito especial toda a atmosfera do laboratório, a grande responsável pela "revelação dos segredos da Natureza", que maravilha e seduz qualquer estudante. É difícil no ensino recriar esta atmosfera... mas seria bom que dela nos conseguíssemos aproximar.



E termino com uma citação do autor que estamos a homenagear e que se deve ler no contexto do século XVIII, para o qual foi escrita: «A prolongada disputa entre Antigos e modernos, tão rica em episódios de vários matizes, aproximava-se do seu termo com a inevitável vitória da Física Experimental. Restava agora, como natural epílogo, introduzi-la oficialmente no ensino, o que era tarefa própria do governo da nação»<sup>3</sup>. O que, adaptado aos dias de hoje, me permite concluir: *Resta agora, como natural epílogo deste fim de século que se introduza oficialmente no ensino uma Física Laboratorial, o que será tarefa própria do governo da nação.*

<sup>3</sup> Rómulo de Carvalho, *A Física Experimental em Portugal no séc. XVIII*, Instituto de Cultura e Língua Portuguesa, Lisboa, p. 75 (1982).

## O ENSINO EXPERIMENTAL E O CONSTRUTIVISMO

Jorge Valadares

Colégio Militar e Universidade Aberta

Numa época em que se privilegiam estratégias de ensino inspiradas no construtivismo, com amplo recurso a testes, questionários e entrevistas tendentes a detectar os modelos alternativos dos alunos, propõe-se uma reflexão sobre a importância da actividade experimental e sobre o modo como esta deve ser encarada de forma a contribuir para a aprendizagem significativa da ciência.

### O construtivismo

Nestes últimos anos temos ouvido falar muito em construtivismo, principalmente em pessoas ligadas à investigação educacional e ao ensino. Mas o que é o construtivismo? É uma filosofia da ciência? É uma psicologia da educação? É uma sociologia da educação? É uma maneira de encarar o processo educativo?

Se é difícil definir os contornos de um paradigma, não nos devemos admirar de que isso suceda com o construtivismo. De facto, ele é muito mais do que uma filosofia da ciência, do que uma psicologia ou sociologia da educação e transcende qualquer nova visão do processo educativo. É um modo de encarar a natureza do conhecimento e a sua evolução, que o mesmo é dizer a relação entre o ser humano e o mundo, entre o sujeito cognoscente e o objecto cognoscível.

O construtivismo assenta, fundamentalmente em dois princípios:

- *O ser humano não possui ideias inatas acerca do mundo.*
- *Cada ser humano constrói as suas ideias por interacção directa ou indirecta com os objectos do mundo, constituindo essas ideias a sua representação, o seu cenário, à sua imagem desse mesmo mundo.*

Em termos filosóficos, o construtivismo procura superar velhos problemas como são os da existência, origem, essência, formas, metodologia, validade e demarcação do conhecimento do ser humano. Assim, inspira visões do conhecimento que procuram reconciliar integradamente o dogmatismo e o ceticismo, o realismo e o idealismo, o empirismo e o racionalismo, os conceitos transcendente e imanente de verdade, etc. Criticando a visão positivista e neopositivista da ciência, o construtivismo encara a ciência como uma construção que ocorre paralelamente de modo pessoal e idiossincrásico e de modo social e normativo.

Por outro lado, o construtivismo inspira psicologias cognitivistas que se opõem às velhas teorias associacionistas ou comportamentalistas, rejeitando também quaisquer visões demasiado objectivistas ou subjectivistas da percepção humana. Encara esta como um acto complexo em que as ideias prévias de que o ser humano dispõe são determinantes no produto da percepção e que, por esse facto, a percepção de um objecto depende não só deste mas também do sujeito.

Finalmente, numa perspectiva educativa, que é a que aqui nos interessa, o construtivismo está subjacente a teorias em que a **aprendizagem** é encarada como:

- *um processo de exploração pessoal tendente à reorganização activa de uma rede de significados já existentes;*
- *uma actividade de desenvolvimento de um espírito científico em cada aluno que o levará a explorar por ele próprio o domínio da ciência;*
- *uma actividade cujo responsável principal é o próprio aluno, mas que é muito influenciada pelo professor bem como por factores de ordem social e curricular.*

### A actividade experimental e o construtivismo

Se, como diz Ausubel (1980), o factor mais importante de que depende a aprendizagem de um aluno é o que ele já sabe, se as «*misconceptions*» são tão decisivas na aprendizagem de um aluno a tal ponto que Rosalind Driver (1988) advoga que terão de ser tidas em conta pelos professores e pelos *curricula*, deverá defender-se um ensino profundamente voltado para a componente conceptual da ciência em detrimento da componente experimental?

Se assim é, um bom ensino será aquele em que os professores adoptam estratégias alicerçadas correctamente nas teorias científicas, com uma enorme preocupação no rigor dos princípios e das leis, com um profundo cuidado no tratamento dos conceitos e na correcção da linguagem, com muitos momentos de avaliação formativa sobre os textos estudados pelos alunos e com muitos diálogos «*maieúticos*» com estes.

Mas tais estratégias, por maior que seja o rigor envolvido nelas, nunca conduzirão a uma boa aprendizagem da ciência, porque são absolutamente inconsistentes com a natureza e a evolução da mesma, segundo o construtivismo que perfilhamos.

De facto, admitindo o princípio construtivista de Jean Piaget e Rolando Garcia (1987) segundo o qual há um certo paralelismo entre as construções pessoal e social do conhecimento científico, entre os mecanismos envolvidos na filogénese e na ontogénese das ideias (e que muitos construtivistas actuais também advogam, até por

ser coerente com muitas ideias explanadas por pensadores de reconhecido mérito como são Vigotsky, Bachelard, Toulmin, Ausubel, Novak, Gowin, entre outros), então há que reconhecer que uma compo-

nente importante foi incorrectamente desprezada: a vertente experimental. Se esta foi decisiva na evolução histórica do conhecimento do mundo, também o será na evolução desse conhecimento em cada ser humano. A

## PARTE CONCEPTUAL

### PRESSUPOSTO BASICO:

O Vê de Gowin facilita e valoriza o trabalho experimental.

### TEORIAS:

- Teoria da gravitação.
- Teoria newtoniana do movimento.

### LEIS:

- Lei da inércia.
- Lei fundamental de Newton.
- Lei da acção-reacção.
- Lei da gravitação.
- Leis horárias dos movimentos.

### CONCEITOS:

- Corpo.
- Massa.
- Gravidade.
- Força.
- Força de tensão.
- Peso.
- Espaço percorrido.
- Tempo.
- Velocidade.
- Aceleração.
- Movimento uniforme.
- Movimento uniformemente acelerado.
- Incerteza absoluta.
- Incerteza relativa.
- Desvio padrão.

## QUESTÃO-FOCO:

Será que a aceleração prevista pela Física newtoniana para os corpos da *máquina de Atwood* é verificada experimentalmente?

## PARTE METODOLÓGICA

### JÚZO COGNITIVO:

A aceleração prevista teoricamente é confirmada experimentalmente.

### RESULTADOS:

$$\frac{2s_1}{t_1^2} = (0,30 \pm 0,01) \text{ m/s}^2$$

$$\frac{2s_2}{t_2^2} = (0,30 \pm 0,01) \text{ m/s}^2$$

$$a_{\text{exp}} = (0,30 \pm 0,01) \text{ m/s}^2$$

$$a_{\text{teor}} = \frac{m}{2M + m}g$$

$$= (0,297 \pm 0,001) \text{ m/s}^2$$

### TRANSFORMAÇÕES DOS DADOS:

- Duas tabelas em anexo com valores de tempos, valores mais prováveis, desvios, incertezas.
- Duas tabelas em anexo, uma com valores de velocidades e tempos, outra com distâncias e quadrados de tempos.
- Dedução (em anexo) da fórmula da aceleração teoricamente prevista com o uso da ferramenta conceptual.

### DADOS/REGISTOS/FACTOS:

$$s_1 = (0,200 \pm 0,001) \text{ m}$$

$$s_2 = (0,300 \pm 0,001) \text{ m}$$

$$t_1 = 1,17 \text{ s}; 1,18 \text{ s}; 1,17 \text{ s}; 1,17 \text{ s}$$

$$t_2 = 1,43 \text{ s}; 1,44 \text{ s}; 1,44 \text{ s}; 1,44 \text{ s}$$

$$M = (147,910 \pm 0,005) \text{ g}$$

$$m = (9,050 \pm 0,005) \text{ g}$$

### ACONTECIMENTOS/OBJECTOS:

- Máquina de Atwood com três cursores: 1 - disparador; 2 - retentor; 3 - de chegada.
- Haste vertical graduada ao milímetro.
- Dois corpos iguais e uma sobrecarga
- Cronómetro eléctrico e fios de ligação.

análise histórico-filosófica da ciência e as ciências e tecnologias da cognição apontam no sentido de que a **experiência e a razão são igualmente relevantes na construção do conhecimento científico.**

A ciência constrói-se com base numa dialéctica entre pensamento e acção, entre sujeito e objecto, entre razão e experiência. Pontos de vista básicos (filosofias subjacentes implícitas ou explícitas), teorias, princípios e leis, conceitos, objectos e acontecimentos, problematização, registos, factos, resultados e juízos construídos sobre estes são componentes que, entrelaçando-se, estão na base da construção de todo o conhecimento.

São os juízos de valor sobre a evolução anterior do conhecimento que originam os pontos de vista básicos que inspiram a axiomática de que partimos (princípios) e tal axiomática é relevante na formação de juízos de valor sobre o conhecimento que se segue. O que conhecemos (teorias, conceitos e leis) interfere no modo como metodologicamente abordamos os acontecimentos/objectos para obter factos e conclusões acerca das questões básicas. São os conceitos e as leis que dão significado aos registos e factos experimentais, e que estão na base da sua transformação em resultados. Estes, por sua vez, enriquecem os conceitos e as leis. Conceitos e leis contribuem de modo decisivo para atribuir significado aos resultados, pelo que as conclusões experimentais que obtemos estão impregnadas de teoria. As teorias procuram explicar as conclusões experimentais que, por sua vez, umas vezes confirmam e outras vezes infirmam as nossas concepções, contribuindo para o enriquecimento das mesmas. As conclusões implicam juízos cognitivos que nos conduzem a novos juízos de valor ou a reforçar os que já possuímos.

A experimentação é tão inerente e fundamental na construção do conhecimento físico que, sem recurso a ela, o processo de ensino-aprendizagem das ciências ditas experimentais está epistemologicamente errado. É claro que a experimentação terá de ser encarada numa perspectiva construtivista e cognitivista, e de modo algum cingindo-se à tradução de um protocolo em comportamentos acrílicos.

Ferramentas poderosas (do meu ponto de vista) como são o *Vê de Gowin* e o *mapa conceptual*, permitem que cada actividade experimental, por pequena que seja, se transforme numa pesquisa científica por parte do aluno, em que este é levado a reconstruir o seu conhecimento na procura de respostas para a questão ou questões básicas, com base em objectos e acontecimentos que lhe são proporcionados. O aluno parte para uma actividade de exploração pessoal em que estuda e explicita convenientemente teorias, princípios, leis e conceitos relevantes, em que observa e regista factos, em que transforma estes em resultados, em que atribui significado a estes resultados com base nas concepções de

que dispõe, as quais acaba por deixar transparecer, até mesmo porque termina por formular juízos acerca desses resultados. Haverá assim oportunidade para que surjam e se discutam diferentes representações das experiências vividas, vai-se proporcionando o conflito cognitivo entre as concepções idiossincrásicas de cada aluno e os resultados experimentais, até ao ponto de serem construídos modelos interpretativos com capacidade preditiva para serem sujeitos a novas experiências. O "Vê" que se segue foi construído por um aluno durante uma actividade experimental numa aula de TLF (Técnicas Laboratoriais de Física) após a primeira versão ter sido corrigida pelo professor (ver esquema na página anterior).

Lillian Mc Dermott e o seu grupo de educação em Física na Universidade de Washington verificaram que muitos estudantes, com sucesso na aplicação de determinados conceitos na resolução de questões de testes, falham ao aplicar esses mesmos conceitos na interpretação de situações experimentais. Foi por isso que ela e os seus colaboradores resolveram passar a investigar as concepções dos alunos com base em entrevistas do tipo piagetiano, em que os alunos são confrontados com situações experimentais. E foi também certamente por isso que resolveram escrever um curso de introdução à Física por módulos baseados em actividades experimentais. Temos, urgentemente, que enveredar por caminhos semelhantes, valorizando a actividade experimental como parte decisiva de um ensino científico de inspiração construtivista, que nos conduzirá ao sucesso educativo.

### Bibliografia

- ANDERSON, O., *Some Interrelationships between Constructivist Models of Learning and Current Neurobiological Theory, with Implications for Science Education*, Journal of Research in Science Teaching, pp 1037-1058, Dec. 1992
- AUSUBEL, D.; NOVAK, J.; HANESIAN, H., *Psicologia Educacional*, Rio de Janeiro, Ed. Interamericana, 1980
- BACHELARD, G., *O Novo Espírito Científico*, Edições 70, Lisboa, 1986
- DRIVER, R., *Theory into Practice II: A Constructivist Approach to Curriculum Development*, in *Development and Dilemmas in Science Education*, ed. Peter Fensham, The Falmer Press, pp. 133-149, London, 1988
- GOWIN, D., *Educating*, Cornell University Press, Ithaca, 1990
- NOVAK, J.; GOWIN, D., *Aprender a Aprender*, Plátano Edições Técnicas, Lisboa, 1993
- PIAGET, J.; GARCIA, R., *Psicogénese e História das Ciências*, Pub. Dom Quixote, Lisboa, 1987
- TOULMIN, S., *Human Understanding, vol 1: The Collective Use and Evolution of Concepts*, Princeton University Press, 1972
- TROWBRIDGE, D., McDERMOTT, L., *Investigation of student understanding of the concept of velocity in one dimension*, Am. J. Phys. 48 (12) Dec. 1980

## **O TRABALHO DO LABORATÓRIO. LIMITES E POSSIBILIDADES. UMA PERSPECTIVA HISTÓRICA**

Maria Odete Valente

Departamento de Educação da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa

Desde longa data as actividades de laboratório têm sido consideradas como tendo um papel específico e central no currículo de ciências e os professores de ciências têm sustentado que muitos benefícios resultam de se envolverem os alunos em tais actividades.

No princípio do século passado havia já a perspectiva de que as actividades de laboratório ajudavam os alunos a fazer observações dando-lhes uma base para melhor compreenderem e amarem a natureza. A educação progressiva do princípio do século vinte advogava mesmo uma abordagem investigativa, mas no meio deste século constatava-se ainda que a maioria das actividades eram de tipo ilustrativo ou confirmativo da informação dada pelo professor ou pelo livro.

Na década de sessenta acentuou-se claramente a necessidade de desenvolver o aspecto investigativo e de pesquisa, e os currículos de ciências desenvolvidos então nos EUA e no Reino Unido representam claramente a aceitação desse desafio na forma como propõem as suas actividades laboratoriais. O paradigma predominante deixa de ser o de contar a história da Ciência, onde o laboratório serve para verificar a história dita com a liberdade para explorar e descobrir restrita e o espírito passa a ser outro preconizando-se que o laboratório tenha novo carácter, o de praticar os modos do cientista, desenvolvendo e testando proposições.

Na década de oitenta com a perspectiva construtivista mais assumida tenta-se de maneira mais substancial dar forma à ideia de que os conceitos se vão construindo e organizando à medida que vão explicando as experiências, resolvendo problemas concretos e a inter-relação entre os conceitos e os processos torna-se então mais vital. Para que assim seja as investigações devem ser proporcionadoras de pensamento reflexivo isto é devem promover a construção de conceitos significativos.

O objectivo importante das actividades laboratoriais é então o de confrontar as pré-concepções dos alunos num ciclo conceptual dinâmico, num percurso de aquisição progressiva de concepções mais científicas, ciclo que poderíamos assim descrever:

- 1.º identificar as ideias existentes sobre um assunto em consideração;
- 2.º desenhar e envolver-se em investigações, identificando contrastes entre os eventos que ocorrem e as ideias pré-existentis;
- 3.º tentar outras explicações para as ocorrências;
- 4.º testar as novas ideias;

5.º dar conta das alterações nas ideias à medida que são confrontadas com as experiências.

A pedagogia salta assim de uma pedagogia do contar a história da ciência para a de envolver os alunos intelectualmente em experiências e dados significativos que lhes permitam construir um entendimento partilhado de conceitos com os do seu grupo. A interacção entre os alunos tanto pode favorecer como inibir a construção dos conceitos e a aprendizagem e é preciso ajudar a que os grupos se tornem cooperativos. Discussões com a comunidade de investigadores ajudam também a construir esses entendimentos de modo mais próximo dos da comunidade científica.

Com carácter diversificado, desde as mais estruturadas às mais abertas, as actividades de laboratório povoam os currículos, exigindo maior ou menor instrumentação e colocando os alunos a trabalharem individualmente, em grupo ou em turma quando aquelas apresentam o carácter de demonstração. Umas surpreendem, outras confirmam, outras exigem pensamento, outras iniciativa, outras paciência.

Genericamente diz-se que proporcionam experiências importantes para a aprendizagem das ciências, que desenvolvem nos alunos a compreensão dos conceitos, a prática de processos científicos, o desenvolvimento de habilidades manuais e técnicas, a prática de definir um problema e de encontrar modos de o resolver, a habilidade de comunicar e cooperar, a disciplina no trabalho, a auto-afirmação e a independência, a actividade criativa, a atitude crítica bem como sustentam o seu interesse e motivação. A estas vantagens começou também a adicionar-se já, nesta metade do século, a de ajudarem a compreender a natureza da ciência.

Contudo, a partir do fim da década de setenta o papel e valor do laboratório começou a ser questionado. Para isso contribuíram novos conhecimentos sobre o desenvolvimento dos alunos, nova informação sobre como se aprendem os conceitos científicos, novas perspectivas sobre a natureza da ciência e a estas juntaram-se outras potencialidades oferecidas pelas novas tecnologias as quais podem complementar as experiências de laboratório ou ser-lhes mesmo alternativa, bem como uma maior preocupação em aprofundar, investigar e avaliar os resultados da sua prática.

A investigação tem revelado que, enquanto as investigações laboratoriais podem criar importantes oportunidades para relacionamento dos conceitos e teorias, as actividades por si só não são suficientes para se construir a complexidade conceptual, e a negociação e intervenção do professor é essencial. Vários estudos mostraram que actividades do tipo das que em inglês se chama de "hands on" por si só não são suficientes para que o aluno construa modelos. Por exemplo vários estudos com circuitos eléctricos mostraram que é necessário fazer juntar organizadores conceptuais, analogias, mapas concep-



tuais, etc, para delas se tirar substancial proveito. Só quando as experiências de laboratório se integram com outras experiências de aprendizagem de natureza cognitiva tais como predizer-explicar-observar então se promove o conhecimento. Em resumo o laboratório torna-se importante quando conduz a um melhor entendimento do conhecimento científico. A comparação de diferentes dados e de diferentes explicações depois de se terem realizado actividades semelhantes ajuda a esta perspectiva. Estas discussões dão então forma ao valor e significado do processo de desenvolvimento da ciência na comunidade científica.

Identificaram-se também vários desencontros entre os objectivos e os resultados visíveis nos alunos. Vários investigadores deram-se conta de que muitos alunos regularmente realizam as experiências científicas com propósitos diferentes dos dos seus professores, nomeadamente preocupam-se exclusivamente em seguir instruções e em chegar à resposta certa. Perceberam que no laboratório constituem objectivos o manipular o equipamento e fazer medidas, mas falham em perceber os objectivos conceptuais e mesmo processuais. Muitas vezes desconhecem a relação entre o propósito da investigação e o "design" do experimento em curso, não o relacionam com outro trabalho realizado anteriormente e raras vezes se apercebem das discrepâncias entre os seus próprios conceitos, os dos pares e os da comunidade científica. Para uma grande maioria as aulas de laboratório significam manusear equipamento mas não ideias. Isto quer dizer que os alunos se comportam como técnicos, seguindo instruções tipo "receita de cozinha", na qual apenas põem em jogo capacidades de nível menos elevado. Raras vezes são dadas oportunidades para discutirem hipóteses, testá-las ou programarem os próprios procedimentos experimentais ou discutirem a natureza e resultados da investigação. Por isso se tem vindo a reclamar mais consistência e coerência entre os objectivos e as práticas.

Por isso as actividades de laboratório têm de ser enquadradas claramente no objectivo em vista. As fases de planeamento de execução, de análise e da interpretação e da aplicação têm potencialidades próprias. No contexto curricular de quarenta minutos, a duração de uma aula é praticamente impossível conseguir realizar várias fases. Por isso é preciso explorar novos modos de funcionamento na perspectiva de que o "menos" permite o melhor, isto é, permite conduzir algumas investigações mais cuidadosamente, no sentido da realização de verdadeiros projectos que se prolongam por várias sessões. De outro modo poucas investigações feitas muito cuidadosamente e bem integradas no contexto conceptual são preferíveis a muitas actividades conduzidas superficialmente. Por isso, ao lado de certas tarefas no laboratório ou sala devem existir alguns projectos de investigação a realizar durante vários dias.

As actividades práticas devem então ser combinadas com discussões de modelos explicativos em competição, analogias, diagramas, gráficos e simulações para que os alunos vão elaborando níveis mais elevados de compreensão. O potencial das folhas de cálculo associadas a gráficos interactivos pode ajudar substancialmente os alunos na organização e discussão dos dados e, quando os de cada grupo são juntos para discussão na turma, as discussões do efeito da amostra e dos erros pode ser de grande valia. De igual modo lhes servem para modificar as variáveis e fazer previsões, mecanismos que ajudam a elaborar os conceitos. Por outro lado, os sensores ajudam o processo de recolha de dados e a sua visualização instantânea, e podem ajudar a relacionar variáveis e a realizar investigação interessante colectando informação de diferentes fontes. As simulações ganham novo potencial e podem ajudar os alunos a entender sistemas reais. Afinal as actividades práticas no laboratório são em si mesmo simulações da prática científica. Simulações, sobretudo para experiências demasiado complexas, perigosas, dispendiosas, demasiado rápidas ou lentas ou que consomem muito tempo ou material. A investigação mostra que as simulações não desenvolvem do mesmo modo as competências manipulativas mas na promoção conceptual têm-se revelado tão eficazes quanto as actividades práticas. Os alunos viajam assim entre testar os seus conceitos e modelos no laboratório e o exame das implicações dos conceitos e modelos.

Quanto à avaliação, esta deve integrar a actividade laboratorial. Os testes práticos têm muitas potencialidades. Permitem confrontar os alunos com problemas novos que terão de resolver. Contudo as competências técnicas devem ser avaliadas no contexto geral do do objectivo das tarefas integrando-as na globalidade do processo de aprendizagem.

Há ainda muita investigação por realizar testando modelos de ensino dirigidos à integração harmoniosa das práticas laboratoriais nos processos da construção de conceitos por parte dos alunos. O trabalho experimental custa dinheiro e tempo e os benefícios são por vezes difíceis de demonstrar. É pois preciso verificar o que realmente acontece e não o que se espera que aconteça, para que se possam retirar as recompensas esperadas, sejam elas de natureza emocional, intelectual ou ambas.

Em síntese pretende-se aqui afirmar que o entendimento dos processos e dos produtos da ciência são processos mentais que não se desenvolvem isoladamente e que só quando as actividades de laboratório são incorporadas no contexto de uma perspectiva global da educação científica elas se tornam relevantes. Este é porém um objectivo que estamos longe de ter conseguido realizar nas práticas lectivas como no currículo de ciências tanto nas escolas básicas e secundárias como nas do ensino superior.



## RÓMULO DE CARVALHO: As ideias, as experiências, e três pequenas sugestões

Carlos Fiolhais

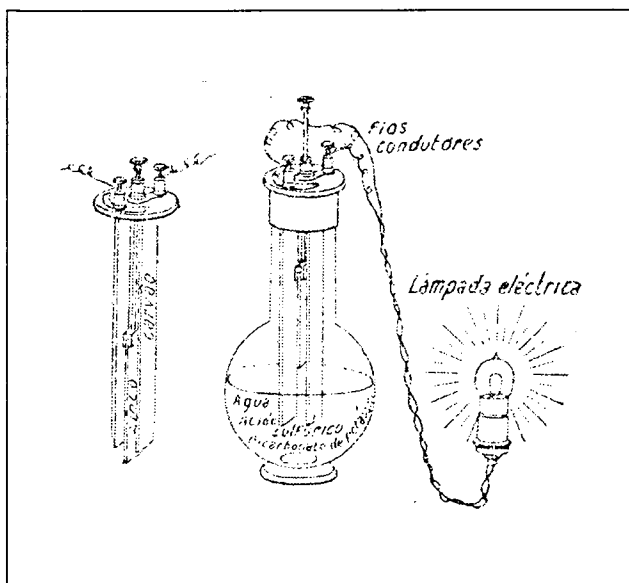
Departamento de Física da Faculdade de Ciências  
e Tecnologia da Universidade de Coimbra

*"O átomo começou por ser uma hipótese, uma suposição simplesmente cómoda para tornar mais fácil a interpretação do Universo, e acabou por ser um "objecto", uma "coisa" que se pode dirigir, dominar, criar e destruir. Foi como se alguém tivesse sonhado com um mundo fantástico e um dia o descobrisse, vivo e real, ao dobrar o cotovelo de uma estrada. Certamente ninguém acredita na existência das coloridas paisagens que o génio de Walt Disney tem imaginado e seria bem tolo aquele que percorresse o mundo na esperança de as encontrar. E se as encontrássemos, um dia, noutra planeta?"*

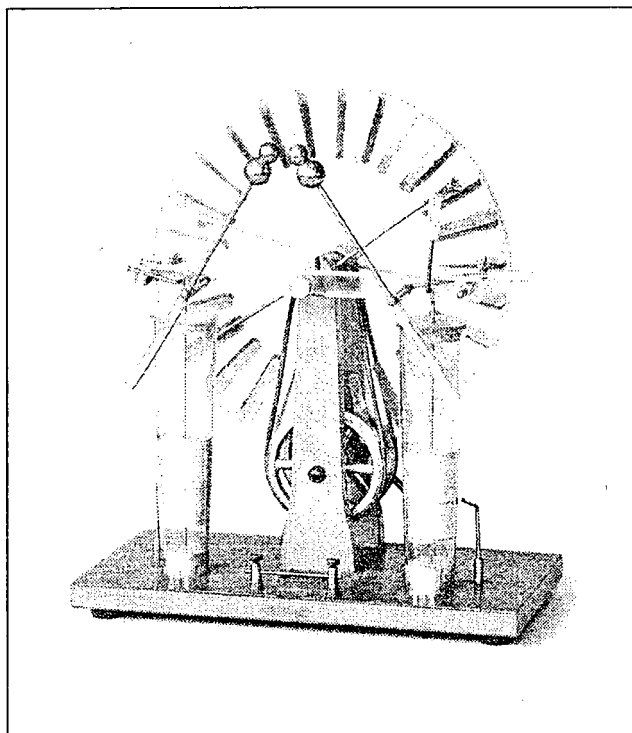
*Assim sucedeu com o átomo: nasceu na imaginação e, afinal, existia."*

Rómulo de Carvalho, "História do Átomo",  
Atlântida Editora, Coimbra, 1975

Rómulo de Carvalho é, para nós, tanto aprendiz como ensinadores de Física, uma figura exemplar num tempo em que as figuras exemplares não abundam. É para nós um modelo a seguir e um estímulo para prosseguir. Ensinou-nos não só o valor inquestionável da



experiência mas também o valor primordial da imaginação e da inteligência. Ensinou-nos ainda a virtude pedagógica da clareza e o poder sedutivo da linguagem (se for preciso demonstração releia-se o excerto citado no início).



Falar de Física Experimental é quase um pleonasmo porque a Física só existe enquanto reconhece o juízo irrevogável da experiência. Mas a Física imaginativa é uma permissa da Física Experimental, porque se tem sempre de começar por ter ideias, por inquirir o que acontece em situações reais ou fantasiosas. Em "História do Átomo", Rómulo de Carvalho insiste em que o átomo existiu na imaginação dos atomistas antes de triunfar na prova testemunhal do laboratório. Existiu como ideia antes de ser facto. Hoje, quase no fim do "Século do Átomo", cem anos depois da descoberta do electrão, sabemos que o átomo não é um personagem de histórias aos quadradinhos mas um personagem real. O átomo que hoje defronta os nossos instrumentos nanotecnológicos, primeiro "estranhou-se" e depois "entrou-se".

O átomo estava até há pouco distante do nosso dia-a-dia. Em "Física no Dia-a-Dia" (ex "Física para o Povo", no tempo em que, na linguagem pitoresca do autor, "havia povo"), não se fala do átomo mas dão-se lições notáveis sobre o modo de prender a imaginação a respeito do funcionamento do mundo na camisa de

## Homenagem a Rómulo de Carvalho

forças que são os protocolos experimentais (a imaginação dentro da camisa de forças é uma imagem de Feynman). Por exemplo, o discurso desse livro sobre a experiência de Arquimedes sempre me seduziu por remeter para manipulações simples, económicas, mas ao mesmo tempo capazes de fazer mexer as nossas ideias, arredando algumas e assentando outras. Em "Física Divertida" não consegui furtar-me a começar por aí. Não há experiências sem ideias para as fazer. Qual pesa mais uma banheira cheia de água ou uma banheira cheia de água com um barco? Uma vez feita a experiência, ficamos sem muitas ideias pré-feitas e ficamos com algumas ideias perfeitas.

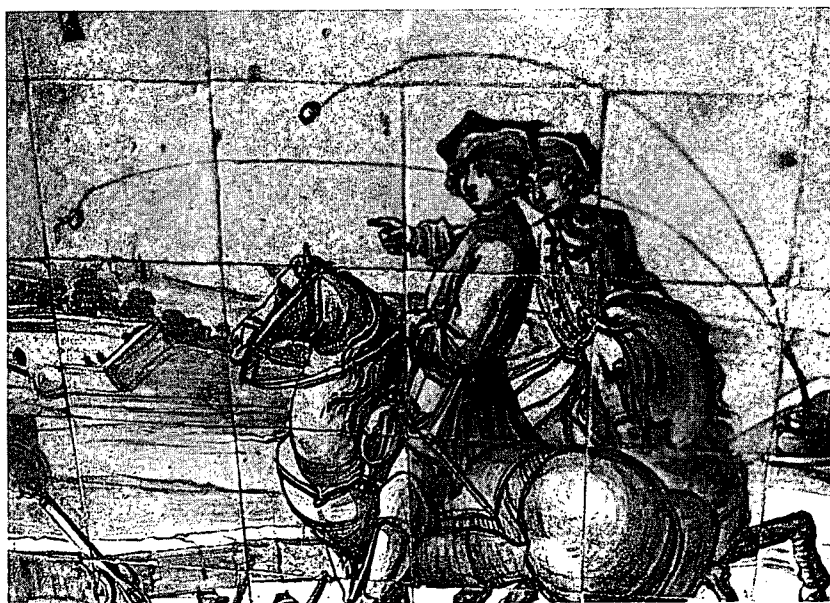
Eis algumas sugestões para tornar a Física mais imaginativa e mais experimental, nas escolas portuguesas:

1) Em primeiro lugar, há que reconhecer a importância dos livros. O raio de acção de Rómulo de Carvalho chegou fora da sua escola e dos seus discípulos directos através dos seus livros. Sem os livros não teria chegado nem exemplo nem estímulo. Sem a "Física no Dia a Dia" não teria talvez havido a "Física Divertida". De resto, é sabida a correlação íntima que existe entre a geografia da leitura e a geografia do desenvolvimento, entre o mapa da imprensa e o mapa da civilização. Portanto, se queremos ser desenvolvidos e civilizados, está à nossa disposição um método singelo mas seguro: ler, ler e ler! Uma sugestão que deixo é a de cobrir a rede de bibliotecas escolares e públicas com um "pacote" dos melhores livros de ciência, incluindo evidentemente a "História do Átomo" e a "Física no Dia a Dia".

2) Um número considerável de professores portugueses protagonizam um trabalho heróico mas ignorado. É preciso reconhecer a qualidade onde ela estiver, divulgá-la e servi-la para proveito e emulação gerais. Sugiro a criação de um prémio anual "Rómulo de Carvalho" para os melhores professores de Física das escolas básicas e secundárias, que, por exemplo, recompensasse o uso inovador e persistente da experiência nas escolas. Nem todos os mestres sabedores, esforçados e frutuosos terão a dita de sobreviver ao quotidiano por vezes difícil das escolas, chegar às nove décadas e ser alvo de merecida homenagem pública, que projecte a memória do seu passado num projecto colec-

tivo de futuro. Mas todos eles merecem o nosso respeito e apoio.

3) Por último, há que ser moderno, quanto mais não seja porque não há alternativas ("*Não se preocupem por ser modernos! É a única coisa que não podereis evitar*", alguém nos adverte no final de "Física Divertida"). A utilização no ensino da Física, em particular, e das ciências, em geral, das novas tecnologias da visão (televisão), da imaginação (computador) e da comunicação (redes) é algo que não só não podemos evitar como



devemos, com denodo, incrementar. Por exemplo, pequenos programas de televisão onde, em poucos minutos, se mostre como se faz uma experiência simples, fornecendo os ingredientes, a receita e a conclusão saborosa para a mente, estão ainda por fazer entre nós. Simulações computacionais onde mundos de faz-de-conta são cotejados com o mundo real constituem instrumentos pedagógicos extraordinários. O telefone como linha verde de ajuda aos laboratórios ("SOS-Experimenta") e a "Internet" ("Física em Interação") para a criação de comunidades de interesse pelo estudo experimental são meios de enorme potencialidade, cujo alcance verdadeiro está ainda por esclarecer.

Devíamos experimentar tudo isso e muito mais para ajudar professores e alunos. Paífa nos ajudar a nós próprios, cidadãos que pretendem construir o futuro pelas nossas cabeças e pelas nossas mãos, com as nossas ideias e com as nossas experiências. A memória de Rómulo de Carvalho não nos deixará ficar imóveis.

## **UMA REFLEXÃO SOBRE A EVOLUÇÃO DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO**

### **O Ensino da Física Experimental nas escolas secundárias e no primeiro ano das licenciaturas do IST**

António C. Ribeiro

Professor Associado do Departamento de Física do IST e Investigador do CFMCUL

O lento avanço do conhecimento ao longo dos séculos é talvez bem ilustrado pelo exemplo, apresentado em [1], associado à descoberta há mais de 5000 anos pelos índios da Amazônia de que era possível construir botas para protecção dos pés usando o latex que corria das árvores da borracha. As botas obtidas eram simultaneamente maleáveis e protectoras mas a sua resistência era precária pois ao fim de um dia estavam destruídas. Os índios estavam longe de imaginar as razões que levavam aos processos envolvidos que só foram perfeitamente esclarecidos na primeira metade do Século XX. De facto o latex é um polímero com longas cadeias flexíveis. Estas em contacto com o oxigénio do ar são por este atacadas e desta acção resulta uma ligação entre pontos de diferentes cadeias, obtendo-se assim uma matéria flexível com propriedades mecânicas notáveis. Contudo nos pontos de contacto entre cadeias o oxigénio continua a sua acção de ataque (inicialmente benéfica) e cerca de um dia depois os pontos de ligação estão quebrados. A matéria assim obtida torna-se quebradiça. Em 1849 Charles Goodyear decide por mera curiosidade fazer reagir o latex em ebulição com o enxofre. A mistura assim obtida apresenta-se agora como extremamente robusta, flexível e não degradável. É que o enxofre embora atacando e ligando as cadeias poliméricas é menos activo que o oxigénio e a sua acção não é suficiente para "cortar" as ligações entre as referidas cadeias. Goodyear não tinha a menor ideia das raízes porque tinha obtido o produto milagroso nem mesmo sobre a existência de materiais poliméricos nem sequer ligou muito à descoberta que só começou a ser explorada cerca de 50 anos depois. Em 1920, Staudinger começou a sintetizar polímeros mas só em 1940 Kuhn evidencia claramente a natureza das macromoléculas poliméricas e explica claramente a notável elasticidade da borracha.

O exemplo aqui transcrito [1] mostra como foi necessário esperar mais de 5000 anos para melhorar e finalmente compreender a descoberta dos índios. Ele é também notável, pois evidencia o lento avanço do conhecimento ao longo de muitos milénios. O referido exemplo ilustra bem o que de importante se passou na evolução do conhecimento científico na passagem do Século XIX ao XX.

Não esquecendo homens de génio como Galileu e Newton entre outros, temos que reconhecer que o grande salto em frente deu-se de facto no virar do século. A este propósito transcreve-se aqui uma parte de um texto original de J. J. Thomson escrito em 1937 [2,3]:

*"When I was a boy there were no bicycles, no motor cars, no aeroplanes, no electric light, no telephones, no wireless, no gramophones, no electrical engineering, no X-ray photographs, no cinemas, and no germs, at least none recognized by the doctors".*

Não é necessário dar nenhuma força suplementar ao admirável significado deste texto mas como será possível não recordar o próprio Thomson, Hertz, Röntgen, Becquerel, o casal Curie, Millikan, Einstein, Planck, Rutherford, Bohr, Compton, De Broglie que entre outros revolucionaram completamente a física [3] e que em grande parte nos permitiram chegar ao "mundo que hoje conhecemos".

É importante realçar que a Física avançou sempre com descobertas mais tarde teoricamente explicadas ou com hipóteses ou teorias que os factos experimentais se encarregaram de confirmar. Apresentam-se dois exemplos:

1 – A descoberta do efeito fotoeléctrico por Hertz em 1887 e a explicação do mesmo apresentada 18 anos depois por Einstein.

2 – A hipótese de Louis de Broglie sobre o dualismo onda-corpúsculo apresentada em 1924 e que foi experimentalmente confirmada em 1927.

Assim torna-se claro que se o génio humano foi e é em muitos casos capaz de prever a realidade física, noutras essa realidade aparece aos nossos olhos e só depois as explicações físicas aprofundadas são encontradas.

É pois desejável que a dupla perspectiva aqui evidenciada seja adequadamente transmitida aos estudantes de Física, tornando-se necessário que aos mesmos seja dada a oportunidade de lidarem com a actividade experimental. O ensino exclusivamente livresco não é de forma alguma suficiente.

Teremos honestamente que reconhecer que, no campo da Física, os alunos que entram actualmente na Universidade adquiriram uma preparação teórica e experimental francamente de mais baixo nível do que aquela que era adquirida pelos estudantes da geração que concluiu os estudos liceais no decorrer da década de 60. Nessa altura os programas eram substancialmente mais vastos e abrangentes e os Laboratórios de Física e Química obrigatórios nos 6.º e 7.º anos do Liceu. Esses laboratórios estavam razoavelmente bem equipados e eram executadas algumas experiências com enorme interesse.

## Homenagem a Rómulo de Carvalho

A reforma do ensino secundário e as transformações sociais associadas ao processo de democratização ocorrido no nosso País na década de 70 levaram, como desejável, a um incremento significativo da escolaridade obrigatória que conduziu a uma explosão do número de pessoas envolvidas em actividades de docência e discrição. A falta de verbas significativas para a montagem de laboratórios nos liceus, associada a outros problemas, nomeadamente de formação, veio conduzir a uma diminuição para não dizer quase extinção das actividades experimentais que se realizavam nos laboratórios de Física.

Porque verificámos que os jovens chegavam ao Instituto Superior Técnico (IST, na maior parte dos casos, sem qualquer experiência de laboratórios de Física e porque constatámos a enorme apetência de muitos deles pela experiência, foi decidido em 1983/84 implementar uma cadeira semestral de Física Experimental inicialmente leccionada a um número reduzido de cursos mas que rapidamente começou a ser leccionada à maior parte dos cursos de licenciatura do IST. Esta cadeira é em geral a 1.ª cadeira de Física que os alunos frequentam e funciona no 1.º ou 2.º semestre do 1.º ano da licenciatura.

Os alunos montam no laboratório algumas réplicas de experiências fundamentais, realizadas no início do século, determinando constantes fundamentais da Física como sejam a carga do electrão, a relação entre a carga e a massa do mesmo, a constante de Planck e a velocidade da luz. Executam igualmente uma réplica da experiência de Rutherford e um trabalho de Acústica básica. Este último permite-lhes assimilar o mecanismo de génese e propagação dos sons e determinar a velocidade de propagação do som no ar. Executam também trabalhos de óptica geométrica e de Óptica ondulatória e constatarem que se certos fenómenos físicos, como as interferências, são interpretados atribuindo à radiação electromagnética o carácter ondulatório, outros, como o efeito fotoeléctrico, só o carácter corpuscular da mesma os torna explicáveis. Por outro lado é-lhes facultada a hipótese de realizarem um trabalho de difracção de electrões que permite evidenciar que para compreender certos fenómenos é necessário, por vezes, atribuir às partículas materiais um carácter ondulatório. Os alunos podem também estudar as oscilações livres e forçadas num sistema massa-mola e detectam o fenómeno da ressonância no referido sistema. Constatam ainda através da análise de choques de partículas elementares (com velocidades próximas da luz) que os resultados obtidos não podem ser interpretados à luz das "leis" da Mecânica Clássica e que é no quadro da Mecânica Relativista que esta análise tem que ser efectuada. É-lhes igualmente introduzido experimentalmente o modo de funcionamento

do osciloscópio, instrumento de medida sistematicamente utilizado em muitos dos trabalhos por eles executados. Outras experiências de inegável interesse estão disponíveis, dependendo a sua utilização da licenciatura a que se destinam. No caso dos alunos da licenciatura em Engenharia Física tem mesmo sido possível logo no 1.º ano realizarem um estágio num laboratório, normalmente exterior ao IST; alternativamente são-lhes fornecidos os meios para efectuarem uma experiência por eles idealizada ou descrita em revistas de divulgação científica.

O interesse que as experiências realizadas têm despertado nos alunos revela-se pelo assinalável espírito crítico que muitos demonstram no tratamento dos resultados, pelas novas ideias que muitas vezes apresentam e também pela elevadíssima taxa de aprovações, seguramente uma das mais altas do IST.

Se voltarmos ao ensino actualmente ministrado no secundário teremos que reconhecer que presentemente alguns aspectos estão sendo corrigidos. Seria, no entanto necessário dispor de verbas avultadas para reactivação de laboratórios e desenvolver novos programas de formação de docentes recorrendo aos professores de grande qualidade que existem no ensino secundário num projecto articulado com professores do ensino superior. Honestamente, temos que reconhecer mais uma vez que os jovens chegam à Universidade com uma preparação média muito baixa, em Física e Laboratório.

Obviamente que noutros aspectos um número significativo de jovens chegam hoje à Universidade com uma outra dinâmica. Trabalham em geral com computadores pessoais. Se estimulados são capazes, em muitos casos, de simular e desenvolver experiências. São, no fundo, fruto de uma outra geração.

Se a Física é uma ciência exacta, muitas das opiniões aqui expressas não serão seguramente concordantes com outras defendidas por outros colegas, isto porque a subjectividade está inerente às apreciações que cada um faz sobre este tipo de realidade. Assim, e porque este texto é escrito em homenagem a Rómulo de Carvalho, um grande professor, um grande pedagogo e que foi também um grande poeta, termino-o com as palavras do grande poeta espanhol António Machado:

*"Nada es verdad nada es mentira todo depende del color del cristal com que se mira".*

### Referências

- [1] P. G. de Gennes e Jacques Badoz, "Les Objets Fragiles" — Pion, 1994
- [2] J. J. Thomson (1856-1940), "Recollections and Reflections", London, Macmillan 1937.
- [3] "Great Experiments in Physics", edited by M. Shamos, Dover Pub. Inc., New York, 1987.

## **MODERNIZAR O ENSINO DA FÍSICA NAS NOSSAS ESCOLAS: UM DESAFIO PARA A SPF NESTE FINAL DE SÉCULO**

Carlos Matos Ferreira  
Secretário-Geral da Sociedade Portuguesa de Física

### **Ensino da Física em Portugal: um panorama cinzento**

Como vai a Física em Portugal? Até há bem pouco tempo, era difícil ter-se uma opinião fundamentada sobre o assunto, por falta de dados sistematizados e de estudos de avaliação adequados. Decorreram em 1996, no entanto, dois processos de avaliação externa (a avaliação das licenciaturas, exceptuando as de ensino, e a das Unidades de Investigação, na área da Física) que permitiram reunir informação considerável e extrair conclusões relevantes: assim, se por um lado a investigação em Física no nosso país tem vindo a crescer em quantidade e qualidade de forma notória, tendo mesmo já atingido em várias sub-áreas um estatuto de excelência em termos internacionais, pelo contrário, todo o contexto do ensino universitário desta disciplina encontra-se numa verdadeira situação de crise. Na sua grande maioria, os alunos que ingressam nestes cursos não estão motivados (acabam por ingressar neles em 3ª, 4ª, 5ª e até 6ª ordem de opção, só para entrar na universidade, com o único desejo de mudar de curso se, e logo que possível), não têm preparação adequada, sofrem insucesso escolar elevado e acabam por abandonar os cursos. A generalidade dos cursos consegue formar bons físicos (por isso, o potencial de formação disponível nas universidades pode ser considerado elevado e é boa a investigação que se faz), mas os formados são uma pequena fracção dos que ingressam.

Se dúvidas pudessem ainda existir quanto à qualidade geral da formação em Física dos alunos do ensino secundário, os resultados dos exames nacionais do 12º ano de 1996 vieram fornecer uma demonstração inequívoca, com foros de escândalo nacional, do estado crítico a que se chegou.

Não é estranho que exista, num mesmo país, um fosso tão grande entre a Física que se "faz" e a que se aprende nas escolas? Por que razão é tão baixa a motivação da generalidade dos alunos do ensino básico e secundário para a Física? Por que razão estão tão mal preparados? Que ficam a saber de Física, afinal, todos aqueles que prosseguem estudos superiores noutras áreas e todos os que acabam por não prosseguir quaisquer estudos? Que conhecimento têm do mundo físico em que vivem, das tecnologias com que lidam no dia-a-dia? Que participação e intervenção poderão ter numa sociedade em que ciência e tecnologia cada vez mais impregnam o nosso quotidiano, em casa e no trabalho?

Não há respostas simples, como todos sabemos, para as questões anteriores. No entanto, os físicos, professores e/ou investigadores, estão bem conscientes de que é urgente inverter o rumo, mudar radical e urgentemente este estado de coisas. Felizmente, muitos são os que estão dispostos a trabalhar afincadamente para isso, nas escolas, nas universidades, nos centros de investigação. Neste contexto, a SPF - Sociedade Portuguesa de Física, instituição federadora dos físicos portugueses, professores de todos os graus de ensino ou investigadores, pode desempenhar um papel de grande relevância para inverter o rumo dos acontecimentos. Ainda não é tarde demais, mas é preciso agir já, com acções concretas no terreno. E como bons exemplos valem mais que mil palavras, é das acções concretas que a SPF está a desenvolver que queremos falar aqui.

### **Física em Acção**

Uma das principais razões que se pode apontar para o desinteresse generalizado dos jovens pela Física tem a ver com o ensino puramente abstracto e livresco que é ministrado. Em larga medida, a Física tem que ser aprendida fazendo, interrogando e experimentando. Não oferece, por isso, dúvidas a ninguém que uma correcta aprendizagem da Física, a qualquer nível da escolaridade, necessite de incluir sempre uma componente experimental. Se isto foi sempre verdade, ainda mais assim é nos nossos dias, em que técnicas experimentais e equipamentos de laboratório modernos, bem concebidos pedagogicamente, estão acessíveis para demonstrar, ilustrar e "experimentar" quase tudo o que se quiser, das leis clássicas às leis subtis do mundo das partículas. No entanto, o ensino experimental da Física é quase inexistente no nosso país. Faltam laboratórios e equipamentos na maioria das escolas, faltam professores devidamente formados e suficientemente motivados para este tipo de ensino, faltam técnicos de apoio aos laboratórios, que montem e desmontem as experiências quando necessário, mantenham os equipamentos, auxiliem os professores nas aulas, etc.

Considerando inadmissível este estado de atraso em matéria de "cultura experimental", a SPF decidiu incrementar as acções de formação que desde há muito tem vindo a promover junto dos professores, passando a dar uma especial atenção à formação experimental. Assim, com financiamento do Programa Ciência Viva do Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT), a SPF está a desenvolver, no presente ano lectivo, um Projecto intitulado **Física em Acção**, através do qual se pretende criar focos de dinamização das práticas experimentais de ensino e aprendizagem, utilizando meios laboratoriais modernos. Está em vias de criação uma rede de 10 escolas, distribuídas pelo país e seleccionadas por concurso, que possam vir a funcionar como disseminadores de inovação, constituindo exemplos de boa prática.

A **Física em Acção** centra-se num conjunto de experiências a realizar pelos alunos, de acordo com os con-

teúdos obrigatórios dos programas do 10º, 11º e 12º anos, escolhidas por forma a proporcionar grande riqueza conceptual e, portanto, maior impacte pedagógico. Para cada escola, serão adquiridos *kits* para realização de experiências, vários interfaces e sensores, computadores, televisão e vídeo, e equipamento de projecção adequado. Um dos computadores estará preparado para ligação à Internet e terá instalado *software* para aquisição e tratamento de dados e modelação. A formação decorrerá conjugando *workshops* presenciais (a organizar em colaboração entre docentes dos ensinos secundário e superior), apoio *in loco* às escolas (com a colaboração de monitores) e ampla utilização da Internet. Em paralelo, será criado na SPF, em reforço de outros serviços telemáticos já existentes, um serviço Internet para apoio, fórum e repositório de experiências e documentação, nomeadamente de fichas de trabalho e relatórios de actividade experimental.

Esta experiência piloto a desenvolver neste ano lectivo, após avaliação adequada que permitirá introduzir eventuais ajustamentos e correcções, deverá ser generalizada a uma rede muito mais ampla de escolas já a partir do próximo ano lectivo, desde que possam ser obtidos os financiamentos necessários.

### Softciências

A possibilidade de simular a realidade física e de disponibilizar informação científica, através de computadores, constitui hoje em dia um recurso pedagógico poderoso para o ensino da Física e das ciências em geral. Não se substituindo à experimentação concreta, a exploração de *software* educativo pode e deve servir, no entanto, como seu complemento, para um maior enriquecimento dos conteúdos do ensino e uma aprendizagem mais fácil e profunda.

A SPF, em colaboração com as Sociedades Portuguesas de Química e de Matemática, tem vindo a desenvolver, desde 1992, um projecto de produção e divulgação de *software* educativo, denominado **Softciências**, o qual tem contado com diversos apoios financeiros de organismos dos Ministérios da Educação e da Ciência e da Tecnologia. Foram já produzidos 18 programas educativos, que correm nos sistemas operativos DOS e Windows em computadores IBM-PC compatíveis, dos quais foram distribuídos mais de 2000 exemplares na comunidade escolar. Em paralelo, têm decorrido acções específicas de formação para professores. Todos os programas produzidos (cuja listagem tem sido regularmente anunciada na *Gazeta de Física*) estão em consonância com os novos currículos de ensino, embora o seu âmbito seja mais alargado por forma a criar maior motivação na aprendizagem e fomentar o gosto pela ciência e tecnologia. Estão neste momento em produção novos programas, assim como uma colectânea em CD-ROM de todas as edições disponíveis e documentação complementar.

Atendendo ao grande impacte que tem tido o trabalho já produzido, o projecto prosseguirá apostando, em

particular, na criação e distribuição de produtos em CD-ROM e na Internet, em paralelo com os programas de formato mais tradicional. Nomeadamente, através de um subprojecto denominado **Omniciência**, para o qual se obteve financiamento do MCT, pretende-se colocar nas escolas uma quantidade enorme de informação e de recursos de ciência e de ensino da ciência, ao alcance directo de professores e alunos. Esta informação será mantida actualizada por um *link* para uma página de Novidades acessível *via Internet*, devendo todos os anos surgir uma versão actualizada do **Omniciência** que inclua não só novos dados da parte dos organizadores, como informação fornecida pelos utentes, depois de devidamente validada.

Esta iniciativa é, assim, uma resposta apropriada à nova política já anunciada pelo Governo de instalar um equipamento *multimedia* em cada escola, com acesso à Internet. Parece-nos sensato que, em complemento, houvesse também acesso local por disco óptico a informação, esteja esta ou não na *Internet*.

### Outras iniciativas

Não se esgota aqui o que a SPF entende promover no futuro.

Na mesma linha de actuação, a SPF solicitou já há vários meses a sua acreditação para poder desenvolver acções de formação de professores no âmbito do **Programa FOCO**. Diversas acções de formação estão já planeadas pela Divisão Técnica de Educação e pelas Delegações Regionais da SPF, as quais serão desencadeadas logo que o processo de acreditação esteja concluído e as acções aprovadas, o que, contamos, acontecerá em breve.

Através das Delegações Regionais e da Divisão Técnica de Educação está à disposição de grupos de professores que o solicitarem um vasto conjunto de cursos de curta duração e de seminários destinados à formação e/ou actualização de professores, cobrindo os mais diversos temas da Física.

Finalmente, importa referir o envolvimento que está a ter a SPF, por convite do Ministério da Educação, na análise em curso dos actuais programas de ensino da Física no 3.º ciclo do ensino básico e no ensino secundário, ao nível dos seus conteúdos e objectivos, e da sua gestão. Em paralelo, através de Protocolo com o Instituto de Inovação Educacional, foi cometida à SPF a responsabilidade de um estudo de elementos do sistema educativo português na área da Física, no 3º ciclo do ensino básico e no ensino secundário, à luz de outros sistemas educativos estrangeiros, tendo em vista estabelecer propostas de desenvolvimento curricular.

Estão pois em marcha numerosas iniciativas. Da convergência de todas elas esperamos que possa resultar um ensino moderno, eficiente e sedutor da Física, nas nossas escolas e universidades, neste virar de século.

# UMA APRENDIZAGEM DA FÍSICA QUATRO DÉCADAS ATRÁS

## A PROPÓSITO DE RÓMULO DE CARVALHO

CÂNDIDO MARCIANO DA SILVA

Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa

Impressionou-me bastante a recente observação de Rómulo de Carvalho de que o ensino "foi sempre mau" e "talvez, até, cada vez pior".

Talvez este fatalismo da relação professor/aluno tenha sido grandemente amplificado pela explosão escolar que entretanto se verificou, e se tenha tornado hoje mais fácil encontrar maus alunos e maus professores do que ocorria há quatro décadas atrás, altura em que o "direito" ao ensino não encontrava expressão em largos estratos da sociedade. Felizmente inúmeros exemplos mostraram que a aptidão para a aprendizagem e a própria capacidade intelectual não estão relacionadas com a origem social, embora, como em tudo o resto, os privilégios sociais contribuam claramente para o bom sucesso do aluno.

Diz-se que um bom aluno o será sempre, independentemente dos professores que tenha. Mas não acredito. Talvez no caso de um aluno brilhante isso aconteça, mas certamente o papel do professor é determinante, sobretudo no despertar das suas percepções do mundo que o rodeia (físico, intelectual, social ou artístico) e, eventualmente, das suas vocações.

É difícil ser-se professor numa tão grande e diversificada variedade de situações, como as que se apresentam hoje no sistema de ensino, o que leva, naturalmente, a que haja professores que só funcionam bem com turmas de bons alunos e que são incapazes de transmitir a sua mensagem e influência noutros grupos. As atitudes têm, naturalmente, que ser diferentes, e guiadas por pressupostos bem claros, isto é, por objectivos bem definidos para o ensino das matérias.

Claramente, o ensino das ciências não pode (no nível básico e secundário)

ser dirigido para a produção de bons cientistas, tal como o ensino da língua não se destina a produzir escritores, ou o de educação física a produzir atletas de competição.

Cada vez mais se torna claro que, na sociedade presente, é necessária uma boa compreensão da ciência e, sobretudo, da maneira como se constrói o conhecimento científico e dele se tira partido. E está igualmente claro que essa compreensão não pode ser conseguida pela simples acumulação de factos.

Um ensino de natureza puramente informativa, refúgio fácil do sistema (desde a definição dos curricula à formação dos professores), não é garantia de uma formação que desenvolva a compreensão da natureza e dos aspectos da sua relação com a sociedade. Pode parecer preferível insistir num número reduzido de conceitos, pela sua natureza estruturante, e deixar que a parte informativa seja guiada externamente, como já o é, quer pelos média, quer pelos produtos cada vez mais disponíveis (livros/computadores/Internet, etc.).

Como tive oportunidade de dizer pessoalmente a Rómulo de Carvalho, lamento profundamente não ter memórias de vivências comuns para relembrar nesta altura festiva. Mas gostaria de recordar alguns aspectos da vivência de um aluno do tempo em que Rómulo de Carvalho era Professor Metodólogo.

Parece que sempre fui considerado um bom aluno (pelo menos pelos nossos padrões) embora as minhas notas de todo o período liceal sejam as de um aluno regular. No entanto, é um facto que a Física que aprendi no período pré-universitário não me foi ensinada na sala de aula. Tive aí três professores: um que era bem mau (a minha primeira nota de

$$\left\{ \begin{array}{l} i = \frac{af}{p-f} \\ p' = \frac{pf}{p-f} \\ LA = \frac{i(p'-oc)}{p'+f'-oc} \\ c = i - LA \\ t = \frac{if' - cf'}{i} \\ x = p + co + t \\ F = \frac{acx}{(a+c)^2} \end{array} \right.$$

Física foi negativa), um que ensinava bem a matéria e tinha uma habilidade específica para lidar com os espíritos menos hábeis confrontando-os com a sua ignorância e estimulando-os fisicamente para as aventuras do conhecimento, e um terceiro, neste caso uma professora, que, sendo muito dedicada à turma e ao currículo, frequentemente procurava, nas suas afirmações mais ousadas, o consentimento de um pequeno grupo de alunos da turma, no qual eu me incluía.

A minha aprendizagem da Física foi feita fora da sala da aula, fora até do texto oficial do livro adoptado, principalmente em livros diversos da Biblioteca do Liceu, mas também nalguns livros (escritos em espanhol) que o meu irmão já tinha usado nos seus estudos no Instituto Industrial (hoje ISEL).

A Biblioteca era nessa altura um ponto privilegiado de encontro dos alunos do Liceu, indistintamente dos seus desempenhos escolares, e era provavelmente a única sala onde coexistiam rapazes e raparigas antes do 6.º ano do "Complementar" (hoje 10.º ano).

Foi assim que, ainda no Liceu aprendi a radioactividade no livro do Prof. Manuel Valadares (cujo conflito que o havia exilado em França eu então ignorava), li livros de Louis de Broglie sobre a dualidade onda/corpusculo, e o meu espírito foi desperto para as geometrias não euclidianas. Curiosamente a Relatividade foi sempre uma fonte de fascínio não propriamente compreendida. Mas foi sobretudo o acesso, na Biblioteca do Liceu, a bons livros sobre os aspectos clássicos da Física curricular, que me facilitaram a consolidação desse conhecimento. Foi também a altura em que percebi que a ciência podia ser contestada e sugeridas interpretações alternativas, mas o livro "Comentários à Física Teórica Oficial", com a sua visão do Universo constituído por matéria imersa num mar de partículas, que também li nessa altura, não me inspirou nenhuma confiança.

Desde a escola primária, a Geometria tinha-me dado um quadro de referência para a compreensão do mundo envolvente e consolidado bem a noção de infinito (consequentemente uma primeira perspectiva cosmológica) e por isso não é de admirar que tenha desenvolvido motivos de interesse e de entretenimento quer na óptica, quer na compreensão da trigonometria esférica que regula a superfície da terra, com o seu impacto nos mapas para a navegação no mar, e que regula também a esfera celeste e a sua constante alteração com os fenómenos do dia a dia.

A passagem dum cometa importante (Pajdusakova-1953h), nessa altura anunciada nos jornais, levou-me a escrever ao Observatório da Universidade de Coimbra, que estava na origem da notícia, e solicitar as coordenadas do dito. Pensava eu que seria um exercício simples encontrar o objecto no céu nocturno, uma vez armado com essa preciosa informação. Não tendo sido assim, perduraram, no entanto, várias coisas desse acontecimento: recebi do Prof. Manuel dos Reis, então director do Observatório, uma carta manuscrita em que me dava conta dos aspectos observacionais relacionados com a passagem do cometa e, ao mesmo tempo, um

exemplar das Efemérides Astronómicas do Observatório para esse ano. Não sei se o Prof. Manuel dos Reis se apercebeu de que se tratava dum jovem no início do 6.º ano (hoje 10.º) do Liceu (é possível que eu não o tenha referido na carta), mas tive oportunidade de lhe agradecer pessoalmente, mais tarde, quando já licenciado, e ele jubilado, o encontrei regularmente nos Seminários de Física que o Prof. Silveira organizou durante alguns anos.

Este contacto deixou marcas indeléveis. Aquele exemplar das Efemérides marcou o início dum continuado interesse pela Astronomia. Ainda hoje recebo anualmente essa publicação do Observatório, o que tem sido um precioso auxílio em muitas incursões amadorísticas neste domínio, mas sobretudo forneceu-me páginas e páginas de números que necessitavam de adquirir sentido na minha cabeça. Esta necessidade de lidar com as coordenadas celestes do dito cometa, e por causa dele, também do Sol, da Lua, dos Planetas e das Estrelas, no seu dia-a-dia, obrigou-me a imaginar a esfera celeste vista do meu lugar, à latitude 37º N, e a tentar relacionar as ditas coordenadas com o que hoje sei chamar altura e azimute. Essas conjecturas e os desenhos geométricos que geraram para determinar o arco semidiurno dum astro conforme a sua declinação (exercício baseado todo ele, mais uma vez, na geometria da esfera e das suas projecções) só vieram a fazer sentido pleno quando aprendi a trigonometria esférica, mas até lá proporcionaram um sólido empirismo de que ainda hoje benefico, mesmo fora deste domínio.

Sempre achei que a menor ênfase dada actualmente no ensino à Geometria, e em particular à Óptica, resulta numa quebra de desenvolvimento de capacidades, quer de pensamento abstracto, quer de atitude observacional, que de outro modo seriam essenciais do ponto de vista formativo. Julgo que não há argumento para a Óptica desaparecer do currículo escolar, a não ser pela actual ausência do ensino experimental.

Nessa, altura, a Óptica Geométrica elementar era ensinada no antigo 2.º ciclo, que actualmente corresponde ao 7.º, 8.º e 9.º anos, e aí se aprendiam não só as leis da reflexão e refacção mas também a maneira como determinavam o comportamento dos meios ópticos limitados por superfícies, quer as lentes quer os espelhos, quer os casos particulares das lâminas de faces paralelas e dos prismas.

Tal como era ensinada era um exercício de Geometria em que, sem nos apercebermos da profundidade subjacente, se discutia a correspondência de dois espaços, i.e., a transformação do espaço objecto no espaço imagem e se estabelecia, teórica e experimentalmente, a respectiva correspondência com a realidade numa forma precisa e construtiva. Essa relação entre o teórico e o real e o domínio dos conceitos de base não só me permitiram resolver mais tarde todos os problemas da Geometria Descritiva (do 7.º ano — hoje 11.º ano) como viriam a permitir-me resolver muitos dos problemas que na Universidade afluíam os meus colegas de Matemática na disciplina de Geometria Projectiva.



Por outro lado, a capacidade de abstracção, que resulta da necessidade de vislumbrar uma solução, por puro exercício mental, muitas vezes fechando os olhos para melhor "ver" os elementos geométricos envolvidos, foi determinante para a mais fácil compreensão da Cristalografia, desde os seus 32 grupos de simetria às projecções estereográfica e gnomónica. Esta compreensão viria por sua vez a ser importante para perceber o papel da simetria na Natureza e, mais tarde, para um melhor entendimento da estrutura e das propriedades das partículas elementares constituintes da matéria (Física Nuclear, etc.).

Além disso, sendo a Geometria uma disciplina de rigor, a Óptica ensinou-me logo nessa altura que, em geral, tudo o que usamos é de natureza aproximada. Embora a Óptica Geométrica elementar só trate superfícies esféricas foi fácil perceber, quer geométrica quer experimentalmente, que estas superfícies não são boas para formar imagens de qualidade a não ser que se aproveite apenas uma fracção muito pequena da superfície da calote esférica. Então, só para estas é que são válidas, como aproximação, as equações simples que relacionam os raios de curvatura e as distâncias focais. E, no caso das lentes, a correspondente aproximação das lentes de pequena espessura.

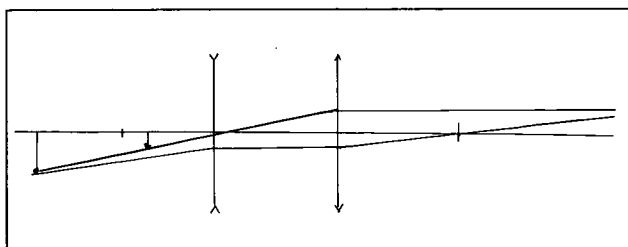
Na ausência de material adequado tinha desenvolvido, já nessa altura, uma técnica de utilização de lâmpadas eléctricas fundidas, para fins ópticos, que consistia em extrair pelo topo do casquilho o suporte interior do filamento, o que deixava uma boa aproximação de uma esfera oca e transparente. Esta, cheia de água, fornecia uma boa lente que, infelizmente (ou felizmente), contrariava todas as aproximações em que se baseava a Óptica Geométrica aprendida; mas o ter que lidar, empiricamente, com este objecto, por exemplo, para projectar fitas<sup>1</sup> (um projectador de diapositivos com uma lente completamente esférica), foi determinante para a compreensão global e exacta da Óptica Geométrica como modelo aproximado da realidade, da medida exacta dessa aproximação, mas sobretudo da noção da validade do modelo como limite da realidade no sentido infinitesimal, que consolidou nessa altura. O mesmo aconteceu, aliás também com a câmara clara, particularmente no que se refere ao balanço entre a intensidade e a definição da imagem que se projecta numa parede interior através de um orifício pequeno. Por isso, nunca tive dificuldade sempre que, posteriormente, foi necessário estudar uma realidade complexa fazendo hipóteses simplificadoras, fornecedoras de modelos de referência, ou analisando os compromissos entre várias alternativas.

Porém, nunca fiquei satisfeito com o facto de ser tratada na Óptica Geométrica apenas a situação em que duas lentes finas, de distâncias focais  $f_1$  e  $f_2$ , são combinadas no caso particular de contacto, para produzir um conjunto com distância focal  $F$ , e não ser sequer feita referência ao caso frequente em que as duas lentes não estão em contacto e se encontram separadas por uma distância "d" diferente de zero.

A equação dos focos conjugados, expressão correspondente à primeira situação, tem nesse caso a forma:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} \quad \text{ou} \quad F = \frac{f_1 f_2}{f_1 + f_2}.$$

Essa insatisfação era reforçada pela constatação de diversas situações em que se verificavam combinações com distâncias significativas, como, por exemplo, objectivas de algumas máquinas fotográficas e elementos ópticos de projectores de diapositivos e de opacos que na altura eram usados nas aulas.



Na minha simples imaginação o problema deveria ser resolúvel com os conhecimentos já adquiridos e não percebi porque não era tratado na matéria. Criou-se, assim, um desafio implícito que me deixou inquieto durante todo o 3.º período.

Sentindo que dominava os instrumentos necessários para atacar o problema, pois tinha compreendido bem toda a teoria associada à semelhança de triângulos e ao Teorema de Thales, por um lado, e executava bem todas as manipulações algébricas de simplificação de expressões e de fracções explorando simetrias dos termos intervenientes, por outro, não foi difícil estabelecer as relações necessárias para a solução pretendida. Só que, por mais voltas que a álgebra me permitisse dar, não consegui obter uma fórmula simples que relacionasse os três parâmetros essenciais  $f_1$ ,  $f_2$  e  $d$  para obter a distância focal  $F$  do conjunto das duas lentes.

A beleza e a simplicidade da expressão dos focos conjugados tinha-se perdido, dando lugar a uma expressão atemorizadora e complexa, de aplicação laboriosa e susceptível de erro na prática, de tal modo que me parecia mais simples manter a solução na forma de um sistema de equações, usando variáveis intermédias, do que incorporar todas as equações numa única expressão por eliminação dessas variáveis.

O desafio inicial tinha dado lugar agora a um impasse, em que a primeira coisa a fazer consistia em saber se a solução estava correcta. O mais simples era saber se este resultado geral (para  $d \neq 0$ ) continha a solução correcta no caso particular de distância nula ( $d = 0$ ) e, de facto, fazendo  $d = 0$  em toda aquela com-

<sup>1</sup> Fitas – imagens provenientes de fragmentos de película cinematográfica, que constituíam o pequeno comércio numa velhota que vendia pacotinhos de 10 por um tostão; obviamente mais caras quando se tratava de fitas puras, isto é, que envolviam acção.

plicação, de lá saiu novamente e de forma natural a expressão dos focos conjugados em toda a sua harmoniosa simplicidade. Mas este teste, embora satisfatório do ponto de vista formal, era efectivamente derrotista no sentido do objectivo procurado, pois não garantia a correcção da solução no caso que interessava, isto é, de  $d \neq 0$ . No enleio em que fiquei só vi duas alternativas: ou testava experimentalmente, nalguns casos, para verificar se os resultados das medidas se conformavam com os valores calculados (por exemplo, escolhendo duas lentes  $f_1$  e  $f_2$  e ensaiando várias distâncias  $d$  entre elas tentando em cada caso posicionar o objecto em posições diversas e medindo a posição da imagem) ou mostrava ao professor, para que ele validasse a correcção da solução encontrada.

Como estávamos já a terminar o ciclo (hoje 9.º ano) e tinha bem assegurada a nota para ir a exame final, atrevi-me a abordar o professor para lhe pedir as duas coisas. Esperei uma boa oportunidade em que todos já tinham saído da aula prática e em que já não estava mais ninguém para presenciar o meu embaraço e pedi-lhe para me autorizar a usar o banco de óptica fora de horas, e entreguei-lhe também meia dúzia de páginas com as deduções que gostaria que ele comentasse. Estava-se no final do ano lectivo, e não havia nenhum problema formal que impedisse o uso do laboratório. Porém nunca cheguei a realizar mais do que um ensaio ou dois, porque interiormente sentia que este não era o processo de realizar a prova. Isto é, mesmo que verificasse, em meia dúzia de casos, que havia acordo razoável, o que é que isso provava? Na prática, depois, verifiquei que não sendo de precisão o banco de óptica, os erros associados às medidas não permitiam o rigor necessário para uma confiança satisfatória, mesmo nos casos isolados que se experimentassem.

$$F = \frac{2f_1 f_2 (f_1 + f_2) \pm 2d f_1 f_2}{(f_1 + f_2) \pm d}$$

$$F = \frac{2f_1 f_2 (f_1 + f_2) \pm 2d f_1 f_2}{(f_1 + f_2) \pm d}$$

Mentalmente já tinha, efectivamente, abandonado esta solução e ficado dependente da opinião do professor. Este, ao receber os papéis, e o meu pedido, tinha ficado com um "sorriso amarelo" que, na altura, não consegui interpretar bem mas que, *a posteriori*, me parece que se pode atribuir a um embaraço maior do que o meu. Julgo que não estava preparado para uma situação destas e ficou sem saber o que me havia de dizer, apesar de, como já disse, sempre ter mantido com energia um nível de ensino e exigência que estimulava a turma. No entanto, lá levou os papéis e prometeu olhar para eles. Passado tempo que julguei conveniente, tornei a

procura-lo e finalmente obtive de volta os papéis, mas não uma resposta que correspondesse ao que necessitava: — Que sim, que tinha feito um trabalho interessante, etc., mas nenhum comentário que funcionasse no sentido da coerência e rigor da solução. Não discutiu, efectivamente, comigo o problema. Entretanto, as férias de Verão que se seguiram encarregaram-se de fazer esquecer este problema e os desafios dos anos seguintes deram novos rumos à imaginação. Porém, aquele problema lá ficou, guardado numa capa amarela dos cadernos que se usavam nas aulas do liceu e, sobretudo guardado num recanto da minha mente como uma situação insatisfatoriamente resolvida.

Passados anos de uma vida profissional em torno da Física, e da Ciência em geral, sinto ainda hoje uma atracção pelas coisas simples que decorrem da Geometria. O "hobby" da Astronomia e um certo fascínio pelo ensino elementar das ciências tem-me mantido atento a todas as pequenas actividades que, de um modo ou de outro, podem ser utilmente usadas pelos professores no sentido do contacto experimental com a Natureza. A Astronomia funciona actualmente como um grande atractivo. Com um grande potencial de interacção com todas as outras disciplinas, contém um ingrediente básico para estimular a atitude experimental pois torna inevitável uma atitude de observação da Natureza. E cada vez mais se sente, nos nossos clubes de amadores, um grande interesse em observar, de alguma forma, acontecimentos celestes. Os eclipses, em particular do Sol, mobilizam um interesse generalizado de alunos e professores e podem, nalguns casos, motivar projectos escolares, incluídos nas actividades curriculares. Por isso aparecem com alguma regularidade sugestões de observação do Sol que pretendem evitar o problema da tentação, dos jovens, da observação directa (nunca é demais recomendar que não se deve olhar directamente para o Sol sob o risco de queimar irremediavelmente a retina). Recentemente a revista *Sky & Telescope* (Jul. 1991), divulgou um processo de projecção da imagem do Sol numa sala de aula, engenhosamente baseado num sistema óptico em que a distância focal é variável, adaptando-se assim às mais diversas situações. Examinado em detalhe, o processo consiste em utilizar duas lentes: uma com distância focal  $f$  e a outra  $-f$  e variar a distância  $d$  entre elas, para variar a distância focal  $F$  do conjunto. Solução engenhosa, não só porque as distâncias focais  $f$  e  $-f$  permitem o cancelamento de vários termos, como também, fazendo  $d = 0$ , se obtém uma solução em que não há convergência nem divergência.

Naturalmente esta notícia reacendeu, como todo o seu vigor, a chama adormecida daquelas páginas guardadas na capa amarela. O próprio exame quer da referida revista, quer do artigo original<sup>2</sup>, mostra a existência

<sup>2</sup> *Applied Optics*, Vol. 28, nr 20 (1989), pp. 4293-7, "Solar eclipse observations: some simple devices".

duma expressão, de novo, harmoniosamente simples entre as variáveis envolvidas; aquela expressão que tinha, sem sucesso, tão intensamente procurado:

$$F = \frac{f_1 f_2}{f_1 + f_2 - d}$$

Como era possível que me tivesse escapado esta solução? Como era possível deduzir uma expressão tão equilibrada e simétrica? Obviamente não tive outra alternativa senão pegar no problema novamente e deduzir a expressão que estes artigos apresentavam, só para constatar que toda esta beleza e simplicidade decorre, muito simplesmente, de uma circunstância igualmente muito simples, isto é, do que se entende por distância focal do conjunto ou da maneira como se lhe atribui significado no caso composto, em que temos um conjunto de duas lentes.

No tratamento inicial a pesquisa da solução tinha consistido na construção geométrica da imagem de um objecto colocado a uma dada distância do sistema de lentes, e na suposição de que a mesma relação entre objecto e imagem (tamanhos e distância) podia ser obtida a partir de uma única lente (equivalente) com distância focal  $F$  colocada numa posição conveniente. De forma implícita e subconsciente tinha também assumido que esse valor  $F$  e a posição seriam os mesmos qualquer que fosse a localização escolhida para o objecto. Esta era, na sua essência, a definição da distância focal do conjunto, e a construção geométrica serviria apenas para materializar a relação com os parâmetros de base.

A atitude tomada no artigo da revista *Applied Optics* foi completamente distinta, e consistiu em usar a definição básica de foco do conjunto como o ponto onde convergem os raios luminosos paralelos incidentes, isto é, provenientes de um objecto colocado no infinito, estendendo assim para o sistema composto a definição habitual de distância focal para a lente simples.

Pode imaginar-se a pressa e a ansiedade com que procurei os papéis já amarelecidos guardados numa capa amarela dos cadernos do Liceu, e naquele complexo sistema de equações introduzi a condição que coloca o objecto no infinito. E a satisfação e o deleite de verificar a emergência desta nova solução simples e harmoniosa daquela complexidade quase intratável, onde tinha permanecido adormecida durante anos.

Dir-se-á que esta solução corresponde a uma particularização do problema. E é verdade! Mas sabemos também, na nossa compreensão da Natureza, que se trata de uma solução com grande generalidade em que todos os parâmetros  $f_1$ ,  $f_2$  e  $d$  permanecem livres, e apenas o objecto é colocado no infinito para significar um feixe luminoso incidente de raios paralelos. Nada garante, nos outros casos, em que o objecto não está no infinito, que a posição do foco da lente "equivalente" seja independente da posição do objecto. Neste caso nunca se

obterá uma expressão simples em que as distâncias do objecto e da imagem sejam eliminadas.

O problema inicial, de tratamento complexo, foi de repente substituído por outro problema praticamente equivalente, mas de tratamento mais fácil, por simples mudança de ponto de vista. A Natureza, na sua complexidade, ficou representada por um modelo simplificado, por um caso particular, sem aparente perda de generalidade.

É esta capacidade de mudança de ponto de vista que faz a diferença na ciência, constituindo a essência do acto criativo, e que faz também a diferença entre um bom aluno e um aluno brilhante. Era este ponto de vista crítico, de procura de solução, que, provavelmente, esperava do professor, e que certamente teria contribuído para que eu aluno, tivesse, a partir daí, uma nova atitude em relação ao estudo da Natureza.

É este ponto de vista que, a meu ver, faz diferença entre um professor e um simples transmissor de factos.

Julgo que não se esperaria (nem se esperará actualmente) que o professor tivesse necessariamente o conhecimento técnico para indicar a solução, mas é um facto que, no meu íntimo, sempre me ficou a insatisfação da falta de discussão do trabalho que tinha feito. E, quem sabe, talvez a análise crítica conjunta tivesse feito surgir, logo nessa altura, para surpresa e satisfação de ambos aquela famigerada solução. Teria então podido, compreender, mais cedo, que a ciência é um empreendimento de natureza cooperativa que envolve a discussão aprofundada de tudo o que se faz, e que a procura do conhecimento é mais uma das aventuras fascinantes que pode ocupar a imaginação dos jovens. Faltar-me-ia ainda compreender que é o rigor da obediência aos critérios do método científico o ingrediente fundamental que torna a Ciência um poderoso instrumento de progresso e de cultura.

Quero acreditar que este espírito de trabalho em conjunto esteve presente em Rómulo de Carvalho, quer como professor, quer como metodólogo, mas sei, ainda do tempo do Liceu, através dos comentários aqui e ali, ouvidos dos professores que se tinham de deslocar a Lisboa para fazer o exame de Estado, do grau de rigor que exigia aos seus estagiários e que assim lhes incutia este ingrediente fundamental da natureza da actividade científica.

Certamente incutiu-o nos seus alunos como pude constatar nalguns, com quem tive a oportunidade e o privilégio de trabalhar no domínio da ciência.

Andreas, 30 de Novembro de 1996

Cândido Marciano da Silva é Professor de Informática na Universidade Nova de Lisboa, onde ingressou em 1975, transferindo para esse domínio a sua experiência como investigador em Física Nuclear Experimental, em que se havia doutorado em 1967, na Universidade de Manchester.

## MUSEU DE FÍSICA DA UNIVERSIDADE DE COIMBRA

### Exposição "O Engenho e a Arte"

No dia 29 de Janeiro do corrente ano foi inaugurada, no edifício pombalino do Colégio de Jesus, em Coimbra, a exposição "O Engenho e a Arte". Dignouse presidir à cerimónia o Senhor Presidente da República. Instrumentos históricos, grande parte dos quais foi exibida na Europália, em Charleroi, por ocasião da bem sucedida exposição "Mecanismos do Génio", podem ser apreciados nesta exposição que assinala a abertura regular, ao público, do Museu do Departamento de Física da Universidade de Coimbra.

O Museu que agora abriu teve a sua origem no Gabinete de Física Experimental, criado em 1772 pela Reforma Pombalina. Esta fazia a exaltação da experiência como via privilegiada para a pesquisa da verdade, e instituiu a cadeira de Física Experimental no 3.º ano do Curso Filosófico ministrado na Faculdade de Filosofia, que substituiu a então extinta Faculdade das Artes.

Da regência da cadeira de Física Experimental foi incumbido o professor italiano Giovanni António dalla Bella, que transitou do Colégio dos Nobres, em Lisboa, para a Universidade de Coimbra, trazendo consigo a magnífica colecção de instrumentos que reunira no Gabinete de Física desse Colégio. A transferência do valioso material didáctico foi efectuada em finais de Novembro de 1772, por ordem expressa do Marquês de Pombal.

O acervo museológico do Gabinete constituía, segundo documento da época, a mais completa colecção de instrumentos para o estudo da Física Experimental que existia na Europa. Ainda hoje esta colecção é uma das mais notáveis e raras no mundo, sendo as peças do séc. XVIII verdadeiras obras de arte, valorizadas pela riqueza dos materiais e pela perfeição da execução.

A colecção primitiva foi gradualmente enriquecida por novas aquisições. Contudo, devido à usura do tempo e outras vicissitudes perderam-se várias peças e muitas outras foram alienadas. Foi em 1937 que a clarividência e os porfiados esforços do Professor Mário Silva inverteram tão insensato processo de delapidação do nosso património artístico e científico. Mário Silva logrou a recuperação

e restauro de grande parte das peças, bem como a reconstituição do primitivo Gabinete de Física Experimental, cuja localização caíra também no esquecimento. Aí, no local expressamente escolhido, para o efeito, pelo Marquês, que determinou fosse adaptado às exigências dos Estatutos, se encontra instalado o Museu de Física.

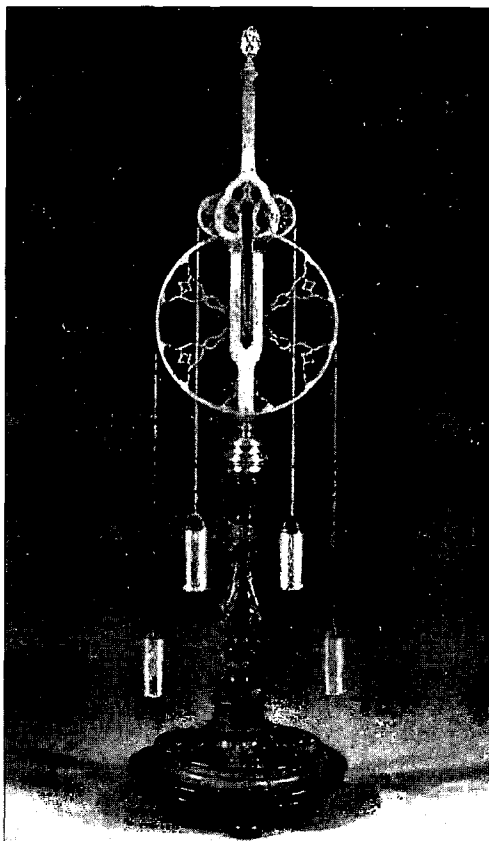
As suas peças representam marcos do árduo caminho que teve de ser percorrido para que pudéssemos gozar o legado científico de que hoje nos orgulhamos.

Como confirmar pela experiência que a matéria é constituída por átomos indivisíveis? O martelo de água mostra que este líquido é formado por partículas tão minúsculas que nem conseguimos enxergá-las, e, no entanto, dotadas de rigidez tal que embatem no vidro como se fossem de ferro. Como decidir se *a força que anima os corpos em movimento* é medida pelo produto da massa pela velocidade, como pretendia Descartes, ou pelo produto da massa pelo quadrado da velocidade, como defendia Leibnitz? Aí temos a balança de Mersenne, inventada precisamente com esse objectivo. Como verificar que a aceleração da queda dos graves é invariável, e como determinar o seu valor? A resposta a estas questões é dada pela mesa de Poleni, que apresenta um engenhoso dispositivo destinado a medir fracções de segundo, accionado

pelo início e pelo término da queda do grave.

O Prof. Rómulo de Carvalho, homenageado no presente número da Gazeta, tem o seu nome indelevelmente ligado ao Museu de Física, constituindo algumas das suas obras referências fundamentais para a história do Gabinete Pombalino de Física e da sua época.

A exposição "O Engenho e a Arte" está patente ao público na Fundação Calouste Gulbenkian de 29 de Abril a 31 de Agosto próximo.



**Informações:** Departamento de Física  
 Faculdade de Ciências e Tecnologia  
 Universidade de Coimbra  
 P-3000 Coimbra • Portugal  
 Tel. (039) 410600 • Fax (039) 29158  
 Internet: <http://www.fis.uc.pt/>

# OLIMPIADAS INTERNACIONAIS DE FÍSICA

## Problema Experimental (XXVII IPhO, Oslo 1996)

Publica-se o enunciado e resolução do problema experimental saído na XXVII Olimpíada Internacional de Física realizada em Oslo, em Julho passado. No enunciado indica-se a cotação atribuída a cada item.

**SUMÁRIO:** Este conjunto de problemas cobre vários tópicos de física. Em primeiro lugar, serão exploradas algumas propriedades mecânicas do pêndulo físico, e deverá ser capaz de determinar a aceleração da gravidade. A seguir, adicionam-se forças magnéticas ao pêndulo. Nesta parte do trabalho é medido o campo magnético produzido por um ímã permanente usando um sensor. Será também determinado o momento magnético de um pequeno ímã permanente. Além disso, será apresentada uma questão de óptica relacionada com o equipamento experimental.

### I. ENUNCIADO DA PROVA EXPERIMENTAL

#### INSTRUMENTAÇÃO

Tens disponível o seguinte equipamento (ver Fig. 1): A — Montagem em alumínio; B — Barra de latão roscada contendo, na extremidade pintada de branco, um minúsculo ímã e, na outra extremidade, um pequeno pedaço de ferro incrustado (mas que não será usado nesta prova); C — 2 porcas com uma superfície reflectora na parte lateral; D — Medidor do período de oscilação ("timer") com mostrador digital; E — Sensor de campo magnético (por efeito Hall), solidário com a prateleira; F — Pilha de 9 V; G — Multímetro Fluke, modelo 75; H — 2 fios de ligação; I — Fios de ligação à pilha; J — Base cilíndrica em PVC (material plástico cinzento); K — Barra roscada ligada a uma peça em PVC com um ímã na extremidade; L — Pequeno cilindro em PVC com 25,0 mm de altura (para ser usado como calço ou espaçador); M — Régua.

Procura garantir a estabilidade da montagem, alterando a sua posição sobre a mesa ou usando um pedaço de papel por baixo de modo a compensar possíveis irregularidades da superfície.

O pêndulo deve ser montado como mostra a Fig. 1. A barra longa e roscada que serve de pêndulo físico é suspensa do suporte por uma das porcas. Cada porca tem uma ranhura que deve apoiar nas lâminas verticais, funcionando como um eixo de rotação horizontal. A super-

fície reflectora da porca é usada na medição do período de oscilação e deve estar sempre voltada para o timer.

O timer determina, em segundos, o período de oscilação do pêndulo, com uma incerteza de  $\pm 1$  ms. O timer possui uma pequena fonte de luz infravermelha do lado direito do seu mostrador (quando visto de frente), e um detector de infravermelhos posicionado junto ao emissor. A luz infravermelha do emissor é reflectida pela superfície espelhada da porca. No mostrador, o ponto decimal acende quando a luz reflectida atinge o detector. Para funcionar correctamente a posição do timer deve ser ajustada verticalmente pelo parafuso de ajuste (ver N na Fig. 1). O ponto decimal poderá acender uma vez ou duas vezes por cada período de oscilação consoante o ajustamento efectuado. O medidor indica correctamente o período de oscilação,  $T$ , quando o ponto decimal acende duas vezes. No caso de acender apenas uma vez, o número indicado é  $2T$ . Um outro ponto vermelho que pode aparecer a seguir ao último dígito acende quando a pilha está descarregada. Se precisares de substituir a pilha pede ajuda.

O uso do multímetro é descrito a seguir:

Usa as entradas "V $\Omega$ " e "COM". Roda o comutador para tensão DC. O mostrador indica então a tensão DC em volts. A incerteza do instrumento quando utilizado nestas condições é de  $\pm (0,4\% + 1 \text{ digit})$ .

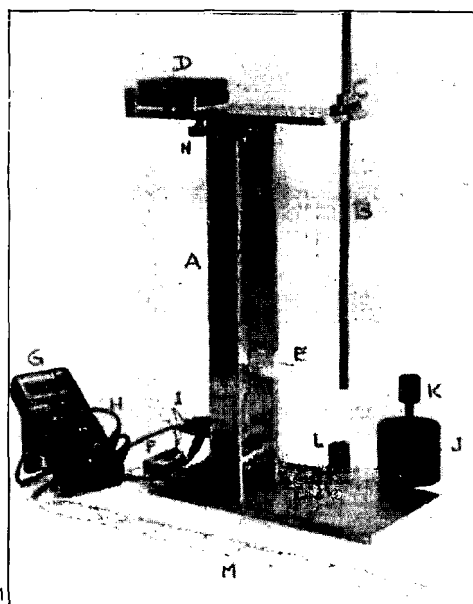


Fig. 1

NORMA DE SEGURANÇA: Toma cuidado com as duas lâminas colocadas verticalmente na parte superior do suporte. As lâminas estão muito bem afiadas!

A Secção "Olimpíadas de Física" é coordenada por Manuel Fiolhais e Adriano Lima, Departamento de Física, Universidade de Coimbra, 3000 Coimbra; tel. 039-410615, fax 039-29158, e-mail tmanuel@hydra.ci.uc.pt. Agradece-se a colaboração de Gustavo Botte na preparação da Secção para este número da Gazeta.

## O PÊNULO FÍSICO

Um *pêndulo físico* é um objecto extenso, de forma arbitrária, que pode rodar em torno de um eixo fixo. Para um pêndulo físico de massa  $M$ , oscilando em torno de um eixo horizontal a uma distância,  $l$ , do seu centro de massa, o período,  $T$ , é, para pequenas oscilações, dado por:

$$T = \frac{2\pi}{\sqrt{g}} \sqrt{\frac{I}{Ml} + l} \quad (1)$$

Aqui,  $g$  é a aceleração da gravidade, e  $I$  é o momento de inércia do pêndulo relativamente a um eixo paralelo ao eixo de rotação e que passa pelo centro de massa.

A Fig. 2 mostra, em esquema, o pêndulo físico que irás utilizar. O pêndulo é constituído por uma barra metálica cilíndrica, de facto um parafuso comprido, com comprimento total  $L$ , raio médio,  $R$ , e, pelo menos, uma porca. Os valores das várias dimensões e das massas estão sumariadas na Tabela 1. Rodando a porca podes colocá-la em qualquer posição ao longo da barra. A Fig. 2 define duas distâncias,  $x$  e  $l$ , que descrevem a posição do eixo de rotação, relativamente ao topo da barra e ao centro de massa do pêndulo, respectivamente.

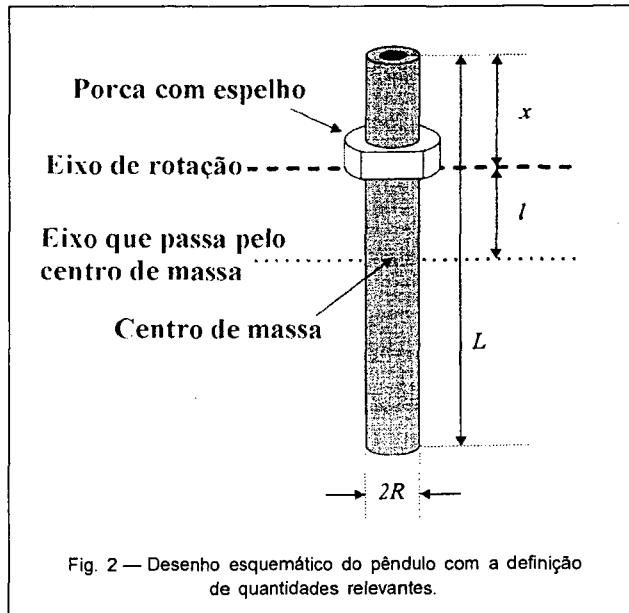


Fig. 2 — Desenho esquemático do pêndulo com a definição de quantidades relevantes.

Tabela 1 — Dimensões e massas relativas ao pêndulo

Barra	Comprimento	$L$	$(400,0 \pm 0,4)$ mm
	Raio médio	$R$	$(4,4 \pm 0,1)$ mm
	Massa	$M_{\text{ROD}}$	$(210,2 \pm 0,2) \cdot 10^{-3}$ kg
	Distância entre espiras na rosca (passo da rosca)		$(1,5000 \pm 0,0008)$ mm
	Porca	Altura	$h$
	Profundidade da ranhura	$d$	$(0,55 \pm 0,05)$ mm
	Massa	$M_{\text{NUT}}$	$(4,89 \pm 0,03) \cdot 10^{-3}$ kg

Lembra-te que não será atribuída qualquer cotação a estimativas de erros excepto na pergunta 2c. Espera-se, porém, que todas as respostas sejam apresentadas com o número correcto de algarismos significativos.

## QUESTÕES EXPERIMENTAIS POSTAS

### 1. Período de oscilação em função da posição do eixo de rotação (4 pontos)

a) Mede o período de oscilação,  $T$ , em função da posição  $x$ , e apresenta os resultados numa tabela.

b) Representa  $T$  em função de  $x$  num gráfico. Considera que 1 mm no gráfico corresponde a 1 mm em  $x$  e a 1 ms em  $T$ . Para quantas posições ocorre um período de oscilação igual a  $T = 950$  ms,  $T = 1000$  ms e a  $T = 1100$  ms, respectivamente?

c) Determina os valores de  $x$  e de  $l$  correspondentes ao valor mínimo de  $T$ .

### 2. Determinação de $g$ (5 pontos)

Um dado pêndulo físico com momento de inércia,  $I$ , fixo, pode, nalguns casos, ter o mesmo período de rotação,  $T$ , para duas posições diferentes do eixo de rotação. Designemos por  $l_1$  e  $l_2$  as distâncias do centro de massa a essas posições do eixo de rotação. A seguinte equação é então válida:

$$l_1 l_2 = \frac{I}{M} \quad (2)$$

a) A Fig. 3 representa um pêndulo físico com um eixo de rotação à distância do seu centro de massa. Usa a informação dada na legenda da figura e indica *todas* as posições onde pode ser colocado o eixo de rotação sem modificar o período de oscilação.



Fig. 3 — Representa na figura todas as posições em que pode ser colocado um eixo de rotação (perpendicular ao plano do papel) sem que seja alterado o período de oscilação do pêndulo. Considera que neste caso (representado em escala 1:1) se tem  $I/M = 2100$  mm<sup>2</sup>.

b) Determina, com a melhor precisão possível, o valor da aceleração da gravidade  $g$ , em Oslo.

*Nota: Há mais do que um processo de resolver esta questão. Poderá ser necessário proceder a novas medições. Indica claramente através de equações, desenhos, cálculos, etc. o método que usaste.*

c) Apresenta uma estimativa da incerteza na tua medida e indica o valor de  $g$  com as margens de erro.

### 3. Geometria do sistema óptico (3 pontos)

a) Usando a observação directa e alguma argumentação, caracteriza qualitativamente e quantitativamente a forma da superfície reflectora da porca (superfície espolhada). (Podes usar a luz de uma lâmpada que esteja próxima.)

Opções (várias podem ser aplicadas):

1. Espelho plano
2. Espelho esférico
3. Espelho cilíndrico
4. Espelho côncavo
5. Espelho convexo

No casos 2 a 5 determina o raio de curvatura.

b) Considera a fonte de luz como pontual e que o detector é uma simples célula fotoelétrica. Através de uma figura mostra como, na montagem experimental, a luz vinda do emissor é reflectida na superfície espolhada da porca (apresenta a vista de topo e a de lado). A Fig. 4 mostra um plano vertical que contém o mostrador do timer (visto de frente). Indica nesta figura toda a região em que a luz reflectida incide neste plano quando o pêndulo está vertical.

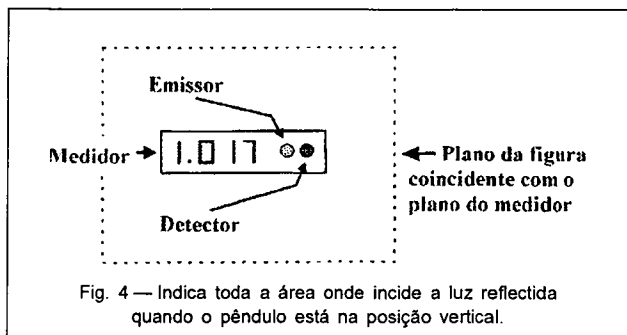


Fig. 4 — Indica toda a área onde incide a luz reflectida quando o pêndulo está na posição vertical.

### 4. Medição do campo magnético (4 pontos)

Vais agora utilizar um sensor (sensor de efeito Hall) para medir o campo magnético. O voltímetro indica uma tensão que depende linearmente do campo magnético vertical no sensor. O coeficiente campo-tensão é

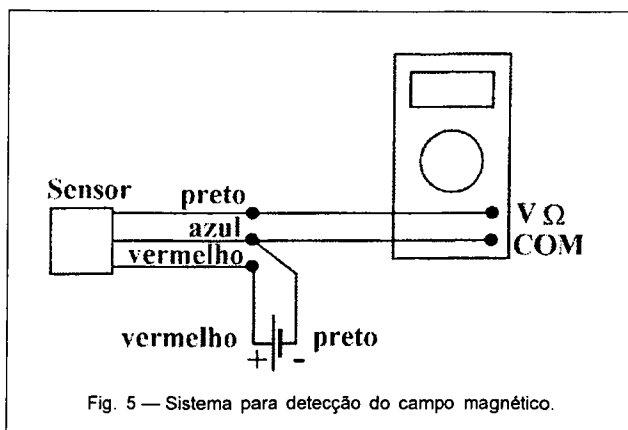


Fig. 5 — Sistema para detecção do campo magnético.

$\Delta V / \Delta B = 22,6 \text{ V/T}$  (Volt/Tesla). O sensor dá uma tensão não nula (tensão de offset) quando o campo magnético é nulo. Despreza o campo magnético terrestre.

a) Executa as ligações indicadas na figura acima. Determina a tensão de offset,  $V_0$ .

Um magnete permanente em forma de disco está montado numa base. O magnete permanente pode ser deslocado verticalmente rodando o parafuso onde está instalado. Este parafuso tem uma rosca idêntica à da barra que constitui o pêndulo. As dimensões do magnete permanente são: espessura  $t = 2,7 \text{ mm}$ , raio  $r = 12,5 \text{ mm}$ .

b) Usa o sensor de efeito Hall para medir, ao longo do eixo, o campo magnético vertical,  $B$ , criado pelo magnete permanente (ver Fig. 6). Efectua medições na região compreendida entre  $y = 26 \text{ mm}$  (usa como calço o cilindro pequeno) até  $y = 3,5 \text{ mm}$ , correspondendo  $y = 1 \text{ mm}$  à situação em que o sensor e o magnete permanente estão em contacto directo. Apresenta num gráfico os teus resultados para  $B$  em função de  $y$ .

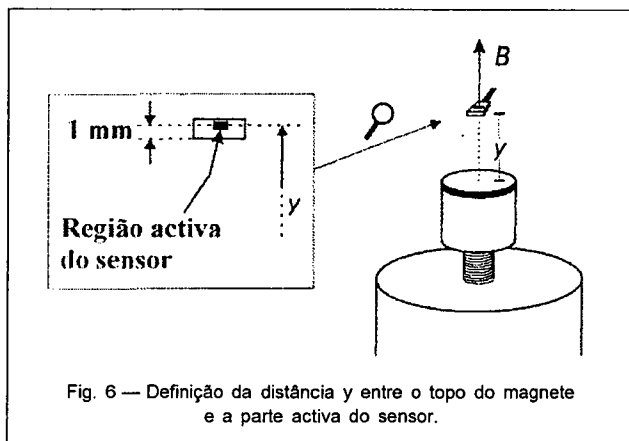


Fig. 6 — Definição da distância  $y$  entre o topo do magnete e a parte activa do sensor.

c) Pode demonstrar-se que o campo ao longo do eixo dum magnete cilíndrico é dado pela fórmula

$$B(y) = B_0 \left[ \frac{y+t}{\sqrt{(y+t)^2 + r^2}} - \frac{y}{\sqrt{y^2 + r^2}} \right] \quad (3)$$

onde  $t$  é a espessura do magnete cilíndrico e  $r$  o seu raio. O parâmetro  $B_0$  caracteriza a intensidade do campo produzido pelo magnete. Determina o valor de  $B_0$  para o teu magnete<sup>1</sup>. Baseia a tua determinação em dois valores de  $B$  obtidos para diferentes valores de  $y$ .

### 5. Determinação do momento dipolar magnético (4 pontos)

Um pequeno magnete está colocado na extremidade branca da barra do pêndulo. Monta de novo o pêndulo com a sua extremidade magnética para baixo e  $x = 100 \text{ mm}$ . Coloca o dispositivo onde está o magnete

<sup>1</sup>  $2B_0$  é uma propriedade do magnete designada por magnética remanescente,  $B_r$ .

permanente sob o pêndulo, de forma a que o magnete permanente e o pêndulo tenham em comum o eixo vertical. O alinhamento deve ser feito com o magnete permanente na sua posição mais baixa. (Evita sempre o contacto directo entre o magnete permanente e a extremidade magnética do pêndulo.)

a) Seja  $z$  o espaçamento entre o magnete permanente e extremidade inferior do pêndulo. Mede o período de oscilação,  $T$ , em função da distância,  $z$ . A série de medidas deve cobrir o intervalo de  $z = 25$  mm até  $z = 5.5$  mm usando oscilações de amplitude tão pequena quanto possível. Toma atenção à possibilidade de o timer indicar o tempo  $2T$  (lembra-te da nota relativa ao timer na parte *Instrumentação* anteriormente descrita). Representa graficamente  $T$  em função de  $z$ .

b) Com a interacção magnética adicional o pêndulo tem um período de oscilação,  $T$ , que varia com  $z$  de acordo com a relação:

$$\frac{1}{T^2} \propto 1 + \frac{\mu B_0}{Mgl} f(z) \quad (4)$$

Nesta expressão  $\propto$  significa "proporcional a", e  $\mu$  é o momento dipolar magnético do pequeno magnete colocado no pêndulo e  $B_0$  é o parâmetro determinado na secção 4c. A função  $f(z)$  inclui a variação do campo magnético com a distância. Na Fig. 7 encontra-se, em representação gráfica, a função  $f(z)$  de que necessitas.

Escolhe um ponto apropriado no gráfico e determina o momento magnético desconhecido  $\mu$ .

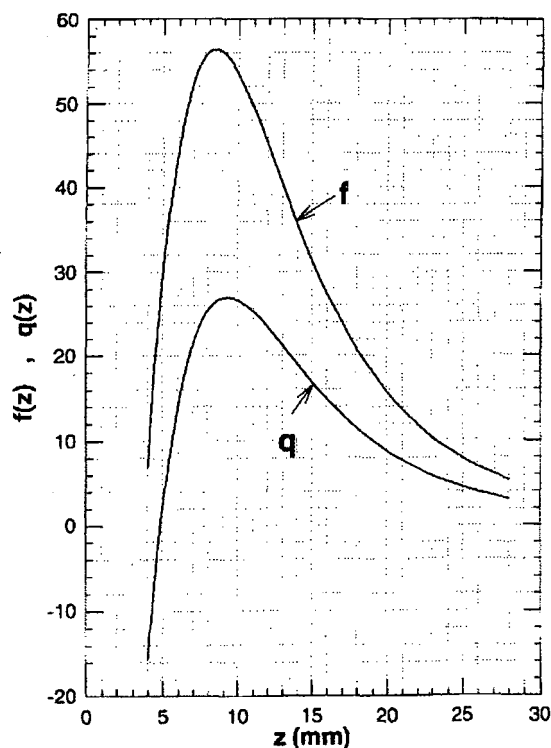


Fig. 7 — Gráfico da função adimensional  $f(z)$  usada na secção 5b.

## II. RESOLUÇÃO DA PROVA EXPERIMENTAL

*Este modelo de resposta indica tudo o que é exigido para atingir a cotação máxima de 20 pontos nesta prova. Apenas o texto é aqui apresentado com mais detalhe do que o necessário. Esta prova experimental recompensa os estudantes com criatividade, intuição e um correcto entendimento da física nela envolvida. Parágrafos com este, escritos em itálico, apresentam comentários adicionais.*

Soluções alternativas, menos elegantes ou exigindo tempo de execução mais longo, são apresentadas neste tipo de quadros.

Respostas incorrectas ou menos precisas são indicadas em fundo cinzento.

### Questão 1

1a) As medidas do número de voltas e correspondente posição  $x$ , atendendo a que a rosca é de 1.50mm/volta, são apresentadas na tabela seguinte:

n.º de voltas	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
$x$ [mm]	10.0	25.0	40.0	55.0	70.0	85.0	100.0	115.0	130.0	145.0	160.0
$T$ [ms]	1023	1005	989	976	967	964	969	987	1024	1094	1227

n.º de voltas	110	120	46	48	52	54					
$x$ [mm]	1175.0	190.0	79.0	82.0	88.0	91.0					
$T$ [ms]	1490	2303	964	964	964	965					

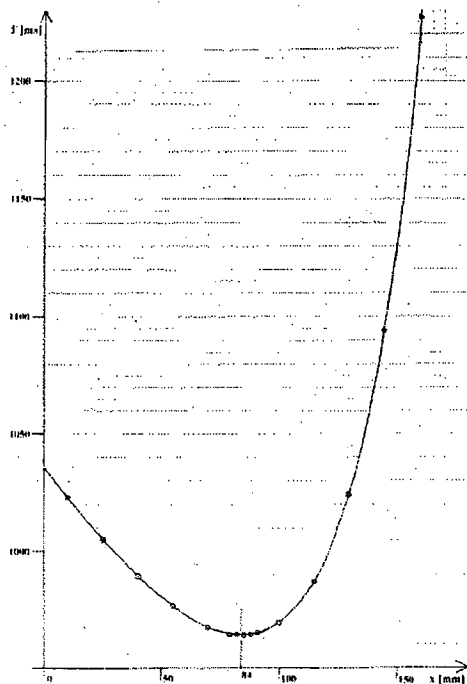
1b) Pelo gráfico se verifica que:

— não existe nenhuma posição  $x$  para que o período de oscilação seja  $T = 950$  ms

— há duas posições para que o período de oscilação seja  $T = 1000$  ms;

— há apenas uma posição para que o período de oscilação seja  $T = 1100$  ms.

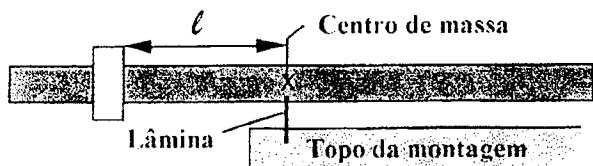




Os correspondentes valores de  $x$  não são pedidos, embora seja também aceite a apresentação dos valores correctos.

1c) O valor mínimo, obtido pelo gráfico, é  $x = 84$  mm (incerteza estimada  $\approx 1$  mm).

O valor de  $l$  pode ser obtido determinando, como se mostra na figura, a posição do ponto de apoio para que a barra esteja em equilíbrio horizontal, o que dá  $l = 112,3$  mm + 0,55 mm = 113 mm.



SOLUÇÃO ALTERNATIVA 1c.1):

$$x_{CM} = \frac{M_{ROD}L - M_{NUT}h}{2M} + \frac{M_{NUT}}{M}x = 197,3\text{mm},$$

em que  $M = M_{ROD} + M_{NUT}$  e  $h = 8,40$  mm, altura da porca menos duas estrias.

Para  $x = 84$  mm, vem  $l = 197,3$  mm - 84 mm = 113 mm.

RESPOSTA INCORRECTA: Considerando que o centro de massa do pêndulo coincide com o ponto médio,  $L/2$ , da barra dá  $l = L/2 - x = 116$  mm, o que está INCORRECTO.

Nota: A posição exacta do mínimo no gráfico é  $x = 84,4$  mm, o que conduz a  $l = 112,8$  mm

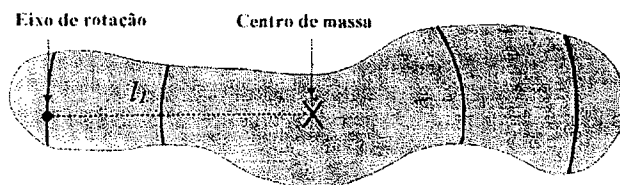
## Questão 2

2a) Da expressão (2) apresentada no enunciado conclui-se que, além dos pontos situados à distância  $l_1$  do centro de massa, também nos pontos situados à distância  $l_2$ , dada por

$$l_2 = \frac{l}{Ml_1} = \frac{2100\text{mm}^2}{60\text{mm}} = 35\text{mm},$$

pode ser colocado o eixo de rotação sem modificar o período de oscilação do pêndulo.

Na figura encontram-se representados todos esses pontos.



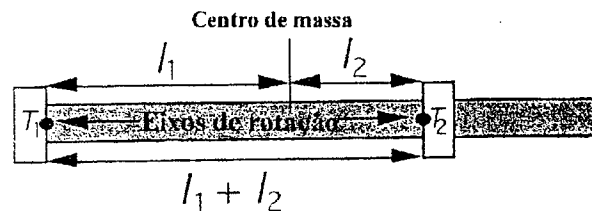
2b) O processo mais simples e que apresenta também menor incerteza é o do pêndulo reversível.

A partir das equações (1) e (2) vem:

$$T_1 = T_2 = \frac{2\pi}{\sqrt{g}}\sqrt{l_1 + l_2} \quad \text{pelo que se tem} \quad g = \frac{4\pi^2}{T_1^2}(l_1 + l_2),$$

independente de  $l / M$ .

Na experiência deverão ser usadas as duas porcas, sendo uma delas colocada numa extremidade da barra de modo a maximizar a distância  $l_1 + l_2$ . As posições das porcas serão alternadamente ajustadas até que os períodos de oscilação sejam iguais; será então  $T_1 = T_2 = 1024$  ms.



Adicionando, à distância entre as faces das porcas, a profundidade das ranhuras, vem:

$$l_1 + l_2 = (259,6 + 2 \times 0,55) \text{ mm} = 0,2607 \text{ m},$$

pelo que:

$$g = \frac{4\pi^2}{T_1^2}(l_1 + l_2) = \frac{4 \times 3,1416^2 \times 0,2607 \text{ m}}{(1,024 \text{ s})^2} = 9,815 \text{ ms}^{-2}$$

**SOLUÇÃO ALTERNATIVA 2b.1)**

É possível deduzir uma expressão para  $l$  em função de  $x$ . O processo é correcto mas de execução demorada.

Após algumas aproximações obtém-se, com uma precisão de 0,03%, a expressão:

$$\frac{l(x)}{M} = \left[ \frac{L^2}{12} + \frac{M_{NUT}}{M} \left( \frac{L+h}{2} - x \right)^2 \right] \frac{M_{ROD}}{M}$$

Usando a expressão correcta de  $l$  em função de  $x$ , vem:

$$l(x) = x_{CM} - x = \frac{M_{ROD}L - M_{NUT}h}{2M} - \frac{M_{ROD}}{M}x = 195.3mm - 0.9773x$$

A equação (1) pode então ser usada para o cálculo de  $g$ , escolhendo qualquer ponto  $(x, T)$  do gráfico apresentado em 1b). Escolhendo o ponto  $(85 \text{ mm}, 964 \text{ ms})$  vem finalmente:

$$g = \frac{4\pi^2}{T^2} \left[ \frac{l(x)}{M \times l(x)} + l(x) \right] = \frac{4 \times 3,1416 \times 0,2311 \text{ m}}{(0,964 \text{ s})^2} = 9,818 \text{ ms}^{-2}$$

**RESPOSTA INCORRECTA:** O cálculo de  $l/M$  a partir da equação (2) utilizando o mínimo do gráfico apresentado em 1b), não é correcto dado que a equação (2) é válida apenas para um pêndulo com momento de inércia fixo.

**RESPOSTA INCORRECTA:** Não será atribuída a cotação total se, na solução apresentada, for desprezada a massa da porca (usando a expressão  $I = ML^2/12$ , para o momento de inércia de uma barra rodando em torno de um eixo normal à barra e passando pelo seu centro de massa).

2c) Fazendo  $S = l_1 + l_2$  vem  $g = \frac{4\pi^2 S}{T^2}$ .

Tomando para incerteza em  $S$ ,  $\Delta S = 0.3 \text{ mm}$  e em  $T$ ,  $\Delta T = 1 \text{ ms}$  e usando o logaritmo da expressão de  $g$ , vem:

$$\frac{\Delta g}{g} = \sqrt{\left(\frac{\Delta S}{S}\right)^2 + \left(-2\frac{\Delta T}{T}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{0.3 \text{ mm}}{260.7 \text{ mm}}\right)^2 + \left(2 \times \frac{1 \text{ ms}}{1024 \text{ ms}}\right)^2}$$

$$= \sqrt{(0,0012)^2 + (0,0020)^2} = 0,0023 = 0,23\%$$

Pelo que

$$\Delta g = 0,0023 \times 9,815 \text{ ms}^{-2} = 0,022 \text{ ms}^{-2}$$

A aceleração da gravidade é, portanto:

$$g = (9,82 \pm 0,02) \text{ ms}^{-2}$$

A SOLUÇÃO ALTERNATIVA obtida em 2b.1) conduz a uma expressão complicada para a dependência de  $g$  com  $x$ . Em vez de se proceder à derivação de  $g(x)$  é mais fácil inserir os valores  $x + Dx$  e  $x - Dx$  na expressão entre parêntesis [] de modo a encontrar uma estimativa para  $\Delta$  prosseguindo então como na solução anterior.

Nota: O valor da aceleração da gravidade em Oslo, medido no local do exame prático, é  $9,81901779 \text{ m/s}^2$ , com incerteza nos dois últimos algarismos.

**Questão 3**

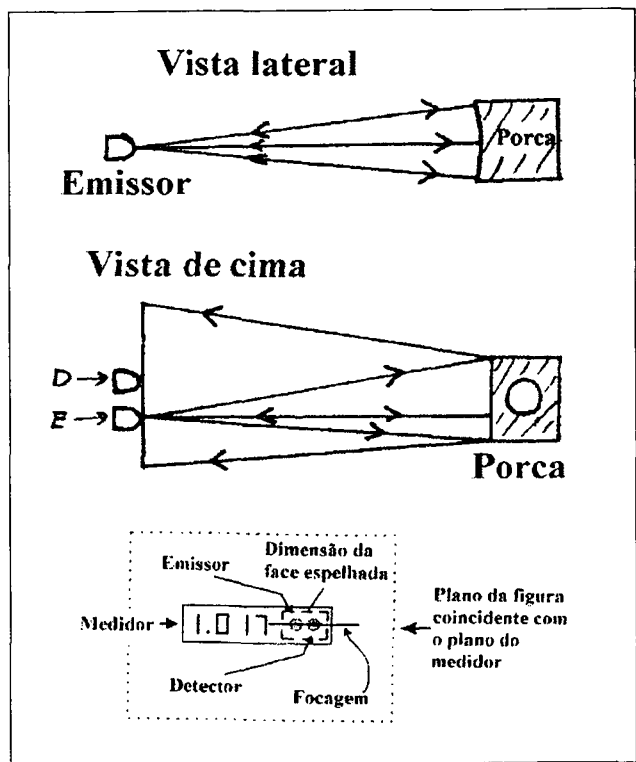
3a) Usando uma lâmpada observa-se que o feixe reflectido é convergente. Uma observação cuidada mostra também que a superfície é cilíndrica. A superfície espelhada é portanto cilíndrica e côncava.

Para determinar o raio de curvatura do cilindro deve atender-se a que emissor e receptor estão colocados a igual distância da superfície espelhada pelo que o eixo do cilindro estará também a essa distância. Assim tem-se:

Raio de curvatura do cilindro,  $r = (145 \pm 5) \text{ mm}$

3b) A resposta a esta questão assenta, para além do referido em 3a), no facto de que a imagem de um pequeno objecto linear, colocado no eixo de um espelho cilíndrico, está no eixo, é linear e tem amplificação igual a dois.

Nas figuras é apresentado, em representação esquemática, tudo o que é exigido.



**Questão 4**

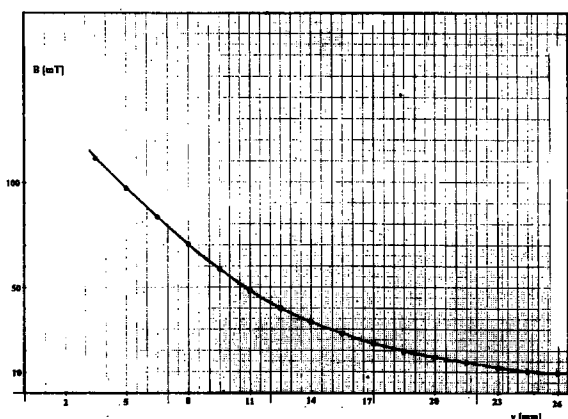
4a) É simplesmente a tensão, lida no voltímetro, para a montagem apresentada no enunciado:

$V_0 = 2,464V$  (este valor pode variar com o equipamento utilizado).

4b) Sendo a rosca de 1,50 mm / volta pode medir-se o valor da tensão  $V(y)$ , na região pretendida, calculando  $B(y)$  a partir da expressão:

$$B(y) = [V(y) - V_0] \frac{\Delta B}{\Delta V} = [V(y) - V_0] \frac{\Delta V}{\Delta B}$$

Em representação gráfica (não é exigida apresentação de tabela) vem:



4c) Da expressão apresentada no enunciado obtém-se:

$$B_0 = B(y) \left[ \frac{y+t}{\sqrt{(y+t)^2 + r^2}} - \frac{y}{\sqrt{y^2 + r^2}} \right]^{-1}$$

Substituindo nesta expressão valores de  $y$  e  $B(y)$  verifica-se que:

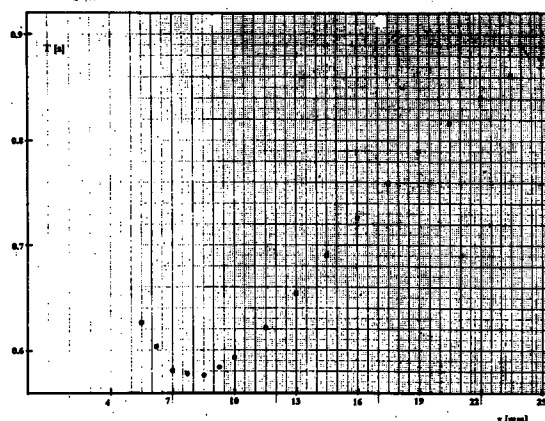
— o ponto (11 mm, 44,4 mT) conduz ao valor  $B_0 = 0,616T$ .

— o ponto (20 mm, 16,8 mT) conduz ao valor  $B_0 = 0,601T$ .

O valor médio será então  $B_0 = 0,61T$  (este valor pode variar com o equipamento utilizado).

**Questão 5**

5a) Usando o espaçador ( $L$  na Fig. 1 do enunciado), mede-se o período de oscilação do pêndulo  $T(z)$  desde  $z = 5.5$  mm até  $z = 25$  mm. O gráfico dos valores obtidos para  $T(z)$  é:



5b) Para  $x = 100$  mm vem  $l(x = 100 \text{ mm}) = 97,6\text{mm}$  (o procedimento é semelhante ao usado em 1c).

A proporcionalidade referida significa que

$$\frac{l}{T^2} = a \left[ 1 + \frac{\mu B_0}{Mgl} f(z) \right],$$

sendo  $a$  a constante de proporcionalidade.

A situação  $B_0 = 0$  corresponde, naturalmente, à não existência de campo magnético aplicado.

Retirando o magnete, o período de oscilação vem  $T_0 = 968$  ms, que substituído em

$$\frac{l}{T_0^2} = a \left[ 1 + 0 \times \frac{\mu}{Mgl} f(z) \right]$$

permite determinar a constante  $a = \frac{l}{T_0^2}$ .

Seleccionando o ponto em que a função  $f(z)$  apresenta menor variação com  $z$ , ou seja o máximo da função, tem-se  $f_{\max} = 56,3$ , que corresponde a  $T_{\min} = 576$  ms.

O momento magnético do pequeno magnete inserido no pêndulo será então

$$\mu = \frac{Mgl}{B_0} \frac{1}{f_{\max}} \left[ \left( \frac{T_0}{T} \right)^2 - 1 \right] = \frac{0,338 \text{ Am}^2}{56,3} \left[ \left( \frac{968}{576} \right)^2 - 1 \right] = 1,1 \times 10^{-2} \text{ Am}^2,$$

em que se usou o valor

$$\frac{Mgl}{B_0} = \frac{0,215 \text{ kg} \times 9,82 \text{ ms}^{-2} \times 0,0976 \text{ m}}{0,61 \text{ T}} = 0,338 \text{ Am}^2$$

SOLUÇÃO ALTERNATIVA 5b.1): usando dois dos pontos do gráfico para eliminar a constante de proporcionalidade  $a$  na equação

$$\frac{1}{T^2} = a \left[ 1 + \frac{\mu B_0}{Mgl} f(z) \right] \text{ vem:}$$

$$a T_1^2 \left[ 1 + \frac{\mu B_0}{Mgl} f(z_1) \right] = a T_2^2 \left[ 1 + \frac{\mu B_0}{Mgl} f(z_2) \right] \text{ donde}$$

$$\frac{\mu B_0}{Mgl} [T_1^2 f(z_1) - T_2^2 f(z_2)] = T_2^2 - T_1^2 \text{ que conduz a}$$

$$\mu = \frac{Mgl}{B_0} \frac{T_2^2 - T_1^2}{T_1^2 f(z_1) - T_2^2 f(z_2)}$$

Escolhendo os pontos ( $z_1 = 7$  mm,  $T_1 = 580,5$  ms) e ( $z_2 = 22$  mm,  $T_2 = 841$  ms) tem-se, do gráfico,  $f(z_1) = 56,0$  e  $f(z_2) = 12,0$ . O momento magnético vem:

$$\mu = 0,338 \text{ Am}^2 \frac{841^2 - 580^2}{580^2 \times 56,0 - 841^2 \times 12,0} = 1,2 \times 10^{-2} \text{ Am}^2$$

## ESRS SUMMER SCHOOL

APPLICATIONS OF SYNCHROTRON  
RADIATION IN MATERIALS SCIENCE  
AND PHYSICS

6-14 Maio 1998

Grande Hotel das Termas do Luso

A Escola destina-se a estudantes de doutoramento ou pós-doutoramento (com menos de 35 anos) que pretendam utilizar técnicas de radiação de sincrotrão a problemas do domínio de investigação que desenvolvem.

Informação mais detalhada poderá ser obtida através do contacto:

Prof. M. Margarida R. R. Costa  
Departamento de Física  
Universidade de Coimbra  
3000 Coimbra  
Fax 039-29158  
e-mail GUIDA@GEMINI.CI.UC.PT

## LOW DIMENSIONAL AND MESOSCOPIC MAGNETIC MATERIALS

26-30 September 1997, Patras – Greece

4th Patras University Euroconference  
Sponsored by: *Eu – Patras University*  
*G.S.R.T. Ministry of Development*  
Chairman: *G. D. Priftis*  
Co-Chairman: *S. W. Lovesey*

### Organizing and Scientific Committee

Ferreira Liliana (Coimbra, Portugal)  
Lovesey Stephen (RAL, U.K.)  
Müller Alex (IBM Rueschlikon, Switzerland)  
Priftis George (Patras, Greece)  
Steiner Michael (Berlin, Germany)  
Trohidou Kalliopi (Athens, Greece)  
Wäppling Roger (Uppsala, Sweden)  
Weaire Denis (Dublin, Ireland)

### Topics

Nanoparticles, Thin films, Quasi-two dimensional magnets, Magnetic multilayers, Magnetic dichroism, Giant magnetoresistance, Spin valves, Magnetostriction.

### General information

- The conference will be held at a hotel located on a beautiful green site right by the incredibly blue sea of the village-town of Niforeika, Kato Achaia, which is only 25 km from Patras.
- The official language of the conference will be English.
- Registration fees for the participants are 150 ECU.
- Total fee for board and lodging (arranged by the conference) including a contribution to the social events is 300 ECU.
- *The ECU covers expenses related to the participation of young researchers attending the conference (travel, subsistence expenses and part of registration fees).*
- Due to the limited number of participants, scientists who wish to attend the Euroconference should send an application form which has been sent to major research Institutions. The application form and more information about the Conference, can be found in the web site: <http://www.physics.upatras.gr/euroconference>

### Deadlines

Application for attendance of young researchers:  
May 25th, 1997

Registration and submission of abstracts:  
July 25th, 1995

### For all correspondence or any further information

Prof. G. D. Priftis ou Dr. A. Vradis – Department of Physics, University of Patras, GR 265 00 Patras, Greece  
Tel.: (+30 61) 997 452-3, 997 481 • Fax: (+30 61) 991 980  
email: [euroconf@physics.upatras.gr](mailto:euroconf@physics.upatras.gr)  
<http://www.physics.upatras.gr/euroconference>

# PROGRAMA NÓNIO SÉCULO XXI

## Centro de Competências *Softciências*

No quadro do Sub-Programa I — Aplicação e Desenvolvimento das TIC do programa Nónio — Século XXI, do Ministério da Educação, foi recentemente acreditado pelo Ministério da Educação o Centro de Competência na área de especialidade de Ciências Básicas (Física, Química e Matemática), designado por *Softciências*, e coordenado pela Sociedade Portuguesa de Física. As escolas interessadas em beneficiar do apoio daquele Centro deverão concorrer até ao dia 5 de Junho ao DAPP, Ministério da Educação, Av. 24 de Julho, 134-4.º, 1350 Lisboa, Tel. (01) 3913005 e Fax (01) 3957610, E-mail nonio at dapp.min-edu.pt. Os impressos do concurso, assim como o regulamento e a resposta a algumas questões mais frequentes, encontram-se na Internet, no endereço <http://www.dapp.min-edu.pt>.

### **Softciências — Centro de Competências Nónio**

Sociedade Portuguesa de Física,  
Av. da República, 37, 4.º — Lisboa  
1000 LISBOA  
Telef. (01)79793665 — Fax (01) 7952349  
email:spf@nautilus.fis.uc.pt

### **Responsável do Centro de Competência**

Carlos Manuel Baptista Fiolhais  
SPF — Departamento de Física da Universidade de Coimbra — Coimbra  
3000 COIMBRA  
Telef. 039- 410 624 — Fax 039 - 29158  
e-mail: tcarlos@hydra.ci.uc.pt

### **Entidades participantes no Centro de Competência e seus representantes**

#### **1. Sociedade Portuguesa de Física (coordenadora)**

Representantes:

Prof. Doutor Carlos Fiolhais  
Prof. Doutor Adriano Pedroso de Lima  
Prof. Doutor Pedro Vieira Alberto

#### **2. Sociedade Portuguesa de Química**

Representantes:

Prof. Doutor Victor M. S. Gil  
Mestre João Carlos Paiva

#### **3. Sociedade Portuguesa de Matemática**

Representantes:

Prof. Doutor Jaime Silva  
Prof. Doutor João Queiró

#### **4. Centro de Computação Gráfica.**

Representantes:

Prof. Doutor José Carlos Teixeira  
Dr. César Páris  
Dr.ª Sónia Branco

#### **5. Departamento de Física do Instituto Superior Técnico**

Representantes

Prof. Doutor Jorge Dias de Deus  
Prof. Doutora Teresa Peña  
Dr. Pedro Brogueira

#### **6. Exploratório Infante D. Henrique — Espaço Interactivo de Ciência e Tecnologia**

Representantes

Prof. Doutor Pedro Saraiva  
Mestre Alexandre Figueiredo  
Mestre Pedro Jorge Ramos

## Resumo do projecto de criação e funcionamento do Centro de competência *Softciências*

Os participantes referenciados por 1, 2 e 3 formaram em 1991 a Acção Comum para a Produção, Edição e Distribuição de Software Educativo, denominada SOFTCIÊNCIAS, de cuja actividade este Centro de Competência constitui uma extensão natural. Esta Acção, que tem tido o apoio do DEPGEF e da JNICT, resultou das conclusões do "1.º Encontro sobre Computadores no Ensino da Física e da Química" produziu cerca de duas dezenas de programas e respectivos manuais pedagógicos, o que a torna uma das maiores editoras em Portugal de software educativo.

O projecto mais recente do SOFTCIÊNCIAS denomina-se OMNICIÊNCIA, e tem o apoio do Ministério da Ciência e Tecnologia. Consiste na edição, produção e distribuição a todas as escolas da rede nacional Ciência-Tecnologia-Sociedade de um CD-ROM contendo, entre outros, todos os produtos do SOFTCIÊNCIAS e os conteúdos dos *WebSites* READCIÊNCIAS (a maior base de dados em português na Internet de Recursos Educativos em Ciências) e Nonius (base de dados de Matemática). Esta iniciativa, que estará em constante actualização, permite fornecer às escolas informação especializada e meios adequados para apoiar a educação no domínio das ciências básicas.

Todas as instituições (excepto a 5, que é um departamento universitário) são associações privadas sem fins lucrativos, que têm um registo amplo de actividades em prol do ensino e da promoção das ciências. Logo que o Centro de Competência seja acreditado será celebrado um Protocolo de Colaboração, que alarga o Protocolo de Acção Comum entre as três sociedades científicas já existente e da qual a Sociedade Portuguesa de Física é gestora. Naturalmente, a instituição 4 está mais vocacionada para o apoio técnico às actividades no terreno, enquanto as outras estão mais vocacionadas para as componentes de criação e planeamento dos conteúdos das actividades. Assim, a sede do Centro de Competências funcionará no Centro de Computação Gráfica em Coimbra. A localização no centro do país facilita a prestação de serviços em todo o território nacional.

O Centro de Competência pretende radicar a utilização optimizada das novas tecnologias de informação e comunicação no ensino-aprendizagem das ciências com vista à melhoria qualitativa e quantitativa dos processos pedagógicos. Em particular, propõe-se:

- Fomentar a realização de aulas de ciências usando computadores, proporcionando-as ao maior número possível de alunos por meio de professores com cada vez melhor preparação específica.
- Integrar progressivamente as ferramentas informáticas nos currículos das disciplinas científicas, atendendo aos desenvolvimentos técnicos mais recentes (multimédia, *Internet*, etc.).
- Sensibilizar e formar professores no sentido da percepção de que os computadores constituem hoje uma mais valia insubstituível no ensino-aprendizagem das ciências para além do seu manejo proporcionar melhor preparação para a vida activa nas mais diversas profissões.

Para isso desenvolverá as seguintes actividades:

1. Criação de um Centro de Formação de Professores no ensino da Física, Química e Matemática. (inclui acções na sede em Coimbra e acções e em todas as escolas associadas). Essa

formação contemplará a formação de formadores, de modo a assegurar o maior efeito multiplicativo para as práticas inovadoras que se pretendem.

2. Criação de um Centro de Recurso associado ao Centro de Formação com acesso telemático e acesso pessoal.

3. Criação de vários sítios na *Web* com informação validada e actualizada (inclui serviço de apontadores em Ciências — o Mocho —, desenvolvimento de uma base de dados em Química, divulgação de projectos das escolas, *mirror* de sítios internacionais de qualidade reconhecida, etc.).

4. Intercâmbio entre escolas portuguesas, proporcionando o diálogo e a partilha de experiências entre alunos e professores.

5. Intercâmbio entre escolas portuguesas e escolas no estrangeiro (incluindo muito em especial escolas portuguesas no estrangeiro e escolas dos países oficiais de língua portuguesa).

6. Criar programas de computador adaptados à realidade das escolas de âmbito curricular e extra-curricular, continuando o trabalho da Acção Comum SOFTCIÊNCIAS. Será considerada com especial interesse a exposição pedagógica da ciência no dia-a-dia, promovendo a compreensão pública da ciência desde as idades mais baixas.

7. Coordenação de guiões pedagógicos para exploração de software educacional no contexto curricular, preparados por professores dos ensinos básicos e secundários. Esses guiões, que reunirão além de edições próprias *shareware* e tradução de alguns programas estrangeiros, serão editados em papel e CD-ROM.

8. Apoio a iniciativas emergentes nas escolas, com a obrigatória participação de alunos, valorizando as mais criativas e fomentando a emulação por meio de competições várias. (por exemplo, concurso de software para jovens, de que temos experiência, e concursos de ideias).

9. Apoio tanto técnico como didáctico às escolas ligadas ao Centro de Competência (presencial por técnico ambulante, linha verde, *on-line* e documental).

10. Edição de materiais de apoio em papel e vídeo (considerando as hipóteses de colaboração com editora para publicação de uma colecção de publicações sobre "Educação e Computadores" e colaboração com produtora audiovisual na realização de programas televisivos).

11. Criação de ferramentas informáticas de produtividade que apoiem a actividade docente (por exemplo, para a criação e correcção de testes, como os programas "Zero" e "Testa").

12. Realização de iniciativas que exigem certas tecnologias de ponta, nomeadamente:

- Realidade virtual com cenários de experimentação científica disponível em carrinha itinerante (ver Anexo E).
- Videoconferências com suporte em computador pessoal para trabalho colaborativo e sessões de divulgação.
- Colocação de câmara fixa num laboratório científico com afixação de imagens na *Web*.
- Criação na *Web* de museus virtuais e exposições temáticas com forte carácter lúdico.
- Produção de "livros" didácticos flexíveis e interactivos na Internet.

**Caracterização de actividades desenvolvidas anteriormente em parceria ou dirigidas às escolas dos ensinos Básico e Secundário**

As pessoas envolvidas neste projecto têm larga experiência na Formação de Professores, incluindo:

- Leccionação de disciplinas de licenciatura sobre computadores no ensino das ciências. Por exemplo, "Computação no Ensino da Matemática", "Computadores no Ensino da Física" e "Física Computacional".

- Leccionação de cadeiras de mestrados no ensino da Física, Química e Matemática.
- Orientação e realização de teses de mestrado e doutoramento nas áreas do ensino da Física, Química e Matemática (cerca de uma dezena de teses, muitas das quais sobre computadores no ensino).
- Formação de Professores em Acções FOCO e cursos organizados pelas Sociedades Científicas e Universidades.
- Conferências e Palestras em reuniões científico-pedagógicas nacionais e internacionais.
- Desenvolvimento tecnológico de ambientes de ensino e treino para docentes.

Os proponentes têm tido uma intervenção muito significativa na divulgação e utilização de computadores junto de populações estudantis:

- Sessões nas escolas básicas, secundárias e superiores de apresentação e dinamização.
- Exposições interactivas (temporárias e permanentes).
- Participação no programa "Ciência Viva" com o projecto «Física em Acção» sobre a utilização de meios informáticos em laboratórios escolares.
- Edição de várias dezenas de manuais escolares para os ensinos básico, secundário e superior, muitos dos quais têm o primeiro lugar no mercado e incluem software educacional.
- Edição de vários livros de divulgação científica, focando também aspectos de natureza informática. Alguns destes livros têm já ou terão edição *on-line* na *Web*.
- Autoria de programas curriculares do ensino básico e secundário (Química e Matemática).
- Edição de páginas *Web* (ReadCiências, Nonius, SPF, Introdução à Física, etc) e de cursos *on-line*.
- Organização de Olimpíadas Científicas.

Os proponentes disfrutam ainda das seguintes intercâmbios e colaborações internacionais:

- Projecto Seraphim (Journal of Chemical Education - EUA)
- ECSITE — Museus Interactivos na Europa.
- European Project on Chemistry in Museums
- Tulane University, New Orleans, EUA
- Arizona State University, Phoenix, EUA

No domínio técnico a nossa experiência inclui:

- Produtos multimédia inovadores (Tabela Periódica Multimédia, Museu de Física, Física Divertida em CD-Rom)
- Realidade Virtual.

No domínio técnico a nossa experiência inclui:

- Produtos multimédia inovadores (Tabela Periódica Multimédia, Museu de Física, Física Divertida em CD-Rom)
- Realidade Virtual.

- ZGDV, Darmstadt — Alemanha.

No domínio técnico a nossa experiência inclui:

- Produtos multimédia inovadores (Tabela Periódica Multimédia, Museu de Física, Física Divertida em CD-Rom)
- Realidade Virtual.

No domínio técnico a nossa experiência inclui:

- Produtos multimédia inovadores ("Tabela Periódica Multimédia", "Museu de Física na Internet", "Física Divertida em CD-ROM").

- Realidade Virtual no ensino das ciências.
- Reconstrução virtual de arquitecturas históricas (Mosteiro de Santa Clara a Velha, etc.)
- Exposições de biologia (Oceanário virtual na Expo 98, em Lisboa).
- Desenvolvimento de *Web-sites* de grande procura ("Jornal de Notícias", CP, etc.)

*Princípios pedagógicos e didácticos e metodologia de aplicação para o projecto educativo que pretende promover junto das*

O nosso princípio pedagógico e didáctico essencial consiste em ensinar e aprender correctamente ciências servindo-se dos meios auxiliares que são para cada propósito concreto e em cada ocasião os mais apropriados. Os meios computacionais são actualmente um desses meios mais poderosos e sê-lo-ão ainda mais no futuro. Pensamos que a tecnologia deve estar ao serviço do ensino/aprendizagem e não o inverso. O utente de um recurso informático deve reconhecer que as suas escolhas lhe permitem alargar conhecimentos e horizontes, de acordo com os seus interesses, motivações e necessidades. Os professores do ensino básico e secundário são os formadores dos seus alunos, pelo que lhes será dada toda a ajuda que necessitem no campo das tecnologias da informação e comunicação, para que possam ensinar melhor os seus alunos e estes possam, em consequência, aprender melhor. Eles, depois da formação adequada num módulo de 24 horas (que deverá ser creditada para os efeitos de promoção na carreira), saberão, melhor do que ninguém, as actividades a desenvolver e o tipo de apoio que para isso necessitam. Essa formação inclui o essencial sobre computadores no ensino, análise e exploração de *software* de incidência curricular e utilização da *Internet*. Decorrerão 12 cursos na sede e 12 nas escolas por ano, de forma a cobrir durante um ano a maioria das escolas interessadas. Forneceremos os materiais que forem considerados úteis. Concentrar-nos-emos em actividades de âmbito curricular, sem descurar o poder de atracção e a motivação que algumas actividades extra-curriculares, baseadas em tecnologias novas e por vezes espectaculares (como os sistemas de realidade virtual), podem fornecer. Assim, os tempos dos alunos serão principalmente tempos lectivos. Promoveremos o diálogo activo, pessoal e à distância, que possibilita a partilha de conhecimentos e experiências. Os espaços privilegiados serão os da escola, apoiando a constituição de redes informáticas internas nas escolas, e servindo o Centro de Formação e de Recursos central apenas como um local de referência para cursos e atendimento. Sabendo que apesar de desejável é utópica para já a existência de pelo menos um computador em cada sala de aula, procuraremos que o computador seja um instrumento presente em vários locais: biblioteca, laboratórios (incluindo os laboratórios de Matemática, que urge promover, e que podem começar por parques de calculadoras gráficas), salas de professores, átrios, etc., em vez de estar isolado e porventura fechado numa sala de computadores. Reconhecendo que a Física, Química são ciências experimentais, daremos a importância devida aos laboratórios e ao trabalho laboratorial. Embora nos concentremos nos aspectos de *software*, interessar-nos-emos pelas questões da ligação dos computadores à experiência e ligar-nos-emos com outras acções e programas que se centrem em procedimentos experimentais.

*Last but not least*, são nossas orientações permanentes a ligação entre os vários ramos da ciência e a ligação entre os ensinos básico e secundário e o ensino superior, aprofundando todas as sinergias que possam advir de uma e outra ligação.

# EXPLORATÓRIO

## ESPAÇO INTERACTIVO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA

Coimbra

O Exploratório Infante D. Henrique, associação sem fins lucrativos, é um espaço de exposição interactiva permanente, criado para promover a divulgação da Ciência e Tecnologia.

É uma iniciativa da Universidade de Coimbra, através do Centro de Iniciação Científica.

Tem a colaboração empenhada de professores do Ensino Básico e Secundário e estudantes do Ensino Superior.

O 1.º Pólo situa-se na Casa Municipal da Cultura.

O Pólo Principal integra o futuro Complexo Museológico de Ciência da Universidade de Coimbra.

### Podes...

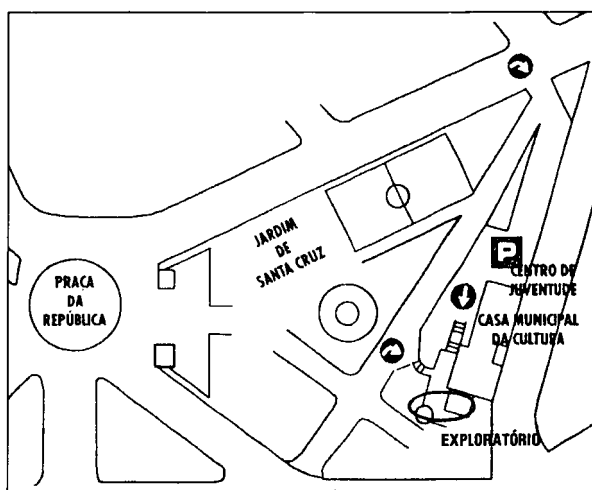
- Descobrir as surpresas do Túnel de Ciência.
- Admirar os efeitos espectaculares de um "vulcão químico".
- Vibriar com música por medida...
- Viajar entre estrelas no miniplanetário.
- Ver experiências que encantam, divertem e ensinam.
- Participar em actividades em Ciência. Demonstrações. Espectáculos. Mini-loja de Ciência.

### ...e muitas coisas mais!

#### Vem ver como é!

**Diverte-te:** *Experimenta tu mesmo!*  
**Descobre** *os fundamentos da Ciência.*

**Horário de funcionamento:**  
Segunda a Sábado: 14h30-17h30.  
*Escolas por marcação.*



1.º Pólo: Casa Municipal da Cultura  
Jardim de Santa Cruz  
Apartado 3111 — 3000 Coimbra  
Tel. 039-703897; Fax 039-703898  
E-mail: [explora@mail.telepac.pt](mailto:explora@mail.telepac.pt)  
[explora@cygnus.ci.uc.pt](mailto:explora@cygnus.ci.uc.pt)  
Internet - <http://www.uc.pt/explora>

## COLLOQUES SCIENTIFIQUES INTERNATIONAUX POST-UNIVERSITAIRES

Liège, 20-23 August 1997, Belgium

BIOLOGY - CHEMISTRY - PHYSICS - MATHEMATICS

### The advancement of science and Technical progress

Fundamental science is a source of technical breakthroughs in any and every field.

Technical breakthroughs condition the advancement of basic science by allowing it to explore nature in ever greater depth and breadth with ever increasing accuracy.

The annual meeting of CSIPWIC is open to all those whose awareness pushes them to keep abreast of the state of the art in their respective disciplines.

Registration: BEF 1500 before July 01 1997  
BEF 2000 after that date

Possible accomodation in a Liège University residence.

Registration forms and information:

Professor Jacques AGHION, Biochemistry,  
Botany Department (B22), University of Liège,  
B -4000 Liège, Belgium  
Tel + 32 (0)4 366 38 41  
Fax + 32 (0)4 366 38 40  
e-mail [jaghion@ulg.ac.be](mailto:jaghion@ulg.ac.be)

## V ENCONTRO NACIONAL DE FOTOQUÍMICA

Universidade do Minho, Braga  
10 e 11 de Outubro de 1997  
Prof. Dr. João A. Ferreira  
Departamento de Física  
Universidade do Minho  
4709 Braga Codex  
Tel. (053) 604324; Fax (053) 678981  
e-mail: [ja-ferreira@fisica.uminho.pt](mailto:ja-ferreira@fisica.uminho.pt)



# FÍSICA EM ACÇÃO

Decorreu nos passados dias 28 de Fevereiro e 1 de Março, no Departamento de Física da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, o 1º *Workshop* do projecto "Física em Acção". A "Física em Acção" é um projecto dinamizado pela SPF e financiado pelo programa "Ciência Viva" do Ministério da Ciência e Tecnologia que tem como objectivo a divulgação do ensino experimental da Física no Ensino Secundário com recurso às novas tecnologias, nomeadamente o uso de sensores e computadores no laboratório (ver última "Gazeta de Física").

Após concurso a nível nacional, foram seleccionadas para concretização do projecto as 10 escolas secundárias abaixo indicadas, cujos Laboratórios de Física foram já equipados com um *kit* de sensores e aquisição de dados (da *Pasco Scientific*), *software* e um computador multimédia, no valor total de cerca de 1000 contos. Esse equipamento fica propriedade da escola.

## Escolas participantes

- Esc. Sec. de Águas Santas,
- Esc. Sec. Miguel Torga, Bragança,
- Esc. Sec. de Fafe,
- Esc. Sec. Dr. João Lopes de Moraes, Mortágua,
- Esc. Sec. de Cantanhede,
- Esc. Sec. Afonso de Albuquerque, Guarda,
- Esc. Sec D. Pedro V, Lisboa,
- Esc. Sec de Vila Franca de Xira,
- Esc. Sec. Sebastião e Silva, Oeiras,
- Esc. Sec. Jaime Moniz, Funchal.

Como critério de selecção das escolas de entre as cerca de três centenas que concorreram ao Física em Acção, teve-se em conta o empenho e a preparação dos professores de Física, as necessidades da escola e a equipartição geográfica. Estas escolas "piloto" estarão ligadas em rede através da *Internet* e serão acompanhadas na implementação do programa por monitores (estudantes das Universidades Técnica de Lisboa, Coimbra, Porto e Braga) que prestarão ajuda *in loco*. O *link* do projecto na *Internet* encontra-se em <http://nautilus.fis.uc.pt>.

O *workshop*, cujo programa se apresenta a seguir, teve como objectivo principal a apresentação da metodologia e objectivos do projecto e a discussão da sua implementação prática e contou com a presença de 40 participantes, na sua maioria professores das referidas escolas. Apraz-nos registar o interesse e o empenho manifestados pelos participantes durante o encontro, que ficou bem demonstrado num inquérito final de auto-avaliação.

Nesta fase, estão a ser realizadas nas várias escolas com a ajuda do equipamento fornecido experiências

de Física de âmbito curricular nas quais há participação de alunos dos últimos anos do ensino secundário. Haverá uma apresentação do projecto no Forum Ciência Viva, a realizar a 6 e 7 de Junho de 1997, no Forum telecom (Picoas), em Lisboa. Prevê-se em Setembro próximo realizar o segundo *Workshop* numa das escolas participantes, a fim de partilhar os primeiros resultados do projecto.

Prevê-se que este projecto possa ser alargado a mais escolas já a partir do próximo ano lectivo, caso a avaliação pedagógico-científica da experiência em curso seja positiva, como se espera. Para isso, a SPF vai seleccionar mais escolas de entre as que manifestaram no início interesse em participar e concorrer ao próximo concurso "Ciência Viva".

## Programa do Workshop "Física em Acção"

Sexta-Feira, 28/02/97

- 14h15 — Boas vindas  
*Prof. Dr. Carlos Matos Ferreira*, Secretário Geral da SPF e coordenador do projecto
- 14h30 — Os computadores no ensino da Física  
*Prof. Dr. Carlos Fiolhais*
- 14h45 — Apresentação do programa Física em Acção — Metodologia e objectivos  
*Prof. Dr. José António Paixão*
- 15h30 — Apresentação do equipamento a distribuir pelas Escolas (*kit* de Física da PASCO).  
*Eng.º João Silva*, Representante da PASCO em Portugal
- 16h00 — Pausa para café
- 16h30 — Sensores e computadores; exemplos simples de exploração  
*Prof. Dr. José António Paixão* e *Prof. Dr. Francisco Gil*
- 18h00 — Encerramento da sessão

Sábado, 1/03/97

- 09h30 — Exemplos de aplicação do *kit* de sensores ao nível do Ensino Secundário  
*Prof. Dr. Francisco Gil* e *Prof. Dr. José António Paixão*
- 10h45 — Pausa para café
- 11h15 — Exemplos de aplicação (continuação)
- 12h30 — Almoço no Instituto Justiça e Paz
- 14h00 — Modelação e Simulação — Apresentação de *software* educacional  
*Dr. Fernando Nogueira*
- 14h30 — O vídeo e a *Internet* nos laboratórios  
*Prof. Dr. Carlos Fiolhais*
- 15h00 — Discussão
- 17h00 — Encerramento do *Workshop*



# Soft Ciências

SPF - Departamento de Física da Universidade de Coimbra  
 3000 COIMBRA PORTUGAL  
 Telef: 039 - 410524 Fax: 039 - 29158  
 Email: softci@feor5.fis.uc.pt  
 http://nautilus.fis.uc.pt/~spf/Soft\_c/soft\_c.html

**Ação Comum das:**

- Sociedade Portuguesa de Física
  - Sociedade Portuguesa de Química
  - Sociedade Portuguesa de Matemática
- para produção de software educativo  
 APOIOS: Ministério da Ciência e Tecnologia e  
 Ministério da Educação

## CD-ROM PARA O ENSINO DAS CIÊNCIAS

PREÇO DE LANÇAMENTO 5000\$00 (4000\$00 para sócios SPF, SPQ, SPM) - IVA incluído

Omniciência 97

Soft Ciências

# Omniciência 97

- **Soft Ciências**  
Software educacional para Química, Física e Matemática
- **Tabela Periódica Multimédia**  
Tudo sobre os elementos químicos
- **Read Ciências**  
Recursos para o Ensino, Aprendizagem e Divulgação das Ciências
- **Nonius**  
Recursos para o ensino da Matemática
- **Catasoft F-97**  
Base de dados sobre software educacional em Física
- **Novidades Omniciência na Web**  
Necessita de ligação à Internet (<http://www.fis.uc.pt/OMNI/OMNI.html>)

**Soft Ciências** Coordenação: Carlos Fiolhais e João Palva

**Apoio do Ministério da Ciência e Tecnologia**

Soft Ciências

Omniciência 97

**Alguns dos programas estão ainda disponíveis em disquete com o respectivo manual:**

- 6. FQ-FOLHA DE CÁLCULO  
Programas em "Excel"
- 8. FRACTAIS  
Um mundo de imagens matemáticas
- 9. MILLIKAN  
Meça a carga do electrão
- 11. TABELA PERIÓDICA  
Tudo sobre os elementos
- 13. JOGO DAS COISAS  
Jogos de fazer pensar (multidisciplinar)
- 14. EUROCHEM  
Elementos químicos na Europa
- 15. ZERO 2.0  
Concepção e correcção de testes (multidisciplinar)
- 16. TESTA FQ / 8-9  
800 perguntas de Físico-Químicas (8º e 9º anos) para testes.
- 17. ÂNGULOS  
Trigonometria no computador
- 18. RLC  
Circuitos de corrente alternada

**NOVIDADE:**

**19. TESTA FQ 10 / 11** 600 perguntas de Físico-Químicas (10º e 11º anos)

O MANUAL DESTES PROGRAMAS INCLUI 24 TESTES QUE PODEM SER POLICOPIADOS.

Para solicitar o CD-ROM ou algum destes programas preencha o destacável e envie para:  
 Sociedade Portuguesa de Física, Softciências, Departamento de Física, Universidade de Coimbra, 3000 COIMBRA

COLOCAR UMA CRUZ NOS PROGRAMAS PRETENDIDOS

COLOCAR UMA CRUZ NOS PROGRAMAS PRETENDIDOS			PEDIDO DE PROGRAMAS		
NOME DO PROGRAMA	PREÇO	PREÇO *	NOME DO PROGRAMA	PREÇO	PREÇO *
CD-ROM OMNICIÊNCIA 97	5000	4000	14. Eurochem	1500	1000
6. FQ -Folha de cálculo	1500	1000	15. Zero 2.0	1500	1000
8. Fractais	1500	1000	16. Testa FQ / 8-9 **	2000	1500
9. Milikan	1500	1000	17. Ângulos	1500	1000
11. Tabela Periódica	1500	1000	18. RLC	1500	1000
13. Jogo das coisas	1500	1000	19. Testa FQ / 10-11 **	2000	1500

\* Sócios SPF, SPQ, SPM  
 \*\* O manual destes programas inclui testes que podem ser policopiados

Junto envio cheque / vale de correio / requisição nº \_\_\_\_\_, relativo ao pagamento de \_\_\_\_\_ programas e \_\_\_\_\_ CD-ROM; conforme o quadro.  
 Remeter para: SOFTCIÊNCIAS, SPF, Departamento de Física da Universidade de Coimbra, 3000 COIMBRA.

# EXAMES DO 12.º ANO 1996/97

## PARECER SOBRE A PROVA-MODELO DE FÍSICA DO 12.º ANO DE ESCOLARIDADE/1997

A prova-modelo em apreço tem a qualidade requerida: está bem estruturada, avalia o núcleo significativo de objectivos e conteúdos do programa de Física do 12.º ano, está dimensionada para ser realizada em 90 min (a que se acrescentam 30 min. de tolerância) e tem o nível de exigência adequado à população a que se destina. A expectativa que esta prova-modelo cria relativamente às provas reais é, pois, a melhor.

O presente ano lectivo é o primeiro em que entra generalizadamente em vigor o novo programa de Física do 12.º ano. Também por este motivo eram esperadas alterações qualitativas relativamente ao figurino da prova de anos anteriores (e, em particular, ao da prova do ano passado) como se anunciava na Informação n.º 14/96 do GAVE, de 18/12/96. As mudanças encontram-se no primeiro e terceiro grupo de questões. Referiremos, em primeiro lugar, a questão do terceiro grupo, que avalia competências relativas à actividade experimental, e onde talvez resida uma maior expectativa. De resto, esta questão poderá levantar alguma controvérsia junto de professores e alunos. Considera-se — mas que não se perca de vista a subjectividade deste juízo — que a forma e o conteúdo dessa questão são adequadas, independentemente de os alunos terem realizado a experiência concreta nela referida. A questão diz respeito a um ponto incluído em 2.5 das "Orientações para a Gestão do Programa" (OGP) e deseja-se que assim se continue a proceder: as questões de índole experimental nas provas reais devem estar incluídas explicitamente nas OGP como actividades experimentais.

É, de facto, inovadora a inclusão de questões que testem competências específicas da actividade experimental. A Física é uma ciência experimental e, não sendo praticável a realização de experiências em exames nacionais, é importante que, pelo menos, neles apareçam questões que a elas digam directamente res-

peito. Decerto que essa prática ajudará a fomentar o desenvolvimento da actividade experimental no processo de ensino/aprendizagem da Física. Mas todas as cautelas são poucas na formulação da questão do grupo III das provas reais. Uma concepção menos feliz, susceptível de lançar dúvidas sobre a possibilidade de uma dada experiência "produzir" um determinado conjunto de resultados ou susceptível de dispersar/desviar a atenção daquilo

*O Conselho Nacional de Exames do Ensino Secundário (CNEES) é um órgão consultivo do Ministério da Educação no âmbito dos exames nacionais do ensino secundário. São 25 os vogais que compõem o CNEES, nomeados pelo Ministro da Educação sob proposta de associações e sociedades científicas e pedagógicas convidadas para o efeito. A SPF indicou o Prof. Dr. Manuel Fiolhais, do Departamento de Física da Universidade de Coimbra, para integrar esse Conselho como seu representante.*

*No âmbito das competências que lhe são conferidas pelo DL n.º 28-B/96 decidiu o CNEES proceder à elaboração de um relatório com a apreciação das provas-modelo relativas ao processo de exames do 12.º ano do ano lectivo 1996/97. Essas provas-modelo foram elaboradas por equipas de autores indigitadas pelo Gabinete de Avaliação (GAVE) e enviadas ao CNEES, ainda numa forma preliminar, para que sobre elas se pronunciasse. Note-se que só as provas-modelo estiveram sujeitas a uma apreciação pelo CNEES antes do seu conhecimento público; as verdadeiras provas de exame não serão conhecidas dos membros do Conselho antes da sua realização. Verificou-se que, para a maioria das disciplinas, as sugestões formuladas pelo CNEES foram tidas em conta nas versões definitivas das provas tornadas públicas em Março de 1997, esperando-se que as recomendações de carácter geral relativas às Provas-modelo tenham também reflexo na elaboração das provas reais.*

*Apresenta-se a seguir a posição do vogal do CNEES, Prof. Dr. Manuel Fiolhais, relativa à versão definitiva da prova-modelo de Física (prova n.º 115).*

que é essencial, poderá contribuir para prejudicar a exequibilidade de questões deste tipo.

Teria sido importante apresentar nos critérios de correcção uma resolução detalhada da questão, designadamente dos pontos 1., 3. e 4. Com essa "resposta-modelo" os professores-correctores e, especialmente, os alunos ficariam cabalmente informados sobre o que de facto se exige em respostas dadas unicamente em termos gráficos.

O primeiro grupo representa também uma inovação pois trata-se de um conjunto de questões de escolha múltipla. As questões de escolha múltipla, desde que bem elaboradas, são uma boa opção: permitem abordar muitos pontos do programa e avaliar conhecimento e compreensão de forma justa e segura, para além de facilitar a correcção. Não está, aparentemente, prevista qualquer penalização relativamente a respostas erradas (consultou-se o documento do GAVE referido atrás e os critérios de correcção que acompanham a prova). Acha-se bem esta ausência de penalização. Desde logo, porque sendo 5 o número de opções de resposta em cada questão, a hipótese de êxito numa resposta "ao acaso" é diminuta. Por outro lado, sendo as opções dadas por vezes muito semelhantes, pode um aluno até ter feito os raciocínios certos e, devido a um momento de desconcentração, escolher a opção errada. A atribuição de uma pontuação negativa seria punição excessiva. Recomenda-se que essas questões privilegiem a interpretação física em detrimento da necessidade de realização de cálculos extensos ou da memorização de fórmulas complicadas. Caso o aluno tenha de recorrer a cálculos extensos, e embora isso contrarie o espírito deste tipo de questões, deve-se equacionar a possibilidade de esses cálculos poderem ser apreciados, o que pressupõe uma desagregação dos 10 pontos de cada questão. O conjunto de seis questões apresentadas está globalmente bem (as questões 3 e 4 são excelentes).

No segundo grupo surgem as questões mais "clássicas". As situações apresentadas enquadram-se naquilo a que os estudantes estão habituados. As três questões do grupo não merecem reparos significativos embora, na primeira questão, não se tenha respeitado a regra de perguntar primeiro o que é mais fácil.

Regista-se com agrado que a qualidade gráfica dos desenhos é boa e que se respeitam as convenções internacionais e, em particular, as normas SI. Do ponto de vista da correcção linguística da prova há poucas críticas a fazer.

5 de Março de 1997

*Manuel Fiolhais*

## **UNIÃO IBERO-AMERICANA DE SOCIEDADES DE FÍSICA**

**Em 4 de Novembro de 1996 teve lugar em Havana uma importante reunião de representantes de Sociedades de Física de países ibero-americanos, para a celebração do acto formal de criação da União Ibero-Americana de Sociedades de Física. São membros fundadores as Sociedades de Física dos seguintes países: Argentina, Brasil, Colômbia, Costa Rica, Espanha, Guatemala, México, Nicarágua, Portugal, São Salvador, Uruguai e Venezuela.**

**Os objectivos prioritários da União Ibero-Americana de Sociedades de Física, definidos no documento formal da sua criação, são os seguintes:**

- Coordenação das propostas de representantes dos países membros para comissões e organismos internacionais relacionados com a Física, quando essas propostas sejam da competência das respectivas sociedades nacionais. No caso de sucesso nas candidaturas, os membros eleitos assumem o compromisso da representação dos interesses de todos e cada um dos membros da União nessas entidades internacionais.
- Difundir, entre todos os membros da União, toda a informação com interesse no campo da Física relativa a programas de cooperação, investigação, desenvolvimento e ensino existentes na Comunidade Europeia ou noutros Organismos Nacionais ou Internacionais, que possam ser importantes para os seus membros.
- Coordenar e obter financiamentos de entidades acima mencionadas, para o desenvolvimento de programas de cooperação bilateral ou multilateral, entre grupos de investigação de países membros com projectos de Física fundamental ou aplicada, associados ao desenvolvimento económico, social e cultural dos países da União.
- Aproveitar de forma eficiente os meios e estruturas nacionais e multinacionais já existentes, evitando na medida do possível a criação de sobrecargas burocráticas suplementares.

Para além das Sociedades de Física acima referidas, aderiram também à União os seguintes organismos internacionais ibero-americanos: Centro Latino-Americano de Física (CLAF), com sede no Rio de Janeiro e Federação Latino-Americana de Sociedades de Física (Fe La So Fi), com sede na cidade do México. Estes organismos disponibilizaram já as suas infraestruturas operativas para apoiar as actividades da União de Sociedades de Física Ibero-Americanas.

Espera-se que tenha lugar, em 1997, uma nova reunião de representantes das Sociedades de Física pertencentes à União, para o planeamento de acções e projectos concretos no domínio da Física, enquadrados no espírito e objectivos da União.

**Solicitam-se desde já informações e sugestões dos sócios da Sociedade Portuguesa sobre acções de cooperação em curso ou a desenvolver no espaço ibero-americano, envolvendo equipas e investigadores portugueses. Estas informações constituirão uma base valiosa para a definição de futuros programas de trabalho da SPF no seio da União Ibero-Americana de Sociedades de Física.**

# SPF NA INTERNET

Responsável: *Carlos Fiolhais*.

Páginas construídas por *Gustavo Sacadura Botte, Miguel Marques e Sílvio Costa*.

Pode contactar-nos por email em *spf@nautilus.fis.uc.pt*.

Última alteração da página SPF na Internet: **22 de Maio de 1997**.

Visitantes desde 4 de Março de 1997: **215**.

## 1. Secções de Informação existentes

<b>História</b>	<i>Olimpíadas de Física</i>
<i>Estatutos</i>	<i>Física em Acção</i>
<i>Órgãos</i>	<i>SoftCiências</i>
<b>Delegações Regionais</b>	<i>Centro de Competência</i>
Norte, Centro e Sul	<b>Softciências / Nónio</b>
<b>Gazeta de Física</b>	<i>Inscrições</i>
<b>Divisões Técnicas</b>	<i>Cursos e Congressos</i>
<i>Actividades</i>	<i>Sugestões e Comentários</i>

## 2. Dados sobre a Gazeta de Física

a) Já disponível integralmente o fascículo 16 n.º 1 de 1993

b) Sumários dos volumes publicados desde 1946 a 1996

- **Vol. 1 — 1946 a 1948**
  - Fasc. 2 — Janeiro 1947
  - Fasc. 4 — Abril 1948
- **Vol. 2 — 1948 a 1953**
  - Fasc. 1 — Outubro 1949
  - Fasc. 2 — Janeiro 1950
  - Fasc. 3 — Abril 1950
  - Fasc. 4 — Outubro 1950
  - Fasc. 5 — Janeiro 1951
  - Fasc. 6 — Abril 1951
  - Fasc. 7 — Janeiro 1952
  - Fasc. 8 — Abril 1952
  - Fasc. 9 — Outubro 1952
  - Fasc. 10 — Abril 1952
- **Vol. 3 — 1953 a 1960**
  - Fasc. 1 — Abril 1954
  - Fasc. 2 — Outubro 1954
  - Fasc. 3 — Julho 1955
  - Fasc. 4 — Março 1956
  - Fasc. 5 — Junho 1957
  - Fasc. 6 — Março 1958
  - Fasc. 7 — Março 1959
  - Fasc. 9 — Julho 1960
- **Vol. 4 — 1962 a 1964**
  - Fasc. 1 — Abril 1962
  - Fasc. 2 — Outubro 1962
  - Fasc. 3 — Janeiro 1963
  - Fasc. 5 — Junho 1963
  - Fasc. 6 — Outubro 1963
  - Fasc. 7 — Janeiro 1964
- **Vol. 5 — 1970 a 1974**
  - Fasc. 1 — Julho 1970
  - Fasc. 2 — Dezembro 1970
  - Fasc. 3 — Março 1971
  - Fasc. 4 — Dezembro 1971
  - Fasc. 5 — Março 1972
  - Fasc. 6 — Agosto 1972
  - Fasc. 7 — Dezembro 1972
  - Fasc. 8 — Julho 1973
  - Fasc. 9 — Abril 1974
- **Vol. 6 — 1978 a 1979**
  - Fasc. 1 — Fevereiro 1978
  - Fasc. 2 — Abril 1978
  - Fasc. 3/4 — Fevereiro/Dezembro 1979
- **Vol. 7 — 1984**
  - Fasc. 3/4 — Outubro
- **Vol. 8 — 1985**
  - Fasc. 1 — Janeiro
  - Fasc. 2 — Abril
  - Fasc. 3 — Julho
  - Fasc. 4 — Outubro
- **Vol. 9 — 1986**
  - Fasc. 1 — Janeiro
  - Fasc. 2 — Abril
  - Fasc. 3 — Julho
  - Fasc. 4 — Outubro
- **Vol. 10 — 1987**
  - Fasc. 1 — Janeiro
  - Fasc. 2 — Abril
  - Fasc. 3 — Julho
  - Fasc. 4 — Outubro
- **Vol. 11 — 1988**
  - Fasc. 1 — Janeiro
  - Fasc. 2 — Abril
  - Fasc. 3 — Julho
  - Fasc. 4 — Outubro
- **Vol. 12 — 1989**
  - Fasc. 1 — Janeiro
  - Fasc. 2 — Abril
  - Fasc. 3 — Julho
  - Fasc. 4 — Outubro
- **Vol. 13 — 1990**
  - Fasc. 1 — Janeiro
  - Fasc. 2 — Abril
  - Fasc. 3 — Julho
  - Fasc. 4 — Outubro
- **Vol. 14 — 1991**
  - Fasc. 1 — Janeiro
  - Fasc. 2 — Abril
  - Fasc. 3 — Julho
  - Fasc. 4 — Outubro
- **Vol. 15 — 1992**
- **Vol. 16 — 1993**
- **Vol. 17 — 1994**
- **Vol. 18 — 1995**
- **Vol. 19 — 1996**
  - Fasc. 1 — Janeiro a Março
  - Fasc. 2 — Abril a Junho
  - Fasc. 3 — Julho a Setembro
  - Fasc. 4 — Outubro a Dezembro

A *Gazeta de 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.

# SOCIEDADE PORTUGUESA DE FÍSICA

Avenida da República, 37-4.º – 1000 Lisboa

Telef. (01)7993665 • Fax (01)7952349

Para se tornar sócio da SPF,  
preencha e envie este formulário

FICHA DE  
SÓCIO INDIVIDUAL

Nome

E-mail

Endereço Postal

Telefone

(Privado)

(Emprego)

Fax

Estudante do Curso

Ano

Estabelecimento de Ensino

Grau Académico

Actividade Profissional

Local de Trabalho

## Divisões Técnicas em que se inscreve:

Física Nuclear e Partículas Elementares

Meteorologia, Geofísica e Astrofísica

Física Atómica e Molecular

Educação

Física de Matéria Condensada

Óptica

# 27.<sup>a</sup> Reunião Bienal da Real Sociedad Española de Física e 7.º Encontro Ibérico para o Ensino da Física

**Las Palmas, Gran Canária, 29 Setembro / 3 Outubro 1997**

Estas duas reuniões terão lugar no Departamento de Física da Universidade de Las Palmas de Gran Canária, sendo o 7.º Encontro Ibérico para o Ensino de Física organizado pela Real Sociedad Española de Física e pela Sociedade Portuguesa de Física.

## Temas da Bienal

- Acústica (AC)
- Adsorción (AD)
- Altas Energías (AE)
- Astrofísica (AS)
- Ciencias de Materiales (CM)
- Cristalografía y Crecimiento Cristalino (CRC)
- Coloides (CD)
- Electricidad y Magnetismo (EM)
- Electrónica, Automática e Informática (EAI)
- Estado Sólido (ES)
- Física de la Atmósfera (FAT)
- Física Atómica y Molecular (FAM)
- Física Médica y Biofísica (FMB)
- Física Nuclear (FN)
- Física Teórica (FT)
- Física e Tecnologías del Medio Ambiente (MA)
- Oceanografía Física (OF)
- Óptica (OP)
- Química Física y Espectroquímica (OFE)
- Polímeros (PO)
- Reología (RO)
- Teledetección (TD)
- Termodinámica, Calorimetría y Análisis Térmico (TCA)
- Física de la Tierra (FTI)

## Conferências Plenárias (Bienal/Encuentro)

- Tema sobre la enseñanza de la Física  
Prof. Marcelo Alonso. Florida Institute of Technology
- *Solitons on deep water*  
Prof. Michael S. Longuet-Higgins. University of California
- *Electrones y fonones en sistemas multicapa*  
Prof. Federico Garcia Moliner. Universitat Jaume I. Castellón de la Plana
- *Procesos dinámicos en agregados moleculares*  
Prof. Gerardo Delgado Barrio. CSIC. Madrid
- *Gotas y burbujas: de la fricción viscosa a la autopropulsión*  
Prof. Manuel Garcia Velard. Universidad Complutense. Madrid
- *Las prácticas de laboratorio en la formación del estudiante de Física como futuro investigador*  
Prof. Manuel Yuste Llandres. UNED. Madrid
- Tema a confirmar  
Prof. Carlo Rubbia. CERN. Ginebra

## Inscrições

### Antes de 1 de Junho:

Sócios da RSEF, RSEQ e SPF .....	28.000 pts	Acompanhantes .....	15.000 pts
Sócios aderentes .....	33.000 pts	Estudantes do 3.º ciclo .....	15.000 pts
Não-sócios .....	40.000 pts	7.º Encontro Ibérico .....	18.000 pts

Depois de 1 de Junho: Sobretaxa a aplicar

**Enviar para:** Secretaria do Comité Organizador da 27.<sup>a</sup> Bienal da R.S.E.F.  
Departamento de Física  
Campus de Tafira  
35017 Las Palmas. Gran Canária

## Reserva de alojamento

**La Caja Tours S.A.**  
C/ Triana, 114  
35002 Las Palmas, Gran Canária  
Tel. 928 442686  
e-mail: cajatours @ intercom.es

**Informações:** Departamento de Física, Apartado 550  
35080 Las Palmas de Gran Canária (Espanha)  
Tels. 34-(9)28451288/4527 — Fax. 34-(9)28454544

## Página WEB da Bienal

<http://www.ulpgc.es/actividades/bienalf/index.html>

## Representação da SPF no 7.º Encontro Ibérico

### Na Comissão Organizadora

José António C. Pereira, Coordenador Divisão Técnica  
Educação (DTE)  
Maria Natália Cruz (DTE, Coimbra)  
Maria Helena Pereira (DTE, Lisboa)

### Na Comissão Científica

Maria Odete Valente, Universidade de Lisboa  
Marília Fernandes Thomaz, Universidade de Aveiro  
Manuel Cuiça Sequeira, Universidade do Minho  
Nilza Vilhena Costa, DTE, Universidade de Aveiro

### Conferências propostas

- **Museus de ciência; sua importância na formação de cultura científica**  
Fernando Bragança Gil, Museu de Ciência da Universidade de Lisboa
- **Física Moderna no Secundário?**  
Maria Helena Caldeira, Departamento de Física da Universidade de Coimbra

NESTE NÚMERO ESPECIAL

---

CINQUENTENÁRIO  
DA GAZETA DE FÍSICA

**GAZETA DE FÍSICA**

REVISTA DOS ESTUDANTES DE FÍSICA  
E DOS FÍSICOS E TÉCNO-FÍSICOS PORTUGUESES

VOL. I, FASC. 1  
OUTUBRO, 1946



RADIOGRAFIA OBTIDA NO  
LABORATÓRIO DE FÍSICA  
DA F. C. L.  
POR UM DOS ALUNOS  
F. O. N.

*HOMENAGEM A RÓMULO DE CARVALHO*