

G A Z E T A D E

# FÍSICA

---



**SOCIEDADE PORTUGUESA DE FÍSICA**

VOL. 22 • FASC. 1 • 1999 • PUBLICAÇÃO TRIMESTRAL • JANEIRO / MARÇO

**Gazeta de Física**

Propriedade da Sociedade Portuguesa de Física  
ISSN: 0367-3561  
Registo na DGCS n.º 107280 de 13/5/80  
Depósito Legal n.º 51419/91  
Publicação Trimestral  
N.º 1 — 1999

**Redacção e Administração:**

Avenida da República, 37-4.º — 1050-187 Lisboa  
Telefone (01) 7993665  
Fax (01) 7952349

**Director**

João Bessa Sousa (FCUP)

**Comissão de Redacção e Administração**

Carlos Matos Ferreira (IST)  
Margarida Telo da Gama (FCUL)  
Ana Maria Eiró (FCUL)  
Adriano Sampaio e Sousa (ESFPM)

**Preparação e Revisão de Texto**

Florbelá Martins Teixeira

**Execução Gráfica**

Imprensa Portuguesa  
Rua Formosa, 108-116 — 4000-246 Porto  
Telefone (02) 2002466  
Fax (02) 2015105

Tiragem: 1500 exemplares

Preço avulso: 650\$00

Assinatura anual (quatro números):  
2000\$00 (Continente, Açores, Madeira e Macau)  
35 US dólares (estrangeiro)

**Publicação subsidiada pela Fundação  
para a Ciência e a Tecnologia**

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 3500 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: Memórias da Physica* — Gravura antiga alusiva às Artes e à Ciência, constituindo a capa da obra monumental *Ciclopedia ovvero Dizionario Universale delle Arti e delle Scienze*. Tomo I a VII. Napoli, 1747, de Giuseppe Maria Secondo. (ver, neste número, notícia sobre a exposição *Memórias da Physica*).

---

## **SUMÁRIO**

**2**

**OS OCEANOS E AS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS**

**Isabel Ambar**

**10**

**MATERIAIS QUASI-UNIDIMENSIONAIS  
E A CADEIA DE HUBBARD: UMA REVISÃO QUALITATIVA**

**Nuno M. R. Peres**

**17**

**INÁCIO MONTEIRO NO CONTEXTO  
DA CULTURA CIENTÍFICA PORTUGUESA ATÉ 1760**

**Décio Ruivo Martins**

**22**

**O MUSEU DE FÍSICA E AS CIÊNCIAS EXACTAS  
NA REFORMA DE 1772 DA UNIVERSIDADE PORTUGUESA**

**João da Providência e Natália Bebiano**

**28**

**A INTERNET PARA PRINCIPIANTES**

**35**

**JUBILAÇÃO DO PROF. MANUEL FERNANDES LARANJEIRA**

**37**

**JORNADAS SOBRE ENGENHARIA FÍSICA**

**38**

**MEMÓRIAS DA FÍSICA**

**39**

**NOTICIÁRIO**

---

# OS OCEANOS E AS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS

ISABEL AMBAR

Instituto de Oceanografia e Departamento de Física  
Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa  
Campo Grande — 1700 Lisboa

É grande a preocupação actual da humanidade em face dos valores crescentes da concentração de gases intensificadores do efeito de estufa na atmosfera, e do conseqüente aumento da temperatura média do sistema climático oceano-atmosfera. As grandes incertezas nos valores previstos para este aumento devem-se à própria variabilidade natural do sistema climático a qual depende dos processos de interacções entre o oceano e a atmosfera. Um dos fenómenos que mais espectacularmente ilustra estes processos à escala interanual é o denominado "El Niño-Southern Oscillation (ENSO)", que afecta principalmente a região equatorial do Pacífico e do Índico. Qualquer previsão dos efeitos da variabilidade do clima, desde a escala interanual à escala decadal ou superior, exige um conhecimento profundo do papel crucial que os oceanos desempenham no sistema climático e nas suas flutuações, e em anos recentes, os programas de investigação à escala global e o desenvolvimento de modelos acoplado a circulação da atmosfera à dos oceanos têm aumentado essa capacidade preditiva.

## 1. Introdução

A crescente concentração de gases resultantes da actividade humana na atmosfera tem vindo a preocupar cada vez mais a humanidade devido à previsível intensificação do efeito de estufa causado por esses gases e às conseqüências, eventualmente desastrosas, que terão sobre a vida na Terra no futuro.

Esta preocupação tem como base não só o aumento observado na temperatura média do sistema climático oceano-atmosfera da ordem de meio grau Celsius nos últimos 100 anos, provavelmente acompanhado de um aumento do nível médio do mar da ordem da dezena de centímetros, como também a previsão, baseada em modelos termohidrodinâmicos da atmosfera, de um aquecimento global entre 1.5 e 4.5°C no caso de se dar uma duplicação relativamente às concentrações actuais do volume de gases com efeito de estufa. No entanto, há grandes incertezas nestes valores previstos e

nos períodos de tempo a que dizem respeito (50, 100 anos?) e isso deve-se à própria variabilidade natural do sistema climático que está associada à extremamente complexa interacção entre o oceano e a atmosfera. Só o desenvolvimento de modelos acoplados oceano-atmosfera muito mais evoluídos que os actualmente disponíveis, associado a uma análise com boa base científica das séries de observações existentes, poderá prever o clima com mais verosimilhança.

Uma vez que a escala temporal de variabilidade dominante na atmosfera é inferior a 1 mês, ao passo que, no oceano, as escalas temporais são da ordem de meses a anos na camada superior e de décadas a séculos nas zonas profundas, é óbvio que uma boa previsão dos efeitos da variabilidade do clima, desde a escala interanual à escala decadal ou superior, pressupõe um conhecimento profundo do papel crucial que o oceano desempenha no sistema climático e nas suas flutuações.

**Oceanos e alterações climáticas.**

**O oceano como controlador da temperatura.**

**Redistribuidor de energia térmica. Sumidouro de gases.**

**Interacção oceano-atmosfera global. Efeitos das alterações climáticas nos oceanos e regiões costeiras.**

## 2. O papel do oceano no sistema climático

O oceano faz parte integrante do sistema climático terrestre e tem nele um papel fundamental e multifacetado, do qual vamos apontar alguns dos aspectos mais relevantes.

Mais de metade da radiação solar que atinge a superfície do Globo é absorvida directamente pelo oceano, onde é armazenada (há tanta energia armazenada nos três metros superiores do oceano como em toda a atmosfera) e redistribuída pelas correntes oceânicas. Em termos de balanço da energia térmica, este ganho de energia por parte do oceano é praticamente compensado pela perda de energia sob a forma de calor latente de evaporação. Há ainda outros processos de perda de energia por parte do oceano, se bem que menos importantes no balanço geral, tais como o correspondente à emissão de radiação electromagnética de grande comprimento de onda (infravermelhos) pela superfície do oceano e à troca de calor com a atmosfera por condução e convecção turbulenta.

Analisemos agora algumas das formas em que o oceano desempenha papel relevante no funcionamento e nas flutuações do sistema climático terrestre.

### 2.1. O oceano como controlador da temperatura

A estrutura térmica vertical do oceano compreende três camadas principais: (i) uma camada superficial onde dominam os processos de interacção entre o oceano e a atmosfera e que, consequentemente, sofre variações sazonais; (ii) uma camada de forte gradiente vertical de temperatura — a termoclina permanente, a qual está geralmente associada a um gradiente vertical intenso da densidade (a pycnoclina) e que apresenta espessuras que podem atingir muitas centenas de metros nas regiões subtropicais onde o efeito de convergência do campo do vento à superfície gera movimentos verticais de subsidência no mar; (iii) uma camada profunda, que corresponde a cerca de 80% do volume total do oceano, que só é ventilada (isto é, substituída por água que esteve recentemente em contacto com a atmosfera) pelo afundamento de águas nas regiões sub-polares durante o Inverno.

O oceano constitui um agente controlador das flutuações da temperatura da atmosfera pela sua grande capacidade de armazenamento de energia térmica quando esta é fornecida em abundância (durante o Verão e durante o dia) e de libertação de energia em situações de redução (Inverno) ou mesmo supressão (noite) desse fornecimento. O facto de a superfície do oceano, excepto nas regiões cobertas de gelo, ter um fraco albedo (quociente entre a radiação solar retrodifundida e reflectida e a radiação incidente na superfície) implica que o oceano absorve grande parte da radiação solar que nele incide,

cabendo-lhe uma fracção superior a metade da radiação solar total que penetra no sistema climático oceano-atmosfera.

O armazenamento de energia pelo oceano não se confina à camada superficial mas transmite-se às camadas subjacentes por acção do vento e da turbulência por este gerada. Então, devido a esta difusão turbulenta e ao facto de o calor específico da água ser muito maior que o dos materiais que constituem os continentes, a temperatura no mar sobe muito menos do que, em igualdade de condições de aquecimento, subiria a do solo.

Ao mesmo tempo, o aquecimento dos oceanos provoca uma evaporação mais forte (*grosso modo*, a perda de energia por evaporação praticamente estabelece o equilíbrio com o ganho de energia por absorção de radiação solar) e esta tem efeitos importantes na atmosfera e no clima. O fluxo de água evaporada não só corresponde ao fluxo de calor mais importante que a atmosfera recebe por parte do oceano (através da libertação do calor latente quando o vapor condensa formando núvens, nevoeiro, etc.) como também contribui fortemente para o efeito de estufa na atmosfera.

Por outro lado, quando a superfície do oceano é arrefecida, geram-se nele movimentos verticais convectivos, provocados pelas instabilidades resultantes do aumento de densidade (devido ao arrefecimento) à superfície, o que leva ao envolvimento das camadas subjacentes nesse processo de arrefecimento. Como consequência destes movimentos convectivos e do facto de a água ter um calor específico muito elevado, o abaixamento da temperatura no mar é, em igualdade de condições de perda de calor, menor que o do solo, onde prevalecem processos de condução molecular, que apenas afectam os primeiros centímetros ou metros, e onde o calor específico dos materiais é muito menor que o da água.

Então, de um modo geral, podemos atribuir ao efeito da convecção nas camadas superiores do oceano e à grande capacidade calorífica da água a existência de menores amplitudes térmicas relativamente aos continentes, tanto à escala diária como anual, e de região para região. Estas diferenças de comportamento geram fortes gradientes térmicos entre as regiões continentais e as regiões oceânicas adjacentes, gradientes esses que, por sua vez, levam ao estabelecimento de circulações atmosféricas com escalas de tempo da ordem do dia (brisa marítima e brisa terrestre) ou do ano (monções).

### 2.2. O oceano como redistribuidor da energia térmica

Para além destes modos de interacção directa ou indirecta com o sub-sistema climático atmosfera, os oceanos têm um papel primordial na redistribuição da energia tér-

mica do sistema climático global, através da circulação oceânica e do correspondente transporte de calor das regiões equatoriais para as polares.

Os valores médios zonais (isto é, calculados ao longo de faixas compreendidas entre paralelos, em torno de todo o Globo) das diferentes formas de transferência de energia através da superfície do oceano variam em função da latitude, assim como o respectivo saldo resultante (Fig. 1). Nesta figura está bem patente que a região entre o Equador e as latitudes 30°N e 30°S recebe mais energia do que a que perde, enquanto as regiões de maiores latitudes perdem mais energia do que a que ganham; este desequilíbrio só pode ser compensado através de um transporte latitudinal de energia que é realizado pelas próprias correntes oceânicas. Já agora note-se que a região do Globo compreendida entre as latitudes de 30°N e 30°S tem uma área bastante superior à do resto do Globo...

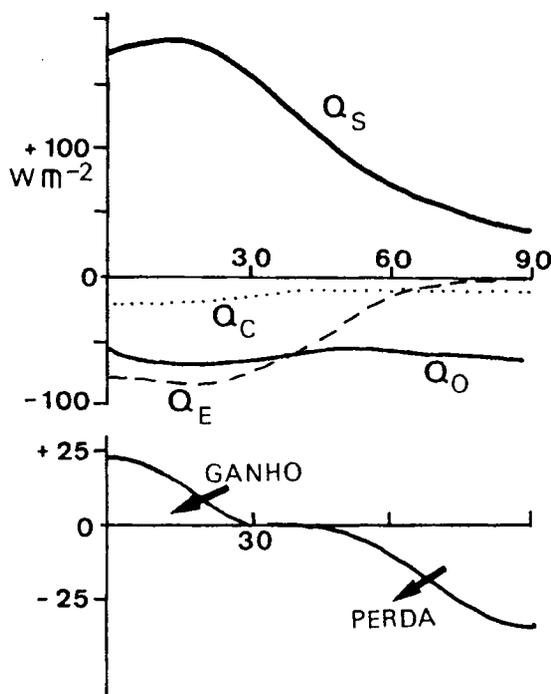


Fig. 1 — Variação meridional dos fluxos de energia (valor positivo: ganho de energia por parte do oceano) através da superfície do oceano ( $Q_S$  — ganho de energia solar;  $Q_E$  — perda por calor latente de evaporação;  $Q_O$  — perda de energia sob a forma de radiação no domínio dos infravermelhos;  $Q_C$  — condução e convecção) e da respectiva resultante (em baixo).

As correntes oceânicas são geradas, directa ou indirectamente, por processos de transferência de quantidade de movimento (circulação induzida pelo vento na camada superior do oceano), de calor e de água (circulação induzida pelas heterogeneidades laterais do campo da densi-

dade associadas aos gradientes de temperatura e de salinidade) entre a atmosfera e o oceano.

As correntes geradas pela acção do vento nas camadas superiores do oceano asseguram um transporte meridional de energia das regiões de *superavit* — regiões equatoriais e subtropicais — para as regiões de *deficit* correspondentes às latitudes mais elevadas (superiores a 30°N ou 30°S). Por exemplo, a Corrente do Golfo (no Atlântico) e a do Kuroshio (no Pacífico) desempenham um papel determinante neste transporte meridional de calor para as latitudes elevadas.

### 2.3. O oceano como sumidouro de gases antropogénicos

O oceano constitui um importante sumidouro dos gases antropogénicos libertados para a atmosfera e que são responsáveis pelo efeito de estufa, nomeadamente o anidrido carbónico,  $CO_2$ .

A intensidade do fluxo de  $CO_2$  para o interior do oceano depende da velocidade do vento à superfície (o qual induz turbulência e, portanto, acentua os processos de mistura na vertical), da diferença entre as pressões parciais de  $CO_2$  no ar e na água e da temperatura desta última (a pressão parcial de  $CO_2$  na água aumenta com a temperatura). A velocidade com que o  $CO_2$  antropogénico é transportado da superfície do oceano para as camadas profundas é determinada pela eficiência das trocas de água na vertical. A escala de tempo associada à "ventilação" (isto é, substituição por águas recém-afundadas provenientes da superfície do mar) das camadas profundas do oceano é da ordem de centenas a milhares de anos, e portanto, na maior parte das regiões oceânicas só a camada superior, da ordem de algumas centenas de metros, é que contém concentrações apreciáveis de gases antropogénicos. Existem algumas zonas de excepção a este caso, nomeadamente no Atlântico Norte subpolar (mar da Noruega, mar do Labrador) onde a formação de águas profundas (cujos níveis de estabilidade são superiores aos 1000 m de profundidade) é particularmente activa durante o Inverno.

A ventilação anual da camada superior do oceano controla a eficiência dos processos através dos quais o fitoplâncton oceânico transforma, por fotossíntese, o anidrido carbónico em matéria orgânica carbonatada, a qual irá ulteriormente converter-se, directamente ou em resultado dos processos que têm lugar na teia alimentar marítima, em detritos que se depositam no fundo oceânico. Este processo, semelhante a uma "bomba biológica", vem pois reforçar o papel do oceano como sumidouro de anidrido carbónico dentro do ciclo do carbono.

### 3. Um exemplo especial da interacção entre o oceano e a atmosfera global

A atmosfera das regiões tropicais é particularmente sensível à temperatura da superfície do mar e é justamente nessas regiões que tem lugar o fenómeno que mais espectacularmente ilustra os processos de interacção entre o oceano e a atmosfera global à escala interanual. Este fenómeno, que não é propriamente periódico pois ocorre a intervalos entre 3 e 10 anos, denomina-se "El Niño-Southern Oscillation (ENSO)" e tem duas componentes principais associadas, respectivamente, ao oceano (EN) e à atmosfera (SO).

A componente "El Niño" afecta principalmente a região equatorial do Pacífico e do Índico e está associada ao aparecimento de fortes anomalias térmicas positivas na parte oriental do Pacífico equatorial e ao afundamento da termoclina no Pacífico oriental; simultaneamente verifica-se a ocorrência de anomalias da precipitação no Pacífico tropical (por ex., secas na Austrália, cheias no Chile) e o abrandamento da intensidade dos ventos alíseos.

A componente "Southern Oscillation" corresponde a um padrão atmosférico que abrange a quase globalidade das regiões tropicais e que se manifesta em oscilações do gradiente zonal da pressão atmosférica entre dois centros de acção localizados, respectivamente, na região tropical do Pacífico oriental e na região tropical do Pacífico ocidental e Índico oriental. Esta componente tem, portanto, uma designação algo errónea pois não é "do Sul" mas sim "equatorial". Aquelas flutuações são muito coerentes entre si embora estejam desfasadas, para além de serem muito irregulares no tempo. Elas estão associadas a consideráveis flutuações nos padrões da precipitação e do campo do vento nas regiões tropicais do Pacífico e do Índico e estão correlacionadas com flutuações meteorológicas em praticamente todas as outras regiões do Globo.

Se bem que as duas componentes do ENSO fossem já conhecidas anteriormente, só em 1969 é que foi estabelecida uma relação entre elas. Isso foi conseguido por Bjerknes, a partir de observações efectuadas durante o Ano Geofísico Internacional (1957-1958), ocasião em que aconteceu serem as condições oceanográficas e meteorológicas no Pacífico equatorial fortemente anómalas e indicativas da ocorrência do fenómeno do El Niño. A explicação proposta por Bjerknes relaciona as variações interanuais da temperatura da superfície do mar no Pacífico tropical com as flutuações do vento à superfície associadas à "Southern Oscillation", as quais, por sua vez, são originadas por aquelas variações da temperatura. Trata-se de um exemplo típico de processos de interacção oceano-atmosfera a determinarem a variabilidade em ambos os geofluidos.

Em condições normais, i.e., quando não está a ocorrer o fenómeno do El Niño (nem o seu "oposto", para o

qual se utiliza vulgarmente o termo "La Niña"), há uma circulação atmosférica no plano vertical que passa pelo Equador em que ar seco desce sobre a água fria do Pacífico equatorial do lado oriental e circula sobre o mar para oeste ao longo do Equador, contribuindo para os ventos alíseos. Neste trajecto para oeste, o ar vai aquecendo sobre a água quente e tornando-se mais húmido até atingir o lado ocidental do Pacífico equatorial, onde vai subir e dar lugar a precipitação. O trajecto de retorno do ar para oriente faz-se a níveis da alta troposfera, completando-se assim uma célula de circulação zonal denominada "célula de Walker". O gradiente térmico zonal existente na superfície do mar entre a parte oriental (fria) e a ocidental (quente) do Pacífico equatorial constitui a acção forçadora desta circulação celular. Um aquecimento da região oriental vai ter como consequência um enfraquecimento desta célula e o desvio para leste da respectiva zona converectiva associada a fortes precipitações.

Para além desta circulação zonal na região do Equador (célula de Walker), a atmosfera também apresenta uma circulação meridional — célula de Hadley — cujo aspecto mais saliente é a Zona Intertropical de Convergência (ZITC) onde os ventos alíseos de NW e de SE convergem. Esta estrutura corresponde a uma banda zonal de subida de ar e consequente formação de nebulosidade e ocorrência de precipitação.

Uma das condições precursoras do fenómeno do ENSO é o deslocamento para sul da ZITC, o qual está associado com ventos mais fracos.

Em condições normais, os ventos alíseos (que têm pronunciadas componentes dirigidas para oeste) mantêm uma inclinação da superfície livre no Pacífico equatorial tal que o nível desta do lado oeste é superior em cerca de 40 cm ao do lado este. Esta acumulação de água quente do lado oeste do Pacífico corresponde a uma depressão da interface entre a camada superior do oceano e a camada subjacente, o que implica haver uma inclinação oposta e muito superior (mais de 300 vezes) à da superfície livre por parte da termoclina permanente (ver Fig. 2a). Ao largo da costa ocidental da América do Sul os ventos alíseos arrastam para o largo a água superficial originando a subida da água sub-superficial, mais fria — trata-se de uma situação típica de afloramento costeiro com o consequente arrefecimento da superfície do oceano.

Quando os ventos alíseos relaxam, por efeito do decréscimo do gradiente zonal de pressões através do Pacífico, as inclinações da superfície livre e da termoclina decrescem do lado ocidental (Fig. 2b), a água quente aí empilhada invade o lado ocidental dando-se uma consequente subida do nível do mar deste lado e um afundamento da termoclina; ao largo da costa da América do Sul a água que chega à superfície em resultado do afloramento costeiro passa a ser quente. Estas são as condições que caracterizam o fenómeno do El Niño. Durante

a ocorrência deste dá-se uma transferência de parte da energia térmica armazenada na região tropical do Pacífico ocidental para a atmosfera, o que implica um aumento da temperatura média global.

Em condições de ventos aliseos muito fortes (Fig. 2c), há uma amplificação das condições "normais", com uma maior subida do nível da água do lado ocidental do Pacífico e descida do lado oriental, enquanto a termoclina responde em sentido contrário. Estas condições correspondem ao anti-ENSO ou La Niña.

No que respeita ao Atlântico, embora seja muito menos extenso que o Pacífico, há indicação, através de modelos e de observações, do papel importante das flutuações da temperatura da superfície do mar na variabilidade climática. As conhecidas secas no Nordeste brasileiro têm lugar tipicamente quando as temperaturas da superfície do mar no Atlântico são anormalmente baixas a sul do Equador e altas a norte. Fenómenos do tipo do El Niño também parecem estar associados a precipitações excepcionalmente fortes no Sudoeste Africano, que normalmente é uma região árida.

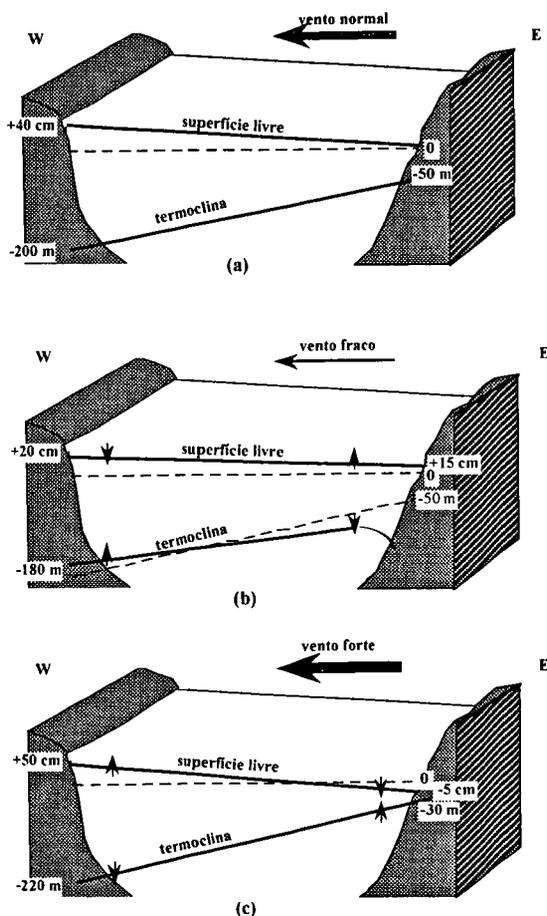


Fig. 2 — Estrutura zonal da superfície livre e da termoclina permanente ao longo do Pacífico equatorial, numa situação de ventos aliseos (a) normais; (b) fracos — condições de ENSO (El Niño); e (c) fortes — condições de anti-ENSO (La Niña) (adaptado de Wyrki, 1982)

O Quadro 1 esquematiza as diferenças essenciais entre situações de El Niño e de La Niña.

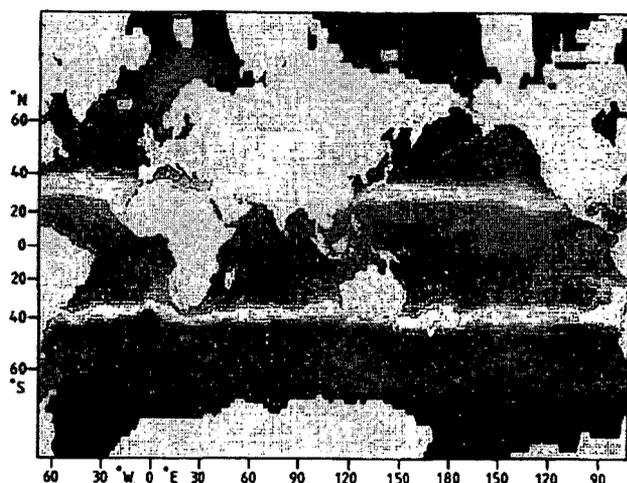
Situação	PACÍFICO OCIDENTAL e ÍNDICO			PACÍFICO CENTRAL e ORIENTAL			Ventos aliseos	Índice de SO p(OR.) p(OC.)
	temp. sup.	pressão sup.	convecção p(OC.)	temp. sup.	pressão sup.	convecção p(OR.)		
ENSO	↓	↑	↓	↑	↓	↑	fracos	< 0
Normal	alta	baixa	↑	baixa	alta	↓	normais	> 0
Anti-ENSO (La Niña)	↑	↓	↑↑	↓	↑	↓↓	fortes	>> 0

Quadro 1 — Algumas das principais manifestações de uma situação de ENSO e de anti-ENSO (La Niña) relativamente a uma situação considerada "normal". As setas indicam aumento (para cima) ou diminuição (para baixo) dos valores de várias grandezas comparadas com as observadas em condições normais. Temp. sup.: temperatura da água do mar à superfície; pressão sup.: pressão atmosférica à superfície; convecção: movimentos do ar, ascendentes ou descendentes; índice de SO: índice da "Southern Oscillation", representado pela diferença de pressão à superfície entre o lado oriental (p(OR.)) e o lado ocidental (p(OC.)) do Pacífico.

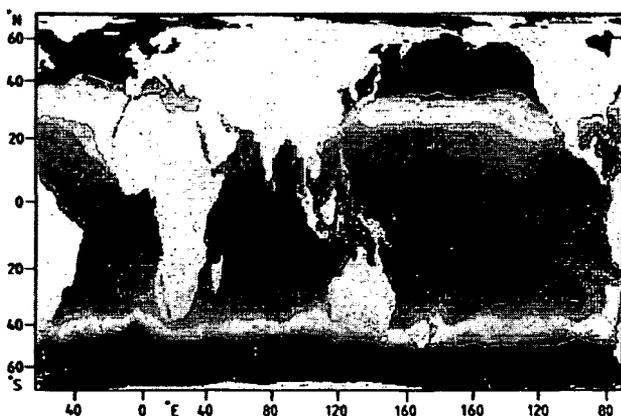
É importante notar que a utilização de cartas geográficas empregando uma projecção como a de Mercator dá uma visão muito distorcida das áreas sobre a superfície do Globo, o que, no caso da avaliação da importância relativa das regiões intertropicais no contexto do oceano global, leva a subestimar o papel tão relevante que elas desempenham. Tal distorção é fácil de verificar comparando, por exemplo, a distribuição da temperatura média da superfície do mar em Fevereiro com a projecção de Mercator (Fig. 3a) e com a projecção de Peters (Fig. 3b), na qual há fidelidade nas áreas representadas. Esta última mostra uma área correspondente às regiões tropicais e subtropicais muito mais extensa e uma muito maior área real da influência da "bolsa" quente na região oeste do Pacífico equatorial. Esta comparação adverte-nos relativamente às falsas conclusões a que pode levar o uso de uma projecção como a de Mercator em estudos à escala planetária, nomeadamente no que respeita à avaliação da influência que poderão ter no sistema global as anomalias associadas ao fenómeno do El Niño.

#### 4. Principais impactos das alterações climáticas nos oceanos e regiões costeiras

O impacto do aquecimento global previsível no mundo de amanhã tem múltiplos aspectos que frequentemente têm efeitos de realimentação difíceis de avaliar. É importante ter presente, por exemplo, que o fenómeno do ENSO, embora seja uma manifestação natural do sistema climático terrestre, poderá ser modificado, em termos da



(a)



(b)

Fig. 3 — Carta da distribuição da temperatura média da superfície do mar utilizando (a) a projecção de Mercator (onde as áreas não são conservadas) e (b) a projecção de Peters (onde há conservação das áreas).

sua intensidade e frequência de ocorrência, em resultado do aquecimento global.

No que respeita ao oceano, um dos impactos com maior importância para a humanidade é, sem dúvida, a subida do nível médio do mar. Para além deste impacto, podem-se apontar outros, talvez mais indirectos, como, por exemplo, alterações induzidas na circulação termohalina do oceano e o correspondente reflexo no clima.

#### 4.1. Impactos no nível médio do mar

Numa escala de tempo geológica (muitos milhões de anos), há numerosas provas (tais como recifes de coral, isótopos de oxigénio, etc.) de que existem relações de coerência entre as flutuações do clima (períodos glaciares e interglaciares) e as variações do nível médio do mar. Em escalas de tempo da ordem do século, na actuali-

dade, a avaliação da possível variação do nível do mar é essencialmente feita com base em dados de marégrafos. Mas nesta avaliação tem de se ter muita prudência e não esquecer o problema que advém da contaminação das observações devida a movimentos verticais (associados a efeitos isostáticos, a movimentos tectónicos, etc.) do próprio fundo ou parede onde se colocam aqueles instrumentos.

Com base em grande número de estimativas utilizando análises de dados de marégrafos, pode-se obter um valor entre 1 e 2 mm/ano para a subida média do nível do mar nos últimos 100 anos, subida que terá sido provavelmente devida a diversos factores climáticos. Destes factores, os mais efectivos são:

(i) A própria expansão térmica da água, que corresponde ao aumento de volume dos oceanos em resultado do respectivo aquecimento sem haver variação da massa e constitui o factor que mais contribui para a subida do nível do mar. Para avaliar este efeito basta notar que, por exemplo, à temperatura de 20°C, a subida de 1°C da temperatura da água leva a um aumento de volume de cerca de 0.3 partes por mil.

(ii) A fusão das calotes polares, nomeadamente as da Gronelândia e da Antártida que correspondem a cerca de 99% do gelo existente nos continentes do Globo inteiro. No caso destas grandes calotes de gelo, a contribuição que elas possam dar para a variação do nível do mar depende do equilíbrio entre a acumulação (causada pela precipitação de neve) e as perdas (associadas à fusão do gelo e descarga de água no estado líquido para o mar, ou à dinâmica do escoamento dos gelos nos glaciares e a subsequente formação de "icebergs"). Na Antártida, as baixas temperaturas e a consequente secura do ar levam a uma fraca acumulação e a uma descarga de água líquida desprezável, pelo que a contribuição de água para o oceano depende essencialmente da dinâmica dos glaciares e da taxa de formação de "icebergs". Como a escala de tempo destes processos é da ordem de  $10^4$  ou  $10^5$  anos, então à escala de algumas décadas ou séculos, o processo de acumulação será o mais relevante. No caso da Antártida, então, um aumento da temperatura global teria como consequência uma maior humidade do ar e, portanto, uma maior precipitação de neve e uma maior acumulação. Isto é, condições de aquecimento relativamente à situação actual levariam, no caso da Antártida, a uma diminuição do nível do mar. Já na Gronelândia, com um clima mais quente comparado com o da Antártida, um aquecimento global levaria a um aumento, tanto da precipitação como da acumulação, mas com a probabilidade desta última ser menos importante. Assim, um aquecimento do sistema global no estado presente levaria a uma contribuição da Gronelândia para um aumento do nível médio do mar.

(iii) A fusão dos glaciares de montanha. Se bem que representem menos de 1% dos gelos terrestres do Globo, numa escala entre a década e o século estes glaciares

(Alasca, Himalaia, Andes, Alpes, etc.) podem constituir a outra causa mais provável, a seguir à expansão térmica, da subida do nível do mar, pois são mais sensíveis às variações do clima do que as grandes calotes continentais polares. Algumas estimativas atribuem à fusão dos glaciares uma subida de cerca de 4 cm do nível médio do mar nos últimos 100 anos.

(iv) Outros factores, com efeito mais local, tais como a subsidência devida à remoção de terras ou à extracção intensiva de águas subterrâneas ou de hidrocarbonetos.

Como é óbvio, qualquer estimativa do efeito combinado de todos os factores apontados anteriormente numa variação futura do nível médio do mar está sujeita a um grande número de incertezas. As fontes principais destas incertezas têm a ver com o desconhecimento das taxas de emissão futura de gases com efeito de estufa, com os mecanismos de realimentação do sistema climático, e com a resposta dinâmica do oceano, das calotes polares, dos glaciares, etc., às variações climáticas. Na Fig. 4 estão traçadas as curvas correspondentes à previsão da subida do nível médio do mar para o período de 1990 a 2100, para 3 cenários diferentes de aumento da concentração dos gases com efeito de estufa, segundo um estudo recente (Warrick *et al*, 1993).

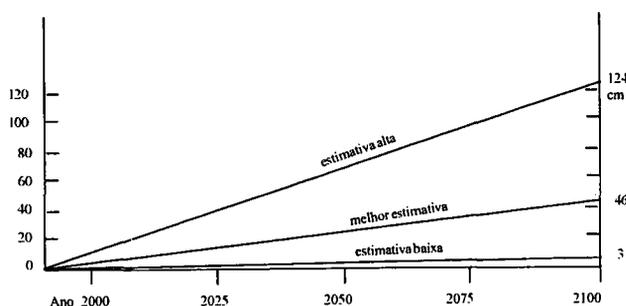


Fig. 4 — Previsão da subida (em cm) do nível médio do mar entre 1990 e 2100, obtida a partir da análise de Wigley e Raper (adaptado de Warrick *et al*, 1993).

Considerando um cenário futuro em que as condições actuais se mantivessem, nomeadamente no que respeita à emissão de gases activos no efeito de estufa, a estimativa da subida do nível médio do mar seria, segundo aquele estudo, de cerca de 15-20 cm até ao ano 2030. Dos vários factores que poderão contribuir para esta subida, o mais efectivo é o correspondente à expansão térmica dos oceanos (cerca de 50% da contribuição total), seguido do efeito da fusão dos glaciares e, por último, o efeito da fusão das calotes continentais polares.

À primeira vista, os valores das estimativas da subida do nível do mar não parecem muito elevados, mas note-se que são obtidos numa perspectiva de não crescimento das presentes taxas de emissão de gases (o que não é uma certeza) e, mesmo assim, afectariam uma grande

percentagem da população mundial, uma vez que cerca de metade dela habita em zonas costeiras das quais as de menor elevação são as que, geralmente, correspondem às zonas mais férteis e mais densamente povoadas do mundo. Um exemplo clássico é o das Ilhas Maldivas cujas maiores elevações não ultrapassam os dois metros de altitude e que, numa eventual subida significativa do nível médio do mar, tenderiam a desaparecer originando bancos submarinos.

#### 4.2. Impactos na circulação termohalina

Para além do efeito no nível médio do mar, as alterações climáticas, nomeadamente as variações na temperatura e na precipitação, terão influência na circulação das águas à superfície e na mistura entre estas e as águas profundas.

Vejam algumas possíveis implicações das alterações geradas por efeitos termohalinos (isto é, por heterogeneidades no campo da temperatura e da salinidade) no caso da circulação meridional de grande escala no Oceano Atlântico. Podemos esquematizar esta circulação considerando-a como uma célula meridional composta de um ramo superficial e de um ramo profundo (ilustrada na parte da Fig. 5 relativa ao Atlântico).

O ramo superficial corresponde a águas relativamente quentes que se dirigem para latitudes elevadas do Atlântico Norte provindas de latitudes elevadas do Hemisfério Sul. No seu movimento para norte, essas águas vão arrefecendo, tornando-se mais densas e, finalmente, vão-se afundar nas regiões de latitudes elevadas (Mar da Noruega, Mar do Labrador); a alta salinidade da água do Atlântico contribui de um modo decisivo para que a densidade superficial atinja aí valores suficientemente elevados para se dar este processo de subsidência (no caso do Pacífico, a salinidade superficial é muito menor do que no Atlântico e esse facto impede a formação de água profunda por este processo). À medida que a camada superior afunda, ela vai sendo substituída por água da termoclina provinda do sul, tal como uma correia de transmissão ("conveyor belt" — Fig. 5).

O ramo profundo desta circulação termohalina é constituído pela água que afundou e que vai seguir para sul, predominantemente ao longo da fronteira oeste do Atlântico. Este ramo, que segue em profundidade para o Atlântico Sul acaba por ser integrado na circulação da Corrente Circumpolar Antártica e transportada para os outros oceanos.

O escoamento de retorno na camada superior correspondente a esta circulação em cadeia deverá ser constituído por água relativamente fria e pouco salgada provinda do Pacífico e água quente e salgada originária do Índico (principalmente através dos vórtices que se destacam da Corrente das Agulhas e que se dirigem para a região subtropical do Atlântico Sul). A percentagem rela-

tiva destas águas com características tão diferentes poderá influenciar a eficiência da "correia de transmissão" do oceano mundial.

As alterações climáticas que afectem a salinidade superficial ou alterem as condições de arrefecimento da camada superior do oceano, por exemplo, poderão então alterar ou, até, fazer desaparecer esta circulação termohalina. Resultados recentes obtidos com modelos acoplados do oceano e da atmosfera indicam que uma alteração nesta "correia" daria origem a diferenças nos padrões da temperatura da superfície do oceano global, podendo, no caso do Atlântico Norte, estas diferenças atingir valores da ordem de vários graus Celsius; isto teria fortes repercussões não só no clima desta região em particular, como no clima à escala planetária.

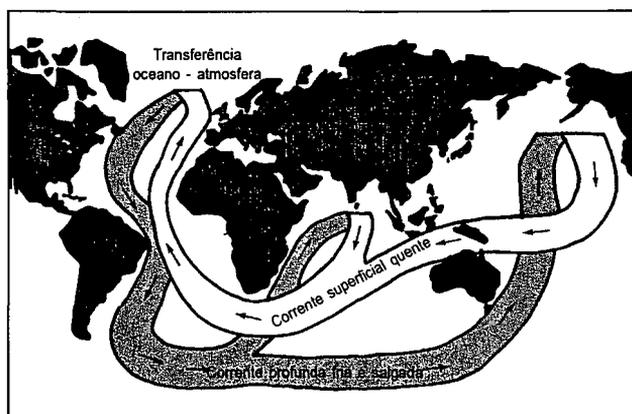


Fig. 5 — Diagrama esquemático da circulação termohalina sob a forma de uma "correia de transmissão" (adaptado de Broecker *et al.*, 1985).

## 5. Conclusões

O oceano influencia as variações climáticas em escalas temporais que vão desde a interanual à decadal e, até, a períodos mais longos. Os transportes de grande escala de calor e de água pelas correntes oceânicas afectam a intensidade e a distribuição regional da resposta do sistema oceano+atmosfera ao aquecimento global por efeito de estufa. A circulação e a estrutura térmica do oceano superior controlam a penetração de calor no interior do oceano assim como a eficiência do oceano como sumidouro de anidrido carbónico. Uma boa simulação do papel do oceano no sistema climático através de modelos terá de ser capaz de reproduzir todos estes processos e a respectiva variabilidade sazonal. O desenvolvimento de modelos capazes do ponto de vista da previsão das alterações climáticas tem passado por algumas dificuldades ligadas ao facto de que há uma grande variedade de processos interagindo a muitas escalas de tempo e de espaço; apenas as maiores escalas têm podido ser resol-

vidas até agora. Estão actualmente a ser desenvolvidos modelos de alta resolução que incluem o efeito dos vórtices oceânicos no sistema climático, mas as presentes capacidades computacionais ainda não permitem o completo aproveitamento desses modelos para fins de previsão de alterações climáticas.

Em anos recentes, tem-se vindo a compreender melhor os processos de interacção entre o oceano e a atmosfera, através da realização de programas de investigação à escala global, como o WOCE (World Ocean Circulation Experiment), o TOGA (Tropical Ocean and Global Atmosphere), o IGBP (International Geosphere Biosphere Programme), etc., e do desenvolvimento de modelos acoplados da circulação da atmosfera e dos oceanos; só assim se poderá caminhar para o desenvolvimento de capacidade preditiva dos modos de variação do sistema global oceano-atmosfera.

## Referências

- BROECKER, W. S., PETEET, D. M. e RIND, D. — *Does the Ocean-Atmosphere System Have More Than One Stable Mode of Operation?*, *Nature*, **315**, 21-26 (1985).
- FÍUZA, A. F. G. — *Oceanos e Clima*, pp. 107-147 em "De Planeta nas Mãos — No Pós ECO 92", Edições Colibri (1993).
- HARTMANN, D. L. — *Global Physical Climatology*, Academic Press, 408 pp. (1994).
- HOUGHTON, J.T., JENKINS, G. J. e EPHRAUMS, J. J. (eds.) — *Climate Change. The IPCC Scientific Assessment*, Cambridge University Press, 365 pp. (1990).
- KRAUSE, G. e TOMCZAK, M. — *Do Marine Scientists Have a Scientific View of the Earth?*, *Oceanography*, **8** (1), 11-16 (1995).
- PEIXOTO, J. P. e OORT, A. H. — *Physics of Climate*, American Institute of Physics, 520 pp. (1992).
- PHILANDER, S. G. — *El Niño, La Niña, and the Southern Oscillation*, Academic Press, 289 pp. (1990).
- WARRICK, R. A., BARROW, E. M. e WIGLEY, T. M. — *Climate and Sea Level Change: Observations, Projections and Implications*, Cambridge University Press, 424 pp. (1993).
- WYRTKI, K. — *The Southern Oscillation, Ocean Atmosphere Interaction, and El Niño*, Marine Technology Society, **16**, 3-10 (1982).

Isabel Luísa Soares de Albergaria Ambar é Professora Associada com Agregação do Departamento de Física da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. Doutorada em Oceanografia pela Universidade de Liverpool, Reino Unido, em 1977, é Directora do Instituto de Oceanografia (Unidade de I & D do sistema nacional). Dedicou-se a investigação no domínio da Oceanografia Física, sobre: circulação em estuários; circulação e massas de água na vertente continental portuguesa, nomeadamente no que diz respeito à Corrente de Água Mediterrânica. Responsável científica em vários projectos nacionais e internacionais.

# MATERIAIS QUASI-UNIDIMENSIONAIS E A CADEIA DE HUBBARD: UMA REVISÃO QUALITATIVA

NUNO M. R. PERES

Universidade de Évora, Departamento de Física  
Apartado 94, P-7001 Évora Codex, Portugal

Neste trabalho revêem-se algumas classes de materiais quasi-unidimensionais e suas propriedades electrónicas, à luz do modelo de Hubbard unidimensional. Argumenta-se que tal modelo, apesar da sua simplicidade, contém uma grande riqueza física e é apropriado para o entendimento, pelo menos qualitativo, das propriedades electrónicas dos materiais quasi-unidimensionais.

## I. Introdução

Neste trabalho revêem-se algumas classes de materiais quasi-unidimensionais e suas propriedades electrónicas, à luz do modelo de Hubbard<sup>1-3</sup> unidimensional. Este modelo (em qualquer dimensão) descreve electrões correlacionados numa rede. (Para o leitor interessado em aspectos técnicos, é dada uma exposição dos passos necessários à derivação do modelo de Hubbard no Apêndice.) De acordo com Lieb<sup>4</sup>:

"The Hubbard model is to the problem of electron correlations as the Ising model is to the problem of spin-spin interactions; it is the simplest possible model displaying many "real world" features."

O modelo depende do parâmetro  $t$ , o integral de transferência, o qual caracteriza a energia cinética dos electrões ao propagarem-se entre sítios adjacentes da rede, e do parâmetro  $U$ , o integral de Coulomb local, o qual caracteriza a energia de Coulomb quando dois electrões ocupam o mesmo ponto da rede (ver Fig. 1).

Não existem, na realidade, materiais estritamente unidimensionais. Contudo são muitos os materiais ditos quasi-unidimensionais. Do ponto de vista teórico, um material quasi-unidimensional — a respectiva definição pode ser bastante lata<sup>5</sup> — pode ser representado por um arranjo

tridimensional de cadeias unidimensionais, tal que os integrais de transferência são muito menores entre cadeias que ao longo destas<sup>6</sup>. A ligação com os materiais reais — para os quais  $t$  e  $U$  podem ser obtidos por medidas espectroscópicas no infravermelho<sup>7-9</sup> — é feita por intermédio de cálculos de química quântica<sup>10</sup>. Nestes cálculos os integrais de transferência e a energia de Coulomb local são calculados usando as funções de onda atómicas (moleculares) dos átomos (moléculas) do sólido em estudo.

Obviamente que aproximar o comportamento de materiais reais pelo comportamento de um modelo unidimensional simples não permite, em geral, mais do que uma descrição qualitativa das propriedades do sólido. Apesar disto, a descrição de sólidos quasi-unidimensionais com base apenas nos parâmetros  $t$  e  $U$  apresenta "muitos aspectos do mundo real"<sup>7,8</sup>. Por outro lado, efeitos devido à interacção electrão-fonão e a integrais de interacção mais gerais que o local, apenas para dar dois exemplos, são necessários para uma descrição mais quantitativa das propriedades dos materiais quasi-unidimensionais<sup>11-17</sup>.

Os materiais aos quais o modelo de Hubbard 1D (e suas generalizações) é aplicado possuem bandas de energia estreitas e, portanto, é natural que a aproximação de tight-binding para electrões

**Modelo de Hubbard**

**Sistemas  
Correlacionados**

**Materiais  
Quasi-  
-unidimensionais**

independentes possa ser aplicada<sup>18</sup>. Isto é, para além da energia de Coulomb local  $U$ , a modelação destes materiais apenas requer uma banda na aproximação de tight-binding.

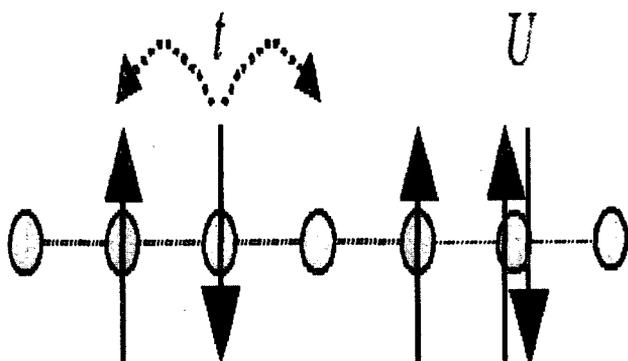


Fig. 1 — Apresentação pictórica do modelo de Hubbard numa rede unidimensional. Cada um dos pontos da rede representa uma orbital  $s$ , a qual pode acomodar dois electrões. Os electrões podem mover-se ao longo da cadeia, com uma amplitude de probabilidade  $t$ , dando origem a uma banda de energia da forma  $\varepsilon(q) = -2t \cos q$ , onde  $q$  é o momento dos electrões. Quando se encontram na mesma orbital os electrões interagem coulombianamente, com energia  $U$ . Esta energia de interacção dá origem a um problema de física de muitos corpos de grande complexidade.

## II. Materiais

Existem várias classes de materiais quasi-unidimensionais aos quais o modelo de Hubbard 1D pode ser aplicado, sendo o exemplo mais simples a molécula de benzeno ( $C_6H_6$ ). [Os seis átomos de carbono com as respectivas orbitais  $\pi$  podem ser considerados como uma rede (um anel) com seis sítios e seis electrões. Vários integrais de Coulomb foram calculados por Parr *et al.*<sup>10</sup> e apresentam os valores  $U = 16.93$  eV, para o integral de Coulomb local, e  $V = 9.027$  eV, para o integral de Coulomb de primeiros vizinhos (ver Apêndice).]

Em seguida apresentam-se, brevemente, algumas características dos materiais quasi-unidimensionais mais típicos.

### 1.) Materiais Inorgânicos

**1.a) Cianoplatinatos de Potássio:** o exemplo típico é o  $K_2Pt(CN)_4Br_{0.3} \cdot 3H_2O$ , o qual foi sintetizado ainda durante o século dezanove. As cadeias são formadas pela sobreposição das orbitais  $d$  dos átomos de Pt. O quociente entre a condutividade ao longo das cadeias ( $\sigma_{\parallel}$ ) sobre a condutividade na direcção perpendicular ( $\sigma_{\perp}$ ) é  $\sigma_{\parallel}/\sigma_{\perp} \sim 10^5$ , e a densidade electrónica  $n$  — o quociente entre o número de electrões  $N$  e o número de sítios da rede  $N_s$  — é  $0.85$ <sup>19</sup>. Os valores de  $\sigma_{\parallel}$  e de  $\sigma_{\perp}$  são uma medida da sobreposição das orbitais atómicas (ou moleculares) ao longo da e perpendicularmente à direcção da

cadeia, respectivamente<sup>20</sup>. Portanto,  $\sigma_{\parallel}/\sigma_{\perp}$  é uma medida relativa dos valores dos integrais de transferência (tipicamente  $t_{\parallel}/t_{\perp} \sim \sqrt{\sigma_{\parallel}/\sigma_{\perp}}$ ).

**1.b) Calcogenetos de Metais de Transição:**  $MX_3$  e  $(MX_4)_nY$ , onde se tem os metais  $M = Nb, Ta$ , os calcogénios  $X = S, Se$ , e os halogenetos  $Y = I, Br, Cl$ . As unidades básicas das cadeias são os prismas triangulares  $MX_3$  e  $MX_6$  sobrepostos uns em cima dos outros; nos compostos de fórmula química  $(MX_4)_2Y$  as unidades básicas são os octaedros de  $M_2X_4$ . Os exemplos típicos são  $NbSe_3$ ,  $TaS_3$ ,  $(TaSe_4)_2I$ , e  $(NbSe_4)_2I$ , com  $\sigma_{\parallel}/\sigma_{\perp} \sim (10 - 10^3)$  e  $n \sim 1/4$ <sup>19</sup>.

**1.c) Bronzes de Metais de Transição:**  $A_{0.3}MoO_3$ , com  $A = K, Rb, Tl$ . Estes materiais são designados por bronzes azuis em virtude dos reflexos azulados do seu brilho metálico. As cadeias são formadas por octaedros de  $MoO_6$  e, nestes materiais,  $\sigma_{\parallel}/\sigma_{\perp} \sim (10 - 10^3)$  e  $n \sim 3/4$ <sup>19</sup>.

**1.d) Compostos de Óxidos de Cobre:** exemplos típicos são os antiferromagnetes unidimensionais  $Sr_2CuO_3$  e  $SrCuO_2$ <sup>21</sup>. Estes materiais são bem caracterizados pelo modelo de Hubbard com  $U \gg t$  e  $n = 1$ . A interacção de troca  $J = 4t^2/U$  para estes dois compostos é  $J = (2200 \pm \pm 200)$  K e  $J = (2100 \pm 200)$  K, respectivamente. A interacção de troca entre as cadeias,  $J'$ , obedece ao quociente  $J/J' \sim 10^5$  para o  $Sr_2CuO_3$  e  $J/J' \sim (5 a 10)$  para o  $SrCuO_2$ . Intimamente relacionados com as cadeias de spin estão os compostos designados por escadas de spin. Estes últimos podem formar escadas de duas, três, ou mais cadeias ligadas entre si (estes materiais não são nem quasi-unidimensionais nem quasi-bidimensionais). Exemplos típicos são o  $SrCu_2O_3$  (um sistema em escada com duas cadeias de spin  $1/2$ ) e o  $Sr_2Cu_2O_5$  (um sistema em escada com três cadeias de spin  $1/2$ )<sup>22</sup>. Um resultado muito interessante é o facto das escadas de spin  $1/2$  com um número par de cadeias possuírem um hiato de energia no seu espectro de excitação, enquanto as escadas com um número ímpar de cadeias não apresentam o referido hiato. Mediante dopagem (isto é  $n = 1/2 - \delta$ , onde  $\delta$  é geralmente pequeno quando comparado com  $1/2$ ) estes materiais apresentam fases metálicas e superconductoras<sup>22,23</sup>.

### 2.) Materiais Orgânicos

**2.a) Polímeros:** o exemplo de referência é o poliacetileno. Consiste numa cadeia de monómeros de  $(CH)_x$  com ligações simples e duplas entre os átomos de carbono<sup>11,13,24</sup>. Os valores do integral de transferência e da interacção de Coulomb local são  $4t \sim 10$  eV e  $U \sim 6.5$  eV, respectivamente, e a densidade electrónica é  $n = 1$ <sup>11,13,24</sup>.

**2.b) Camadas de Moléculas Orgânicas:** estes materiais são constituídos por moléculas orgânicas empilhadas. Essas moléculas orgânicas possuem orbitais moleculares  $\pi$  perpendiculares ao plano da molécula. A sobreposição destes orbitais ao longo da direcção de empilhamento forma uma cadeia unidimensional. Um exemplo típico, com interesse histórico, é o material incomensurável (a densidade de electrões por átomo não é expressável em termos de um simples número racional) tetratiofulvaleno-tetracianoquinodimetano — TTF-TCNQ — com  $4t \sim 0.61$  eV,  $U \sim 1.1$  eV, e  $n \sim 0.55$ <sup>7,8</sup>. Outros exemplos são os sais de transferência de carga  $M_2X$ , com  $M = \text{TMTSF}, \text{TMTTF}$  (onde TMTSF significa tetrametil-tetrasetenofulvaleno e TMTTF significa tetrametil-tetratiofulvaleno) e  $X = \text{Br}, \text{PF}_6, \text{ClO}_4$ . Estes materiais correspondem a cadeias unidimensionais com uma densidade de vazios  $n = 1/4$ , e com  $t$  e  $U$  dados por  $t \sim 0.25$  eV e  $U \sim 1$  eV ( $t_b$  e  $t_c$ , os integrais de transferência intercadeias, são da ordem de 25 meV e 1 meV, respectivamente)<sup>25</sup>. Estes materiais também apresentam fases superconductoras<sup>26</sup>.

Há ainda outras realizações de materiais quasi-unidimensionais como as heteroestructuras (um exemplo é o material composto por AlGaAs-GaAs-AlGaAs) e os nanotubos (um exemplo é o  $B_{1-\delta}C_{2+\delta}N$ )<sup>27-29</sup>.

Muitos dos materiais atrás descritos não são metais a temperaturas próximas do zero absoluto. Normalmente eles exibem comportamento metálico a temperaturas moderadas mas sofrem uma transição de fase quando a temperatura baixa. Dependendo do material e dos valores dos parâmetros externos (como a quantidade de dopagem, campos externos, pressão e taxa de arrefecimento) eles podem apresentar, por exemplo, transições de fase do tipo estrutural, do tipo metal-isolador, do tipo onda de densidade de spin, ou do tipo superconductoras<sup>26,19,30-33</sup>.

Quando, usando o modelo de Hubbard (ou outro qualquer), se fazem cálculos a temperatura zero não é de esperar mais do que uma concordância qualitativa na comparação desses resultados com as medidas feitas a temperatura finita. Contudo os cálculos de algumas propriedades a  $T = 0$ , como por exemplo a condutividade óptica, têm sido usados com algum sucesso na interpretação dessas propriedades medidas a temperaturas finitas em alguns materiais quasi-unidimensionais<sup>7,8,17</sup>. Por outro lado, devido ao seu carácter quasi-unidimensional, estes materiais só são bem descritos por modelos unidimensionais a temperaturas acima das quais  $t_{\perp} \ll k_B T$  (onde  $k_B$  representa a constante de Boltzmann). A baixas temperaturas efeitos de coerência na direcção perpendicular às cadeias começam a desempenhar um papel importante e o material passa a ter um comportamento tridimensional, embora fortemente dependente da anisotropia. Estes efeitos conduzem, em geral, o material para uma transição de fase, com as indicadas acima.

### III. Resultados Teóricos

Sendo o modelo de Hubbard o mais simples para descrever electrões correlacionados numa rede, o seu estudo teórico é de interesse fundamental<sup>4</sup>. Nesta secção são revistos alguns dos resultados teóricos obtidos no estudo da cadeia de Hubbard.

O modelo de Hubbard 1D é exactamente solúvel pela técnica do Bethe ansatz, primeiramente introduzida por Hans Bethe<sup>34</sup> na solução da cadeia de Heisenberg isotrópica de spin 1/2. O modelo apresenta excitações de carga e de spin (<sup>1</sup>) — usualmente designadas por holões e spinões — as quais estão desacopladas. Esta propriedade é considerada como uma característica dos modelos electrónicos correlacionados unidimensionais. O relato da observação de holões e spinões no material 1D SrCuO<sub>2</sub> foi recentemente publicado por Kim *et al.* (contudo este tipo de excitações não foi observado no cuprato bidimensional Sr<sub>2</sub>CuO<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>, cuja composição e estrutura químicas são muito semelhantes às do SrCuO<sub>2</sub>). Mais ainda, estes autores verificaram que a cadeia de Hubbard no limite em que  $U \gg 4t$  (os parâmetros usados foram  $t = 0.60$  eV e  $U = 7.2$  eV) concorda “maravilhosamente” com os dados experimentais.

Usando o mesmo método que Yang para o modelo unidimensional de multi-componentes no contínuo<sup>36</sup>, Lieb e Wu<sup>37</sup> calcularam a energia do estado fundamental, para o caso de banda meia cheia ( $n = 1$ ) e magnetização nula ( $m = 0$ ). Calcularam, também, que o espectro de excitações de carga possui um hiato de energia — o hiato de Mott-Hubbard  $\Delta_{MH}$  — para a densidade  $n = 1$ , independentemente do valor da interacção  $U$  (exceptuando o caso não correlacionado). Isto significa que o modelo de Hubbard é um isolador a temperatura nula e para uma densidade de electrões de banda meia cheia. Esta propriedade é importante e é típica de sistemas electrónicos com interacções de curto alcance, contrariando considerações elementares de física do estado sólido com base nas quais seria de esperar que o sistema se comportasse como um metal para esta densidade ( $n = 1$ ). Nos compostos orgânicos HMTSF-TCNQF<sub>4</sub>, HMTTF-TCNQF<sub>4</sub> e

(<sup>1</sup>) Nos sistemas electrónicos interactivos unidimensionais o conceito de quasipartícula — electrão renormalizado — não é apropriado para descrever as excitações elementares destes sistemas. O tratamento teórico de tais sistemas mostra que o electrão se *fracciona* em duas novas partículas, as quais só têm existência dentro do sistema de muitos corpos. Uma dessas novas partículas transporta apenas a carga do electrão e a outra apenas o spin. Estas duas partículas representam a existência, no sistema, de dois tipos de excitação colectivas — ondas de densidade de carga e de spin — as quais se propagam com velocidades diferentes, justificando a designação de separação de carga e spin. (Sobre este assunto ver o artigo: Philip W. Anderson, *Physics Today*, Outubro, pp. 43-47, 1997.)

DBTSF-TCNQF<sub>4</sub><sup>8,38</sup> (todos estes materiais têm  $n = 1$ , e HMTSF, HMTTF e TCNQF<sub>4</sub> significa hexametileno-tetra-selenofulvaleno, hexametileno-tetratiofulvaleno e tetra-fluoro-tetraciano-*p*-quinodimetano, respectivamente) foi encontrada evidência experimental para a existência do hiato de Mott-Hubbard.

Para densidades menores que banda meia cheia, trabalho numérico efectuado por Shiba<sup>39</sup> permitiu determinar a energia do estado fundamental bem como a susceptibilidade magnética. No limite em que  $U \gg 4t$ , foi também possível determinar analiticamente a energia do estado fundamental para densidades electrónicas  $n \leq 1$ <sup>40</sup>. A termodinâmica do modelo de Hubbard foi descrita por Minorou Takahashi<sup>41</sup>, que para o efeito obteve a solução analítica completa da equações de Lieb e Wu<sup>37</sup>.

O espectro e o momento das excitações de baixa energia foram determinados por Ovchinnikov<sup>42</sup> para o caso de banda meia cheia e por Corneliuss Coll para um preenchimento de banda arbitrário<sup>43</sup>. Ovchinnikov<sup>42</sup> sublinhou, ainda, que para  $U \gg 4t$  o espectro de excitações de spin é o mesmo que para a cadeia antiferromagnética de Heisenberg<sup>44</sup>. Esta propriedade é uma manifestação da factorização da função de onda de Bethe num determinante de Slater de fermiões sem spin e na função de onda da cadeia antiferromagnética de Heisenberg<sup>34</sup>, como foi mais tarde analisado em mais detalhe por Ogata e Shiba<sup>45</sup>. No caso em que é considerada a solução geral obtida por Takahashi, a função de onda do modelo de Hubbard, no limite  $U \rightarrow \infty$ , possui não uma dupla mas sim uma tripla factorização, a qual foi estudada em detalhe muito recentemente<sup>46</sup>.

Na presença de um termo de Zeeman as excitações de carga e de spin transformam-se em outras mais complexas designadas  $c$  e  $s$ , tendo o seu espectro e momento, bem como a termodinâmica de baixa temperatura e as propriedades estáticas sido calculadas analiticamente<sup>47-49</sup> para as densidades electrónicas e de magnetização  $n \leq 1$  e  $m \leq n$ , respectivamente. As entidades quânticas associadas a estas excitações designam-se por pseudopartículas. O estudo das excitações de carácter *topológico* num sistema finito foi realizado por Carmelo e Peres<sup>50,51</sup>. Para o caso em que  $U \rightarrow \infty$ , o estudo deste último tipo de excitações foi feito por Dias e Lopes dos Santos<sup>52</sup>.

Para além dos modos de excitação de baixa energia  $c$  e  $s$ , o modelo de Hubbard unidimensional também possui excitações de carga ( $c, \gamma$ ) e de spin ( $s, \gamma$ ) de energia finita, as quais foram consideradas primeiramente por Woyrnarovich<sup>53,54</sup>. Estas excitações de carga e de spin podem ser consideradas como estados ligados pseudo-partículas  $c$  e  $s$ . Os operadores geradores destas excitações e os respectivos espectros e momentos de excitação foram calculados por Carmelo e Peres<sup>55</sup>.

Devido à sua forma complexa, a função de onda que resulta do Bethe ansatz não é conveniente para o cálculo de funções de correlação. Estas últimas quantidades podem ser obtidas combinando os resultados da diagonalização pelo Bethe ansatz com técnicas de teoria conforme<sup>56,57</sup>. Estes cálculos requerem uma representação simples dos estados próprios do modelo. Em particular, a possibilidade de encontrar um conjunto de operadores que diagonalizem o Hamiltoniano é um passo importante nessa direcção. Um exemplo desta ideia bastante geral é a técnica da bosonização<sup>58,59</sup>, onde os Hamiltonianos do tipo *g-ology*<sup>60</sup> podem ser diagonalizados por operadores bosónicos. As funções de correlação de baixa energia podem, então, ser calculadas expressando os operadores de campo originais assim como os estados próprios do modelos à custa dos referidos operadores bosónicos.

Um problema central no modelo de Hubbard é o cálculo da suas propriedades de transporte. Isto significa a determinação quer das correntes de carga e de spin quer das respectivas condutividades ópticas<sup>61-64</sup>. As propriedades de baixa frequência foram estudadas por Schulz<sup>59</sup> usando bosonização e também por Carmelo *et al.* usando a representação de pseudopartículas<sup>65,66</sup>. Contudo as propriedades de transporte a frequências finitas requer a introdução de uma representação operacional de todos os estados próprios do Hamiltoniano.

Usando resultados derivados para o sub-espaco de Hilbert de baixa energia<sup>67,68</sup>, Carmelo e Peres<sup>55</sup> conseguiram escrever o Hamiltoniano, o operador momento e os geradores de todos os  $4^{N_s}$  estados próprios do modelo de Hubbard usando operadores em segunda quantização. Estes operadores são representados por  $a_{q,u,\beta}^\dagger$  e por  $b_{q,u,\gamma}^\dagger$ , e são designados operadores de pseudovazio e de pseudo-partícula pesada, respectivamente. Usando este conjunto de operadores os estados próprios da cadeia de Hubbard adquirem a forma de um determinante de Slater. Após diagonalizado o Hamiltoniano tem forma de uma soma infinita de termos, os quais envolvem apenas colisões de momento de troca nulo entre as pseudopartículas, independentemente da escala de energia.

Esta representação operacional permitiu a determinação das correntes de carga e de spin e das respectivas massas de transporte<sup>69,70</sup>. Além disso, combinando esta representação operacional com técnicas de teoria conforme<sup>71</sup>, foi possível obter informação sobre a absorpção de luz em torno de certas frequências finitas  $\omega_0$ <sup>72</sup>.

## AGRADECIMENTOS

O autor agradece a João Lopes dos Santos, José Carmelo, Luís Miguel Martelo, Miguel Araújo, Pedro Sacramento e Ricardo Dias as inúmeras discussões sobre o tema. Este trabalho foi financiado por PRAXIS/2/2.1/FIS/302/94.

## APÊNDICE: O MODELO DE HUBBARD

O estudo teórico das correlações electrónicas nos sólidos requer a introdução de um Hamiltoniano apropriado que, de algum modo, inclua a interacção de Coulomb entre os electrões relevantes (os que pertencem às camadas mais exteriores). Se se está interessado em estudar quer a termodinâmica quer as propriedades de transporte é necessário incluir os necessários campos externos no Hamiltoniano. A resposta a um campo eléctrico requer a introdução do potencial vector. Em primeira quantização, o Hamiltoniano pode ser escrito como

$$\hat{H} = \sum_i \left[ \frac{\hbar^2}{2m} (-i\vec{\nabla}_i - \frac{e\vec{A}_i}{\hbar c})^2 + V(\vec{r}_i) \right] + \frac{1}{2} \sum_{i,j} \frac{e^2}{|\vec{r}_i - \vec{r}_j|}, \quad (1)$$

onde  $m$  é a massa do electrão,  $e$  é a carga do electrão ( $e < 0$ ), e  $V(\vec{r})$  é o potencial da rede (considerado estático), e o qual tem a simetria apropriada (os efeitos devido à desordem não são considerados). O estudo do Hamiltoniano (1) é feito mais convenientemente em segunda quantização. Para isso escrevem-se os campos electrónicos  $\Psi_{\sigma,l}^{\dagger}(\vec{r})$  ( $\sigma$  e  $l$  são os índices de spin e de banda, respectivamente) em termos das funções de Wannier, as quais preservam a simetria da rede (em muitos cálculos práticos são usados orbitais atômicos). Estes campos estão localizados no sítio da rede  $\vec{R}_i$  e são da forma

$$\Psi_{\sigma,l}^{\dagger}(\vec{r}) = \sum_i \phi(\vec{r} - \vec{R}_i) e^{-i\frac{e}{\hbar c} \int_{\vec{R}_i}^{\vec{r}} \vec{A}(\vec{x}) \cdot d\vec{x}} c_{i,\sigma,l}^{\dagger},$$

onde  $c_{i,\sigma,l}^{\dagger}$  cria um electrão de spin  $\sigma$  na banda  $l$  e no sítio da rede  $\vec{R}_i$ . Os operadores  $c_{i,\sigma,l}^{\dagger}$  e  $c_{i,\sigma,l}$  obedecem às relações de anticomutação usuais e o termo exponencial na definição do campo é necessário para manter a invariância de gauge. Como primeira aproximação podemos considerar apenas uma banda, ignorando assim toda a estrutura de bandas do sólido. Assim o índice de banda é omitido no que se segue. Na representação de Wannier o Hamiltoniano (1) é dado por

$$\hat{H} = - \sum_{i,j,\sigma} t_{i,j} e^{-i\frac{e}{\hbar c} \vec{A} \cdot (\vec{R}_i - \vec{R}_j)} c_{i,\sigma}^{\dagger} c_{j,\sigma} + \sum_{i,j,l,m,\sigma,\sigma'} U_{i,j,l,m} c_{i,\sigma}^{\dagger} c_{j,\sigma'}^{\dagger} c_{i,\sigma'} c_{m,\sigma}, \quad (2)$$

onde o integral de transferência  $t_{i,j}$  e o integral Coulomb  $U_{i,j,l,m}$  são dados, respectivamente, por

$$t_{i,j} = - \int d\vec{r} \phi^*(\vec{r} - \vec{R}_i) \left[ \frac{-\hbar^2}{2m} \vec{\nabla}^2 + V(\vec{r}) \right] \phi(\vec{r} - \vec{R}_j), \quad (3)$$

e

$$U_{i,j,l,m} = \iint d\vec{r} d\vec{r}' \phi^*(\vec{r} - \vec{R}_i) \phi^*(\vec{r}' - \vec{R}_j) \frac{e^2}{|\vec{r} - \vec{r}'|} \phi(\vec{r}' - \vec{R}_l) \phi(\vec{r} - \vec{R}_m). \quad (4)$$

O integral de transferência (3) dá a amplitude de probabilidade de um electrão saltar de uma orbital atômica centrada no sítio da rede  $\vec{R}_i$  para a orbital atômica centrada no sítio da rede  $\vec{R}_j$ . O integral de Coulomb contabiliza a interacção Coulombiana entre os electrões situados em diferentes orbitais. Hubbard estimou<sup>1</sup> que a contribuição mais importante para o integral de Coulomb é devida ao termo no qual os dois electrões se encontram na mesma orbital atômica, isto é  $U_{i,i,i,i} = U$  (a ordem de grandeza de  $U$  é de cerca de 10-20 eV, não contabilizando efeitos de blindagem). A segunda contribuição para a energia de interacção,  $U_{i,j,i,j}$ , vem da interacção de dois electrões localizados em dois sítios primeiros vizinhos na rede (a ordem de grandeza é de cerca de 2 a 3 eV). Se os electrões pertencem a bandas energeticamente estreitas, a contribuição mais importante para a energia cinética vem do integral de transferência entre sítios primeiros vizinhos na rede; esta é a análise usual de *tight-binding*. Em vista disto, o Hamiltoniano mais simples em que se pode pensar para descrever electrões correlacionados numa rede é o modelo de Hubbard. Este consiste em considerar apenas o integral de transferência  $t$  entre sítios primeiros vizinhos na rede e a interacção local de Coulomb  $U$ . Assim o Hamiltoniano de Hubbard escreve-se como<sup>1-3</sup>

$$\hat{H} = -t \sum_{\langle i,j \rangle, \sigma} e^{-i\frac{e}{\hbar c} \vec{A} \cdot (\vec{R}_i - \vec{R}_j)} c_{i,\sigma}^{\dagger} c_{j,\sigma} + U \sum_i \hat{n}_{i,\uparrow} \hat{n}_{i,\downarrow}, \quad (5)$$

onde  $\langle i,j \rangle$  significa que a soma em  $i$  e  $j$  está restringida apenas a sítios primeiros vizinhos,  $N_s$  é o número de sítios da rede, e  $\hat{n}_{i,\sigma} = c_{i,\sigma}^{\dagger} c_{i,\sigma}$  é o operador número no sítio da rede  $i$  para os electrões  $\sigma$ . Para o índice de spin,  $\sigma$ , temos  $\sigma = \uparrow, \downarrow$  quando usado como índice apenas e  $\sigma = \pm 1$  nos restantes casos. Este Hamiltoniano contém apenas dois parâmetros,  $t$  e  $U$ , e portanto a única escala de energia é  $U/t$ . Este quociente está presente em todas as grandezas físicas calculadas com o presente modelo.

## Bibliografia

- 1 J. Hubbard, *Electron Correlations in Narrow Energy Bands*, Proc. R. Soc. London A **276**, 238 (1963).
- 2 M. C. Gutzwiller, *Effect of Correlations on the Ferromagnetism of Transition Metals*, Phys. Rev. Lett. **10**, 159 (1963).
- 3 J. Kanamori, *Electron Correlations and Ferromagnetism of Transition Metals*, Prog. Theor. Phys. **30**, 273 (1963).
- 4 E. Lieb in *The Hubbard Model: its Physics and Mathematical Physics*, ed. D. Baeriswyl, D. K. Campbell, J. M. P. Carmelo, F. Guinea, and E. Louis, (Plenum/Ney-York, 1995).
- 5 W. Little in *Organic Conductors: fundamentals and applications*, ed. J.-P. Farges, (Marcel Dekker, New-York, 1994).
- 6 For a review see, for exemple, C. Bourbonnais in "Les Houches", *Ecole d'Eté de Physique Théorique, Highly Correlated Fermion Systems and High- $T_c$  Superconductors*, ed. B. Douçot and R. Rammal, (Elsevier, 1991).
- 7 C. S. Jacobsen, *Trends in the Infrared and Near Infrared Properties of Organic Conductors*, J. Phys. C **19**, 5643 (1986).
- 8 C. S. Jacobsen, *Organic Conductors Studied by Infrared Spectroscopy*, (The Technical University of Denmark, København, 1986).

- <sup>9</sup> F. Mila, *Deducing Correlation Parameters from Optical Conductivity in the Bechgaard Salts*, Phys. Rev. B **52**, 4788 (1995).
- <sup>10</sup> R. G. Parr, D. P. Craig, and I.G. Ross, *Molecular Orbital Calculations of the Lower Excited Levels of Benzene, Configuration Interaction Included*, J. Chem. Phys. **18**, 1561 (1950).
- <sup>11</sup> W. P. Su, J. R. Schrieffer, and A. J. Heeger, *Soliton Excitations in Polyacetylene*, Phys. Rev. B **22**, 2099 (1980).
- <sup>12</sup> S. Mazumdar and A. N. Bloch, *Systematic Trends in Short-Range Coulomb Effects among Nearly One-Dimensional Organic Conductors*, Phys. Rev. Lett. **50**, 207 (1983).
- <sup>13</sup> D. Baeriswyl in *Theoretical Aspects of Band Structures and Electronic Properties of Pseudo-one-Dimensional Solids*, ed. H. Kanimura, (Reidel, 1985).
- <sup>14</sup> D. K. Campbell, J. T. Gammel, and E. Y. Loh, Jr., *Modeling Electron-Electron interactions in Reduced-Dimensional Materials: Bond-Charge Coulomb Repulsion and Dimerization in Peierls-Hubbard Models*, Phys. Rev. B **42**, 475 (1990).
- <sup>15</sup> D. Pedron, R. Bozio, M. Meneghetti, and C. Pecile, *Electronic Interactions in the Organic Conductors (TMTSF)<sub>2</sub>X (X = ClO<sub>4</sub> and PF<sub>6</sub>) and (TMTTF)<sub>2</sub>X (X = Br and PF<sub>6</sub>) from their Infrared Spectra*, Phys. Rev. B **49**, 10893 (1994).
- <sup>16</sup> K. Penc and F. Mila, *Charge Gap in the One-Dimensional Dimerized Hubbard Model at Quarter-Filling*, Phys. Rev. B **50**, 1994.
- <sup>17</sup> J. Favand and F. Mila, *Theory of the Optical Conductivity of (TMTSF)<sub>2</sub>PF<sub>6</sub> in the midinfrared range*, Phys. Rev. B **54**, 10425 (1996).
- <sup>18</sup> N. W. Ashcroft and N. D. Mermin, *Solid State Physics*, (Saunders, New-York, 1974).
- <sup>19</sup> G. Grüner, *Density Waves in Solids*, (Addison-Wesley, New-York, 1994).
- <sup>20</sup> Frederick Wooten, *Optical Properties of Solids*, (Academic Press, New York, 1972).
- <sup>21</sup> N. Motoyama, H. Eisaki, and S. Uchida, *Magnetic Susceptibility of Ideal Spin 1/2 Heisenberg Antiferromagnetic Chains Systems, Sr<sub>2</sub>CuO<sub>3</sub> and SrCuO<sub>2</sub>*, Phys. Rev. Lett. **76**, 3212 (1996).
- <sup>22</sup> For a review see, for example, E. Dagotto and T. M. Rice, *Surprises on the Way from One- to Two-Dimensional Quantum Magnets: The Ladder Materials*, Science **271**, 618 (1996).
- <sup>23</sup> S. Maekawa, *Superconductivity in Spin Ladders*, Science **273**, 1515 (1996).
- <sup>24</sup> D. Baeriswyl, D. K. Campbell and S. Mazumdar, *Correlations and Defect Energies*, Phys. Rev. Lett. **56**, 1509 (1986).
- <sup>25</sup> A. Schwartz, M. Dressel, G. Grüner, V. Vescoli, L. Degiorgi, T. Giamarchi, *On-chain electrostatics of metallic (TMTSF)<sub>2</sub>X salts: Observation of Tomonaga-Luttinger liquid response*, preprint, cond-mat/9801198.
- <sup>26</sup> For a review see, for example, D. Jerome and H. J. Schulz, *Organic Conductors and Superconductors*, Adv. Phys. **31**, 299 (1982).
- <sup>27</sup> L. L. Chang and L. Esaki, *Semiconductors Quantum Heterostructures*, Physics Today, 36 (October, 1992).
- <sup>28</sup> D. S. Schemla, *Optics of Nanostructures*, Physics Today, 22 (June, 1993).
- <sup>29</sup> A. Rubio, *Nanocomposite tubules: a new class of materials from theory*, preprint (1997).
- <sup>30</sup> F. J. Salvo, Jr. and T. M. Rice *Charge-Density Waves in transition-Metal Compounds*, Physics Today, 32 (April, 1979).
- <sup>31</sup> E. M. Conwell, *The Differences Between One-Dimensional and Three-Dimensional Semiconductors*, Physics Today, 46 (June, 1985).
- <sup>32</sup> P. M. Chaikin and R. L. Greene, *Superconductivity and Magnetism in Organic Metals*, Physics Today, 24 (May, 1986).
- <sup>33</sup> E. Abrahams and G. Kotliar, *The Metal-Insulator Transition in Correlated Disordered Systems*, Science **274**, 1853 (1996).
- <sup>34</sup> H. A. Bethe, *Theorie der Metalle. Erster Teil. Eigenwerte und Eigenfunktionen der Linearen Atomischen Kette*, Z. Phys. **71**, 205 (1931).
- <sup>35</sup> C. Kim, A. Y. Matsuura, Z.-X. Shen, N. Motoyama, H. Eisaki, S. U. Uchida, T. Tohyama, and Maekawa, *Observation of Spin-Charge Separation in One-Dimensional SrCuO<sub>2</sub>*, Phys. Rev. Lett. **77**, 4054 (1996).
- <sup>36</sup> C. N. Yang, *Some Exact Results for the Many-Body Problem in One Dimension with Repulsive Delta-Function Interaction*, Phys. Rev. Lett. **19**, 1312 (1967).
- <sup>37</sup> Elliott H. Lieb and F. Y. Wu, *Absence of Mott Transition in an Exact Solution of a the Short-Range, One-Band Model in One Dimension*, Phys. Rev. Lett. **20**, 1445 (1968).
- <sup>38</sup> J. B. Torrance, J. J. Mayerle, K. Bechgaard, B. D. Silverman, and Y. Tomkiewicz, *Comparison of two Isostructural Organic Compounds, one Metallic and the other insulating*, Phys. Rev. B **22**, 4960 (1980).
- <sup>39</sup> H. Shiba, *Magnetic Susceptibility at Zero Temperature for the one-Dimensional Hubbard Model*, Phys. Rev. B **6**, 930 (1972).
- <sup>40</sup> J. Carmelo and D. Baeriswyl, *Solution of the one-Dimensional Hubbard Model for arbitrary electron density and large U*, Phys. Rev. B **37**, 7541 (1988).
- <sup>41</sup> M. Takahashi, *One-Dimensional Hubbard Model at Finite Temperature*, Prog. Theor. Phys. **47**, 69 (1972).
- <sup>42</sup> A. A. Ovchinnikov, *Excitation Spectrum in the One-Dimensional Hubbard Model*, Sov. Phys. JETP **30**, 1160 (1970).
- <sup>43</sup> C. F. Coll, *Excitation Spectrum of the One-Dimensional Hubbard Model*, Phys. Rev. B **9**, 2150 (1974).
- <sup>44</sup> L. D. Faddeev and L. A. Takhtajan, *What is the Spin of Spin-Wave?*, Phys. Lett. **85A**, 375 (1981).
- <sup>45</sup> M. Ogata and H. Shiba, *Bethe-ansatz Wave Function Momentum Distribution, and Spin Correlation in the One-Dimensional Strongly Correlated Hubbard Model*, Phys. Rev. B **41**, 2326 (1990).
- <sup>46</sup> R. G. Dias and J. M. Lopes dos Santos, *Triple factorization of the eigenstates of the U/t → ∞ Hubbard chain*, preprint (1998).
- <sup>47</sup> J. Carmelo and A. A. Ovchinnikov, *Generalization of the Landau Liquid Concept: Example of the Luttinger Liquids*, J. Phys.: Condens. Matter **3**, 757 (1991).
- <sup>48</sup> J. Carmelo, P. Horsch, P.-A. Bares, and A. A. Ovchinnikov, *Renormalized Pseudoparticle Description of the One-Dimensional Hubbard-Model Thermodynamics*, Phys. Rev. B **44**, 9967 (1991).
- <sup>49</sup> J. M. P. Carmelo, P. Horsch, and A. A. Ovchinnikov, *Static Properties of One-Dimensional Generalized Landau Liquids*, Phys. Rev. B **45**, 7899 (1992).
- <sup>50</sup> J. M. P. Carmelo and N. M. R. Peres, *Ground States of Integrable Quantum Liquids*, Phys. Rev. B **51**, 7481 (1995).
- <sup>51</sup> J. M. P. Carmelo and N. M. R. Peres, *Topological Ground-States Excitations and Symmetry in the Many-Electron One-Dimensional Problem*, Nucl. Phys. B **458**, 579 (1996).
- <sup>52</sup> R.G. Dias and J.M.B. Lopes dos Santos, *Simple Representation of the Eigenstates of the U → ∞ One Dimensional Hubbard Model*, J. Phys. I **2**, 1889 (1992).
- <sup>53</sup> F. Woynarovich, *Excitations with Complex Wavenumbers in a Hubbard Chain: I. States With one Pair of Complex Wavenumbers*, J. Phys. C **15**, 85 (1982).
- <sup>54</sup> F. Woynarovich, *Excitations with Complex Wavenumbers in a Hubbard Chain: II. States With Several Pairs of Complex Wavenumbers*, J. Phys. C **15**, 97 (1982).

- 55 J. M. P. Carmelo and N. M. R. Peres, *Complete Pseudohole and Heavy-Pseudoparticle Operator Representation for the Hubbard Chain*, Phys. Rev. B **56**, 3717 (1997).
- 56 H. Frahm and V. E. Korepin, *Correlation Functions of the One-Dimensional Hubbard Model in a Magnetic Field*, Phys. Rev. B **42**, 10553 (1990).
- 57 H. Frahm and V. E. Korepin, *Critical Exponents for the One-Dimensional Hubbard Model*, Phys. Rev. B **43**, 5653 (1991).
- 58 F. D. M. Haldane, "Luttinger Liquid Theory" of one-Dimensional Quantum Fluids: I. Properties of the Luttinger model and their Extension to the General 1D Interacting Spinless Fermi Gas, J. Phys. C **14**, 2585 (1981).
- 59 For a review see, for example, H. J. Schulz, *Fermi Liquids and non-Fermi Liquids*, in Les Houches, Session LXI, 1994, edited by E. Akkermans, G. Montambaux, J.-L. Pichard, and J. Zinn-Justin (Elsevier, 1995), and references there in.
- 60 J. Sólyom, *The Fermi Gas Model of one-Dimensional Conductors*, Adv. Phys. **28**, 201 (1979).
- 61 Pierre F. Maldague, *Optical Spectrum of a Hubbard Chain* Phys. Rev. B **16**, 2437 (1977).
- 62 E. Y. Loh and D. K. Campbell, *Optical Absorption in Extended Peierls-Hubbard Models*, Synth. Metals **27**, A499 (1988).
- 63 R. M. Fye, M. J. Martins, D. J. Scalapino, J. Wagner, and W. Hanke, *Drude Weight, Optical Conductivity, and Flux Properties of one-Dimensional Hubbard Rings*, Phys. Rev. B **44**, 6909 (1991).
- 64 P. Horsch and W. Stephan, *Frequency-dependent Conductivity of the one-Dimensional Hubbard Model at Strong Coupling*, Phys. Rev. B **48**, 10595 (1993).
- 65 J. M. P. Carmelo and P. Horsch, *Two-Particle Spectral Properties of Generalized Landau Liquids*, Phys. Rev. Lett. **68**, 871 (1992).
- 66 J. M. P. Carmelo, P. Horsch, and A. A. Ovchinnikov, *Two-Particle Fluctuations in One-Dimensional Generalized Landau Liquids*, Phys. Rev. B **46**, 14728 (1992).
- 67 J. M. P. Carmelo, A. H. Castro Neto, and D. K. Campbell, *Conservation Laws and Bosonization in Integrable Luttinger Liquids*, Phys. Rev. Lett. **73**, 926 (1994); *ibidem* **74** (E), 3089 (1995).
- 68 J. M. P. Carmelo, A. H. Castro Neto, and D. K. Campbell, *Perturbation Theory of Low-Dimensional Quantum Liquids. I. The Pseudoparticle-Operator Basis*, Phys. Rev. B **50**, 3667 (1994); *ibidem*, *Perturbation Theory of Low-Dimensional Quantum Liquids. II. Operator Description of the Virasoro Algebras in Integrable Systems*, 3683 (1994).
- 69 N. M. R. Peres, J. M. P. Carmelo, D. K. Campbell, and A. W. Sandvik, *Pseudoparticle Description of the 1D Hubbard Model Electronic Transport Properties*, Z. Phys. B **103**, 217 (1997).
- 70 N. M. R. Peres, P. D. Sacramento, and J. M. P. Carmelo, *Charge and Spin Currents of the 1D Hubbard Model at Finite Energy Scales*, submitted for publication in Phys. Rev. B (1998).
- 71 J. M. P. Carmelo, *Conformal Field Theories and Finite-Energy Correlation Functions for (1+1) Dimensional Electronic Quantum Liquids*, preprint (1997).
- 72 J. M. P. Carmelo, N. M. R. Peres, P. D. Sacramento, *Frequency-dependent conductivity in low-dimensional electronic systems*, preprint (1998).

Nuno M. R. Peres é Professor Auxiliar do Departamento de Física da Universidade de Évora. Investiga em Física Teórica, em particular sistemas electrónicos unidimensionais.

## EPS-11: Trends in Physics 6 - 10 September 1999 London

The 11th General Conference of the European Physical Society will be held at Church House Conference Centre in the heart of London, under the local organization of the Institute of Physics.

The Conference will cover a broad range of topics addressing many of the exciting developments which will comprise the Physics of the 21st century.

Plenary and "highlight" talks given by internationally recognized experts will set the scene and specialist symposia will provide more in-depth consideration of specific topics.

### \* Scientific Themes (plenary/highlight talks)

- Basic Physics and Education
- Physics, the Environment and the EU
- "Young Physicists – it's all yours"
- Medical Physics and Physics in Industry
- General

### \* Parallel Symposia

- Coherent Matter Waves and cold Collisions
- Computation in Condensed Matter • Education - EUPEN • Imaging • Magnetic Multilayers • MHD in Toroidal Systems • Nuclei Far from Stability • Physics in Industry
- Physics of High Intensity Light Pulses • Synchrotron Radiation.

**Inscrições: até 20 Junho 1999**

**Informações:** Conferences Department, The Institute of Physics, 76 Portland Place, London W1N 3DH, U.K.

# INÁCIO MONTEIRO NO CONTEXTO DA CULTURA CIENTÍFICA PORTUGUESA ATÉ 1760

DÉCIO RUIVO MARTINS

Departamento de Física da Faculdade de Ciências e Tecnologia  
Universidade de Coimbra — 3000 COIMBRA.

Uma opinião deixada transparecer em diversos estudos sobre a cultura científica portuguesa do século XVIII é a de que em Portugal se verificou até ao ano de 1772 um manifesto atraso científico-cultural, cuja responsabilidade foi, durante um período muito conturbado da vida cultural portuguesa, atribuída aos jesuítas que detinham a primazia do ensino no país. No entanto, um estudo sobre a actividade científica e pedagógica ocorrida nos Colégios das Artes, em Coimbra, e de Santo Antão, em Lisboa, bem como na Universidade de Évora, ao longo de todo o século XVII e no século XVIII, até ao ano de 1759, permite concluir que em Portugal, antes da Reforma Pombalina, a situação do ensino das ciências físico-matemáticas não foi tão *miserável*, como o pretendiam defender os seus mais empenhados defensores<sup>1</sup>.

## O ensino das matérias científicas em Portugal antes da Reforma Pombalina

A fundamentação da opinião de que até ao ano de 1772 o ensino das matérias científicas em Portugal se caracterizava por um grande atraso, se devia ao facto de que o saber ainda mantinha uma influência predominante do desenvolvimento de um conhecimento sobretudo literário, acessível apenas àqueles que, livres de ocupações materiais, se podiam dedicar à leitura das grandes obras. Argumentava-se que a Filosofia que então oficialmente se ensinava mantinha ainda uma influência extrema da Escolástica, onde se pregavam os dogmas peripatéticos, na medida em que não se isentava totalmente de algum confronto com outros tipos de saber, originados da praxis ou experiência científica. Os defensores desta opinião apontavam os jesuítas como os únicos responsáveis da letargia científica portuguesa. Um argumento frequentemente utilizado para se justificar a opinião de que a cultura científica portuguesa era caracterizada por um ambiente de profunda ignorância e estagnação, foi o facto das obras de Newton, Gassendi,

Galileu, entre outros autores, se encontrarem oficialmente interditas ao ensino no Colégio das Artes, anteriormente à Reforma Pombalina dos estudos. Com efeito, o *Editai do Reitor do Colégio das Artes de Coimbra, de 7 de Maio de 1746*, através do qual se tornava pública esta proibição, que se revelou um facto histórico de importância extraordinária, deixava transparecer algum obscurantismo científico e cultural relativamente ao desenvolvimento observado na Europa.

Um estudo sobre a cultura científica ao longo de todo o século XVII e na primeira metade do século XVIII, permite verificar que em Portugal teve lugar uma significativa actividade de carácter pedagógico e de pesquisa, marcada pela influência de diversos astrónomos e matemáticos portugueses, bem como de alguns outros provenientes dos mais variados países europeus. Se, nalguns casos, a influência científica teria sido discreta, noutros, porém, assumiram um grande realce, como sejam os exemplos de Cristóvão Clávio e Cristóvão Borri, contemporâneos de Galileu, que servem para

<sup>1</sup> MARTINS, Décio R. — *Aspectos da Cultura Científica Portuguesa até 1772*. (Dissertação de Doutoramento). Departamento de Física: Universidade de Coimbra. Coimbra, 1997.

**O ensino científico em Portugal antes da Reforma Pombalina.**

**Os condicionalismos da modernização do ensino.**

**A Provisão de D. João V e o Edital de 1746.**

**Reafirmação de um novo projecto de ensino.**

**A cultura científica de Inácio Monteiro.**

demonstrar a actualidade com que em Portugal se acompanhavam os acontecimentos científicos mais importantes na Europa. Para além destes, muitos outros nomes, como os de André de Avelar, João Paulo Lembo, João Delgado, Cristóvão Grienberger, Inácio Sttaford, Henrique Buseu, Baltasar Teles, Soares Lusitano, António Cordeiro, Domingos Capassi, João Baptista Carbone, Eusébio da Veiga, Manuel de Campos, surgiram como exemplos de um ensino onde as mais recentes correntes de pensamento eram objecto de estudo.

Na segunda metade do século XVIII, se outros exemplos não houvessem, ficariam como referências que merecem destaque na cultura científica portuguesa os nomes de Teodoro de Almeida (Lisboa, 1722 - Lisboa 18.4.1804), e Inácio Monteiro (Lamas, Ferreira de Aves, 1724 - Ferrara 1812). Este facto pode ser comprovado considerando apenas as actividades desenvolvidas por ambos, nas áreas da produção bibliográfica e da prática pedagógica, cerca de vinte anos antes da Reforma Pombalina dos estudos.

### Os condicionalismos da modernização do ensino

No Colégio das Artes, em Coimbra, e Colégio de Santo Antão, em Lisboa, vários foram os professores jesuítas que não se mantiveram indiferentes à evolução dos tempos. Os jesuítas do Colégio das Artes por diversas vezes reafirmaram a imperiosa necessidade de se adaptarem oficialmente às ideias dos tempos modernos. Preconizavam uma reforma no ensino que se traduzisse num melhor acompanhamento do movimento científico que então se ia implantando, pretendendo dar um maior relevo ao estudo da Física, à custa da simplificação do estudo da Lógica. Com esta proposta pretendiam eliminar-se *questões escusadas e inúteis* com o objectivo de se dispor de mais tempo *para estudar outras matérias a que no tempo presente não bastava o antigamente determinado*. De facto, o estudo da Física tinha observado nos tempos recentes um desenvolvimento significativo com as experiências modernas, o que justificava o seu inconformismo em relação às normas estabelecidas pelos velhos Estatutos da Universidade.

A primeira metade do século XVIII foi, nas escolas portuguesas, caracterizada por uma renovação gradual e cautelosa dos métodos e dos programas de ensino das matérias científicas, principalmente nos Colégios das Artes, de Santo Antão e na Universidade de Évora. Foi, com efeito, um período em que muitos professores destas escolas não esperavam, de um modo irredutível, que os resultados dos factos experimentais, que por toda a Europa surgiam como resultado da moderna pesquisa científica, fossem indiscutíveis para os admitir e introduzir no ensino. Havia, mesmo, uma adesão quase generalizada por parte dos professores que se interessavam pelos temas científicos, quando estes factos eram claros e concludentes. Nem sempre estas iniciativas tiveram um adequado apoio e concordância por parte das entidades com poder decisório. Isto mesmo se verificou em 23 de Setembro de 1712 com a recusa de D. João V, relativa-

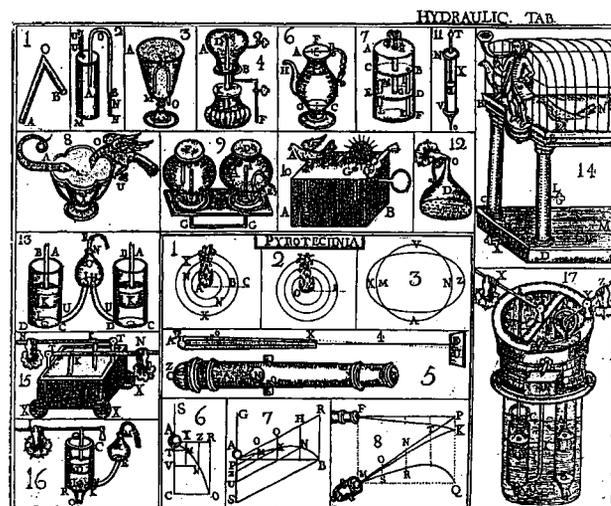


Fig. 1 — O *Compendio dos Elementos de Mathematica*, da autoria do jesuíta Inácio Monteiro, é uma obra impressa no Colégio das Artes em Coimbra nos anos de 1754 e 1756. O seu conteúdo fundamental são os temas da Física, revelando por parte do autor um profundo conhecimento das mais modernas perspectivas de ensino que na época dominavam as principais escolas europeias.

mente à proposta de alteração dos Estatutos apresentada pelos professores do Colégio das Artes. Estes professores haviam manifestado a intenção de promover um estudo mais alargado da Física. Esta pretensão de ampliação dos estudos das matérias físico-matemáticas justificava-se pelo facto destas ciências terem tido um grande desenvolvimento naqueles últimos tempos. A implantação rápida das modernas metodologias experimentais que se verificava nos mais importantes centros de desenvolvimento científico, bem como a sua introdução progressiva no ensino, a qual se ia verificando em várias escolas europeias, justificava um procedimento análogo nas escolas portuguesas, e em particular no Colégio das Artes. Estes foram tempos em que não se esperava de um modo irredutível que os resultados do facto experimental fossem indiscutíveis para os admitir; mas quando eram claros e concludentes havia uma aderência quase geral. Um jesuíta, utilizando o pseudónimo de Severino S. Modesto, afirmava na obra *Conversação Familiar e Exame Crítico*<sup>2</sup>, que se houvesse alguma experiência que claramente provasse alguma coisa contra a doutrina seguida de Aristóteles, sem dúvida que a deveriam os peripatéticos largar, porque *não se devia argumentar contra uma experiência*<sup>3</sup>. O florescimento, que nos princípios do século XVIII se verificou no domínio das ciências, reflectiu-se na Filosofia. A modernização progressiva, embora lenta e cautelosa, atingiu simultaneamente estes dois aspectos da cultura<sup>4</sup>. Severino S. Modesto fazia notar que as experi-

<sup>2</sup> MODESTO, Severino S. — *Conversação Familiar e Exame Crítico*. Valença. 1750.

<sup>3</sup> GOMES, J. Pereira — *Novos Sistemas e novas descobertas. Brotéria*. Vol. XXXVIII. 1944. p. 388.

<sup>4</sup> MAURICIO, Domingos — Para a história do Cartesianismo entre os Jesuítas portugueses do século XVIII. *Revista Portuguesa de Filosofia*. Tomo I. p. 27.

ências mecânicas não destruíam o sistema aristotélico. Na sua opinião, as Academias experimentais eram de muito *proveito e engenho* para se descobrirem vários efeitos naturais; mas não infringiam os princípios aristotélicos com que os maiores homens há tantos séculos tinham afirmado a existência da matéria prima receptiva das formas, e das formas substanciais realmente distintas da matéria <sup>5</sup>.

### A Provisão de D. João V e o Edital de 1746

Craveiro da Silva fez notar que no Colégio das Artes não foi fácil admitir oficialmente o ensino das novas tendências científicas e filosóficas, *sobretudo por motivos extrínsecos de outra ordem*. Com efeito, os Estatutos por que se regia o Colégio mandavam seguir Aristóteles e as linhas mais clássicas do pensamento nos cursos que nesta escola eram professados. Esta situação não era do inteiro agrado dos professores que pretendiam rever e actualizar o seu ensino, desejando progredir nas ciências e admitir oficialmente nas suas aulas o estudo de novos pensadores. Foi dentro destes novos horizontes que se desencadeou um plano geral de renovação no ensino da Filosofia nos Colégios da Companhia de Jesus, que constituiu uma espécie de manifesto oficial das novas tendências no ensino de Coimbra e Évora <sup>6</sup>. No ano de 1712 foi dirigido a D. João V um pedido, precisamente pelos professores de Coimbra, solicitando autorização para introduzir uma alteração no Curso de Filosofia do Colégio das Artes, através de uma revisão dos Estatutos da Universidade. Este pedido de revisão tinha como objectivo fundamental a ampliação o estudo da Física. Para o efeito era apresentado como motivo justificativo o facto desta ciência se ter acrescentado notavelmente com as experiências modernas, muito mais do que anteriormente. Este pedido foi indeferido pelo monarca, mandando intimá-lo, pelo Reitor da Universidade, ao Reitor do Colégio, P.<sup>o</sup> Domingos Nunes. O teor da *Provisão de D. João V, de 23 de Setembro de 1712* era o seguinte: <sup>7</sup>

*Dom Joaó por graça de Deos Rey de Portugal, e dos Algarves, da Quem e da Lem Mar em Africa S.<sup>or</sup> de Guinné &. Como Protector que sou da Vn.<sup>de</sup> de Coimbra Faço Saber a vós Dom Gaspar de Moscoso e Silva do meu Con.<sup>o</sup>, meu submilher da Cortina, e Reytor da mesma Vn.<sup>de</sup> que por haver noticia no meu Tribunal da Meza da Cons.<sup>cia</sup> e Ordens que no Coll.<sup>o</sup> da Companhia dessa Cidade se quer introduzir nas Cadeiras de Filozofia outra forma de Licaõ da que athegora se observava, e mandaõ os estatutos. Hey por bem, e vos mando que havendo nesta materia alguã alteraçã a façais evitar, fiando de vosso Zello naõ consintais esta nova introduçã, e do que neste particular houver me dareis Conta pello dito Tribunal por mãos do meu Escrivaõ da Cam.<sup>ra</sup>, e do desp.<sup>o</sup> delle que esta subscrevo. El Rey nosso S.<sup>or</sup> o mandou pl.<sup>os</sup> DD. Antonio de Freitas Soares, e Dom Francisco de Souza Deputados do desp.<sup>o</sup> do Tribunal da Meza da Consciencia, e ordens. João Correa e fes em Lx.<sup>a</sup> a 23 de Setr.<sup>o</sup> de 1712. Manoel Teix.<sup>ra</sup> de Carualho a fez escreuer*

An.<sup>lo</sup> de Freitas Soares Dom Francisco de Souza

Por desp.<sup>o</sup> da Meza da Cons.<sup>cia</sup>  
e ordenz de 23 de Setr.<sup>o</sup> de 1712.

Este condicionalismo viria a ser reafirmado através do *Edital do Reitor do Colégio das Artes de Coimbra, de 7 de Maio de 1746* <sup>8</sup>. Com efeito, após a recusa para o pedido de alargamento do ensino da Física no curso de Filosofia, verificada em 1712, nova restrição viria a ser imposta ao desenvolvimento do ensino das matérias físico-matemáticas. Com efeito, o Reitor do Colégio das Artes ordenou, em 7 de Maio de 1746, que fosse afixado um longo edital que estabelecia algumas restrições nesta escola, onde, numa passagem, se podia ler que *nos exames, ou Lições, Concluzões publicas, ou particulares se-naõ insine defençaõ ou opinioes novas pouco recebidas, ou inuteis p.<sup>o</sup> o estudo das Sciencias mayores como saõ as de Renato, Descartes, Gacendo, Neptono, e outros, e nomeadam.<sup>le</sup> qualquer Sciencia, q. defenda os actos de Epicuro, ou negue as realid.<sup>es</sup> dos accidentes Eucharisticos, ou outras quaisquer concluzõis oppostas ao sistema de Aristoteles, o qual nestas escõlas se-deve seguir, como repetidas vezes se-recomeda nos estatutos deste Collegio das-Artes*. Este edital revelou-se um facto histórico ao qual foi dado uma importância notável porque, entre as muitas deliberações nele contidas, existia uma alínea que foi interpretada como uma intenção de condicionar os intuítos renovadores da actividade científica e pedagógica dos professores desta escola. Na realidade, alguns professores pretendiam promover o ensino das matérias científicas de um modo mais adequado à modernidade da época. O facto de naquele documento o Reitor do Colégio ter deixado bem expressa a proibição do ensino, ou defesa das *opiniões novas ou pouco recebidas, ou inúteis* para o estudo das Ciências, como seriam as de Descartes, Gassendi, Newton, entre outros, teria constituído um grande obstáculo para o pretendido desenvolvimento do ensino naquela escola de Coimbra. No entanto, alguns anos após a fixação deste edital, surgiram novas propostas de reforma e de modernização do ensino das matérias científicas no Colégio das Artes, embora moderadas e cautelosas.

### O Elencus Quaestionum e a reafirmação de um novo projecto de ensino

O *Elencus Quaestionum, quae a Nostris Philosophiae Magistris debent, in hac Provincia Lusitana Societatis Jesu* <sup>9</sup>, redigido no ano de 1754, pode ser considerada uma referência importante para a História do Ensino em

<sup>5</sup> MODESTO, Severino S. — *Conversação Familiar e Exame Crítico*. Valença. 1750. p. 342 e 291.

<sup>6</sup> SILVA, L. Craveiro — Inácio Monteiro — significado da sua vida e da sua obra. *Revista Portuguesa de Filosofia*. Tomo XXIX. Julho - Setembro de 1973. Fasc. 3. p. 231.

<sup>7</sup> Arquivo da Universidade de Coimbra; provisões - Vol. 5, fls. 32. Este documento foi publicado por Teófilo Braga, na *História da Universidade de Coimbra*, — Tomo III, p. 298. — e por Joaquim de Carvalho no *Boletim da Biblioteca da Universidade de Coimbra*. Vol. XX, 1951. p. 169.

<sup>8</sup> Arquivo da Universidade de Coimbra - provisões — Vol. 5, fls. 145. Este documento foi publicado no Anuário da Universidade de Coimbra de 1880-1881, p. 238, integrado nas *Memórias da Universidade de Coimbra*, de Carneiro de Figueiroa, e também por Joaquim de Carvalho no *Boletim da Biblioteca da Universidade de Coimbra*. Vol. XX. 1951. p. 170 - 172.

Portugal. Este documento, que ficou escondido numa pequena biblioteca das freiras do Convento de Santa Maria de Semide, traduziu a reafirmação do desejo renovador dos jesuítas, em particular no Colégio das Artes. O seu conteúdo não era mais do que um plano de estudos de Filosofia dos jesuítas portugueses, onde se tornava notório um ecletismo equilibrado, perante a revolução científica que se operava nos centros cultos da Europa. Se por um lado conservava os princípios metafísicos do ser, rejeitava, no entanto, a apresentação metafísica das questões Físicas. O *Elencus* preconizava o estudo dos autores antigos e modernos, que se distinguiram no estudo da Física, embora, conforme o consenso geral sobre o Universo, propunha-se o sistema aristotélico, seguindo-se sobretudo a orientação de S. Tomás. A refutação dos demais sistemas deveria ser feita sem sarcasmos e tendo sempre em conta as modernas experiências que concordavam com os princípios aristotélicos. O estudo da gravidade deveria ser feito com base na explicação das opiniões peripatética, cartesiana e newtoniana, propondo-se a adopção da que se mostrasse mais próxima da verdade. Estudos sobre a velocidade e quantidade de movimento teriam como base o *louvável método dos modernos*. No que respeita ao estudo do corpo elástico preconizava-se a apresentação dos modelos de Descartes, Gassendi e Newton. A Física particular deveria ocupar-se do mundo em geral, onde eram apresentadas as opiniões de Aristóteles, Descartes, Kepler, Newton. O estudo dos quatro elementos seria feito com referência ao tubo de Torricelli, às esferas de Magdeburgo e às opiniões de Descartes, Gassendi, e Borelli. Estes assuntos seriam sucedidos pelo estudo do Magnetismo, Electricidade, Geografia e seus problemas de longitude e latitude, zonas, climas, origem dos montes, rios, fontes, termas, águas minerais, salsugem e cor das águas do mar, fluxo e refluxo, etc..

Foi neste período de afirmação de novas ideias entre os jesuítas portugueses que se evidenciou, em Coimbra, por volta do ano de 1754 um exemplo bem relevante de uma profunda reflexão sobre a nova cultura científica europeia. Neste ano publicou-se no Colégio das Artes o primeiro volume do *Compendio dos Elementos de Mathematica*, da autoria de Inácio Monteiro. Estes acontecimentos não foram, contudo, actos isolados da actividade pedagógica de carácter científico. A primeira metade do século XVIII ficou assinalada pela introdução progressiva das modernas correntes do pensamento científico nos cursos de Filosofia de Inácio Soares, Sebastião de Abreu, João Leitão, Inácio Vieira, e António Vieira, entre outros.

Não deixa de ser bem representativo o facto de que, ainda na primeira metade do século XVIII, as mais importantes referências do desenvolvimento científico e cultural, que constituíram factores de progresso em diversas universidades, em vários países da Europa, terem sido dadas a conhecer, e foram objectos de estudo em muitos cursos das escolas portuguesas. Com efeito, os compêndios dos cursos como os de Física Experimental promovidos por Jean Teophilus Desaguliers em Inglaterra, Petrus van Musschenbroek e Willem Jacob s'Gravesande em Leyden, na Holanda, bem como Jean Antoine Nollet

em França, fizeram parte de uma numerosa e extraordinária lista de obras de literatura científica que foram importantes referências bibliográficas para o desenvolvimento do ensino em Portugal, algumas décadas antes de 1772. Muitas destas obras foram utilizadas na organização do ensino e na criação do Gabinete de Física Experimental da *Faculdade de Philosophia*, por ocasião da Reforma Pombalina da Universidade de Coimbra.

### A cultura científica de Inácio Monteiro

Inácio Monteiro, através do seu *Compendio dos Elementos de Mathematica*, que mais se deve classificar como um compêndio de Física, sem constituir um caso isolado da cultura portuguesa, tornou-se uma referência preferencial sobre as características do ensino da Filosofia Moderna e das ciências físico-matemáticas, posto em prática no Colégio das Artes em Coimbra, mais de vinte anos antes da Reforma Pombalina. Craveiro da Silva deixou expressa a opinião de que Inácio Monteiro foi uma das figuras centrais na evolução da cultura portuguesa na segunda metade do século XVIII<sup>10</sup>. Por sua vez, A. Banha de Andrade afirmou ter sido Inácio Monteiro o professor mais bem informado do movimento científico e, porventura, filosófico, dentre os jesuítas dessa época<sup>11</sup>. Tal como afirmou J. Pereira Gomes, a obra literária de Inácio Monteiro, pela sua maior parte escrita na década de 1750-1760, distinguia-se pela clareza, método, erudição e modernidade das ideias, constituindo uma das expressões mais altas da cultura portuguesa nesse período<sup>12</sup>. Inácio Monteiro entrou na Companhia de Jesus, no noviciado de Évora, a 8 de Fevereiro de 1739, com 15 anos de idade. Os seus estudos de Filosofia devem ter começado no ano escolar de 1741-1742, após ter terminado o seu biénio de noviciado. Em Évora, nos três primeiros anos do curso, foi seu professor o P.<sup>o</sup> Francisco Gomes, que foi substituído no 4.<sup>o</sup> ano pelo P.<sup>o</sup> António de Freitas, cujo magistério em Évora foi apenas de um curso. A respeito da influência do antigo mestre de Inácio Monteiro e sobre a personalidade deste, Craveiro da Silva salientou o facto de se tratar de um homem de grande experiência de ensino e de formação variada. Embora peripatético, o P.<sup>o</sup> Francisco Gomes deve ter exercido influência na abertura de espírito de Inácio Monteiro<sup>13</sup>. Craveiro da Silva atribuiu ao P.<sup>o</sup> Francisco Gomes a referência que Inácio Monteiro fez no prefácio da sua obra *Philosophia Libera seu Ecletica*<sup>14</sup>, afirmando que: *Apenas trampus o limiar da Filosofia tive por mestre um peripatético das fileiras aristotélicas e nessa atitude me formei*. Teria sido contra as ideias desse professor que Inácio Monteiro viria a reagir *já por temperamento, já por leituras, já porque*, fez notar Craveiro da Silva, *devia ter sido o professor que apesar de aristotélico soube abrir o espírito do aluno ao método filosófico pois não só lhe não impediu a própria evolução mas o formou para buscar por si o seu caminho*. Foi isto que fez Inácio Monteiro, como o prova o seu próprio testemunho: *O meu temperamento, porém, é não me*

<sup>9</sup> Torre do Tombo — Impressos da Livraria. 4370 da série preta.

deixar levar nem por facciosismo (a não ser que eu muito me iluda), nem pela autoridade das pessoas quando se trata de razões; gosto, acima de tudo, da liberdade do espírito; e só sujeito a minha inteligência e vontade em matéria de fé religiosa. Nesta disposição de espírito avançava eu pela Filosofia adentro... Desejava, por conseguinte, ter o meu espírito bem isento a respeito de Aristóteles. Teria sido através da influência do P.<sup>o</sup> António de Freitas que se acentuaram em Inácio Monteiro a curiosidade pela problemática contemporânea, através de um curso onde a modernidade já se fazia notar. Embora a simpatia peripatética em António de Freitas fosse evidente, este não deixava, no entanto, de fazer referências à história da Filosofia e aos autores modernos. Sob este aspecto a influência no desejo de incursão mais aprofundada na Filosofia moderna teria sido mais marcante em Inácio Monteiro, tendo ido o pensamento do aluno mais longe que o do professor <sup>15</sup>.

Para além da Filosofia, ainda em Évora, Inácio Monteiro estudou Ciências Naturais e Matemática, assuntos a que para o futuro viria a dedicar a vida inteira, quer como professor, quer como escritor e pensador. Será, portanto, legítimo afirmar-se que foi na Universidade de Évora que Inácio Monteiro obteve as bases da formação filosófica e científica que o tornariam numa das mais importantes referências da cultura portuguesa da segunda metade do século XVIII. É provável que a orientação dos seus estudos de especialização em Matemática em Évora tivesse sido feita, no primeiro ano pelo P.<sup>o</sup> Manuel Mendes, e no segundo pelo P.<sup>o</sup> Tomás Campos.

Se é bem verdade que teria sido em Évora que em Inácio Monteiro despertou o interesse pelas ciências matemáticas, não menos verdadeiro é o facto de que foi em Coimbra que o seu pensamento alcançou a notoriedade. Tal como referiu Craveiro da Silva, desapareceram nele, definitivamente, a proeminência da figura tutelar de Aristóteles e da Escola Peripatética e a construção sistemática com base numa metafísica. A evolução de Inácio Monteiro deu-se no sentido da afirmação do ecletismo onde se fazia uma apreciação dos pensadores antigos, modernos e contemporâneos. O seu pensamento científico tomava como critério de investigação a experiência e a observação, abandonando o argumento da autoridade dos autores, para optar pelos métodos da ciência experimental e da Matemática. Para Inácio Monteiro uma das principais lições, que se devia aprender quando se iniciava no estudo de alguma ciência, era saber estudá-la. Um método próprio e um prudente e crítico juízo do carácter dos escritores tomados por mestres eram imprescindíveis em todas as ciências. Um dos aspectos que o fascinavam era o progresso das matérias matemáticas verificado no seu século, e a forma como ilustravam o entendimento humano, o que parece bem vincado nas suas palavras: *Quisera a nossa fortuna, que todas as sciencias, artes admitissem as leis do calculo! Por de caminho ficaríamos os homens livres de tantas conjecturas, e erros, que por toda a parte nos eclipsaõ a verdade: as mesmas artes se veriam em uma nova luz desembaraçadas de incertezas, e opinioens, e sem mentira lhe poderíamos chamar ciencias, nome, que nós graciosamente lhe damos, sem ellas o merecerem.* Estes viriam a ser os princípios gerais pelos quais Inácio Monteiro orientaria a sua prática pedagógica.

Até à sua expulsão do país, em 1759, deu um contributo precioso para o desenvolvimento do ensino das ciências físico-matemáticas em Portugal.

Pela actividade que desenvolveu no ensino em Coimbra, bem como pela importância da obra de literatura científico-pedagógica que deixou em Portugal, antes da sua prisão e expulsão do país, merece que seja dado o devido destaque a Inácio Monteiro. Com efeito, este foi um professor jesuíta que, ainda jovem, no Colégio das Artes começou a evidenciar uma cultura científica notável. Todas as expectativas que nele se colocavam como pedagogo e como autor literário, foram confirmadas pela importante acção que desenvolveu em Itália, principalmente na Universidade de Ferrara. Nesta cidade italiana viveu até à sua morte, desempenhando prestigiados cargos na Universidade, facto que comprovou a sua elevada competência científica e pedagógica. Sobre este professor e autor, Resina Rodrigues no seu artigo intitulado "Física e Filosofia da Natureza na obra de Inácio Monteiro", apresentado no I Colóquio sobre História e Desenvolvimento da Ciência em Portugal até ao Séc. XX, (Publicações do II Centenário da Academia das Ciências de Lisboa. 1985. p. 193) escreveu o seguinte:

*Inácio Monteiro não foi um criador, nem nunca se apresentou como tal. Foi um homem que procurou compreender e julgar o universo da cultura e para isso se lançou ao estudo, quer das grandes obras do passado, quer dos trabalhos científicos e filosóficos do seu tempo. Foi um professor, e nos seus escritos se sente a paixão de transmitir, de maneira crítica, aquilo que aprendeu.*

<sup>10</sup> SILVA, L. Craveiro — Inácio Monteiro — significado da sua vida e da sua obra. *Revista Portuguesa de Filosofia*. Tomo XXIX. Julho - Setembro de 1973. Fasc. 3. p. 229.

<sup>11</sup> ANDRADE, A. Banha de — Vernei e a Cultura do seu tempo. Coimbra. 1966. p. 242.

<sup>12</sup> GOMES, J. Pereira — Verbo Enciclopédia Luso-Brasileira de Cultura. Vol. 13. Col. 1279.

<sup>13</sup> SILVA, L. Craveiro — Inácio Monteiro — significado da sua vida e da sua obra. *Revista Portuguesa de Filosofia*. Tomo XXIX. Julho - Setembro de 1973. Fasc. 3. p. 235 - 236.

<sup>14</sup> MONTEIRO, Inácio — *Philosophia Libera seu Ecletica*. Veneza. 1772. Tomo II. 2.<sup>a</sup> Ed. Praefatio ad Lectorem. p. 4-5. (Tradução) *Revista Portuguesa de Filosofia*. Tomo XXIX. Julho - Setembro de 1973. Fasc. 3. p. 318 - 322.

<sup>15</sup> SILVA, L. Craveiro — Inácio Monteiro — significado da sua vida e da sua obra. *Revista Portuguesa de Filosofia*. Tomo XXIX. Julho - Setembro de 1973. Fasc. 3. p. 238.

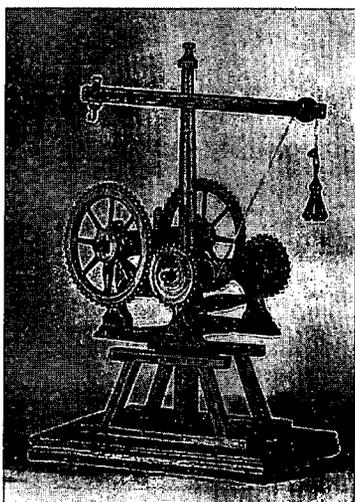
Décio Ruido Martins é Professor Auxiliar do Departamento de Física da Universidade de Coimbra. Desde 1988 tem-se dedicado ao estudo da evolução do ensino das ciências físico-matemáticas em Portugal, particularmente do desenvolvimento do ensino da Física Experimental em Coimbra nos séculos XVIII e XIX. Nos anos de 1990/91 foi adjunto do Comissário Português (Prof. Doutor Luiz Alte da Veiga) para a exposição *Les Mécanismes Du Génie* apresentada em Charleroi — Bélgica — integrada na EUROPALIA 91.

# O MUSEU DE FÍSICA E AS CIÊNCIAS EXACTAS NA REFORMA DE 1772 DA UNIVERSIDADE PORTUGUESA

*Em homenagem a Mário Silva e a Rómulo de Carvalho*

JOÃO DA PROVIDÊNCIA<sup>a</sup> e NATÁLIA BEBIANO<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Departamento de Física; <sup>b</sup>Departamento de Matemática  
Universidade de Coimbra



No século XVIII, reconhecia-se a imprescindibilidade da observação e da experiência na descoberta das verdades da Natureza e suas leis. Portugal, em estado de isolamento desde finais de Quinhentos, mantinha-se alheado da *revolução científica* que ocorria nos Reinos cultos. A Reforma da Universidade de Coimbra, regida pelos Estatutos de 1772, é um acontecimento de primacial importância que marca um ponto de viragem na história da educação científica no Reino, nomeadamente, nas áreas da Matemática e da Física. No âmbito desta reforma foi criado um Gabinete de Física Experimental. O que permanece da original colecção de máquinas constitui um exemplo magnífico da sofisticação artística e tecnológica dos instrumentos científicos do século XVIII. Uma das peças mais notáveis desta colecção é a *Mesa de Poleni*, máquina inventada pelo físico italiano Marquês Giovanni Poleni. Este instrumento destinava-se a determinar directamente a aceleração da gravidade e apresenta um engenhoso dispositivo adequado à medição de pequenas fracções do segundo. O seu funcionamento, misterioso segundo alguns autores, é aqui elucidado.

## 1. A Reforma de 1772

A divulgação em Lisboa, em 1746, do *Verdadeiro Método de Estudar* de Luís António Verney provocou uma viva polémica entre os seguidores da Filosofia Antiga de Aristóteles e os da Filosofia Moderna, comumente designados Antigos e Modernos. A obra, dedicada aos Reverendíssimos padres e mestres da Companhia de Jesus, visava combater as suas doutrinas pedagógico-científicas e defender a Filosofia Moderna, *o conhecimento das coisas pelas causas e a verdadeira causa das coisas*. Verney acusa os Peripatéticos, ou seja, os seguidores da Escolástica, de terem transformado a Física numa *especulação impertinente*, num conjunto de *arengas que nada significam*, escrevendo que em Portugal *não se sabe que coisa é Física, ainda aqueles que muito falam dela*.

O antagonismo entre Antigos e Modernos é revelador do estado da cultura e das mentalidades em Portugal de Setecentos. O Reino encontrava-se sob o jugo da Inquisição e a educação, era aristotélica.

Na obra do Padre Teodoro de Almeida *Recreações Filosóficas*, publicada em dez volumes entre 1751 e 1800, afirma-se que os pregadores, nos sermões de Quaresma e Advento, proclamavam que o novo Sistema Filosófico era contra a Fé e o *zelo da honra de Deus*, pelo que exortavam ao ódio contra os autores hereges e seus seguidores.

Após a perda da independência em 1580, Portugal permaneceu durante 60 anos sob o domínio de Espanha, na periferia da *revolução científica* que, com os Descobrimentos, ajudara a fomentar. Na Universidade, insciente do progresso científico que florescia no mundo culto, per-

A reforma de 1772

O Gabinete de Física Experimental

A máquina de Poleni

Vissicitudes do Gabinete de Física Experimental

petuavam-se os métodos de ensino retrógados onde pontificava o *fastidioso aparato de silogismos*. Citemos Joaquim de Carvalho:

*Em todas as faculdades continuava lei a obrigatoriedade de (seguir) textos e daí a escravidão do mestre ao já sabido e a impossibilidade do progresso científico; [...]; a ausência de ensino prático; [...]; o gosto e cultivo das disputas, que trouxe consigo a esterilidade do ensino e o seu isolamento da cultura contemporânea; [...] a vida universitária oferece o espectáculo da inércia e da carência de ideais científicos.*

Em começos do século XVIII, no Colégio das Artes em Coimbra, bastião do pensamento aristotélico, esboçam-se tentativas de renovação, como se depreende do seguinte excerto da Provisão de D. João V ao Reitor da Universidade de Coimbra:

*... por haver notícia no meu tribunal da Consciência e Ordens que ... [no Colégio das Artes] ... se quer introduzir nas Cadeiras de Filosofia outra forma de lição da que até agora se observava e mandam os Estatutos, Hei por bem e vos mando que havendo nesta matéria alguma alteração, a façais evitar, fiando do vosso zelo, não constais esta nova introdução.*

Mais de trinta anos volvidos, as tentativas de adesão à Filosofia Nova persistem, pelo que o Reitor do Colégio das Artes determina em Edital afixado na portaria:

*... nos exames, lições, conclusões públicas ou particulares se não ensine ... opiniões novas pouco recebidas ou inúteis para o estudo das ciências maiores como são as de Renato Descartes, Gassendi, Newton e outros, nomeadamente, qualquer ciência que defenda os átomos de Epicuro, ou negue a realidade dos acidentes eucarísticos, ou outras quaisquer conclusões opostas ao sistema de Aristóteles, o qual nestas escolas se deve seguir, como repetidas vezes se recomenda nos estatutos deste Colégio das Artes.*

A Filosofia Nova abalava o corpo doutrinário da Companhia de Jesus. Enquanto alguns dos seus membros se obstinavam em seus argumentos peripatéticos, outros, mais esclarecidos e com maior liberdade de espírito, assimilavam as novas doutrinas. O percurso do jesuíta Inácio Monteiro da filosofia Antiga para a Nova é assinalável. Após a expulsão da Companhia pelo Marquês, Monteiro retirou-se para Itália onde publicou, em 1766, um Tratado de Física em sete volumes no qual explicitamente reconhece que, na Física, ficam os Antigos inteiramente aquém dos Modernos.

A Reforma da Universidade de Coimbra promovida pelos Estatutos de 1772 teve como objectivo fundamental a modernização dos *curricula* e dos métodos pedagógicos, concedendo especial ênfase à experimentação e fomentando o cultivo das Ciências Naturais e das Ciências

Exactas. Enquanto matérias consagradas pela tradição, como Retórica e Filosofia Aristotélica, perdiam importância, à Matemática é concedido papel relevante, cabendo-lhe, em particular, desenvolver os Princípios fundamentais que devem tirar-se da experiência, conduzindo-os até às *mais sublimes* e importantes consequências. Esta atitude contrastava com a tradição de divórcio entre os Saberes matemático e físico.

Os Estatutos Pombalinos visavam a parte literária dos *curricula*, continuando os Estatutos Velhos (de 1654) a regulamentar a Instituição no respeitante ao Governo Político, Civil, Económico, Eclesiástico e Cerimonial. As reformas de 1772, segundo alguns equivalentes a uma refundação da Universidade, incidiram sobre as várias Faculdades — Teologia, Leis, Canones e Medicina. Com eles foram criadas a Faculdade de Matemática e a de Filosofia Natural (vindo esta substituir a *proscrita Faculdade de Artes*). Anexos à Filosofia Natural, funcionavam um Museu de História Natural, um Gabinete de Física, um Laboratório Químico e um Jardim Botânico e, anexo à Matemática, um Observatório Astronómico.

A Reforma de 1772 é um acontecimento de primordial importância, um marco de viragem na história da educação científica no Reino, nomeadamente, nas áreas da Matemática e da Física. Era objectivo da reforma a modernização dos *curricula*, dando devido ênfase ao ensino prático e à experimentação, sem jamais perder de vista as aplicações práticas dos saberes. Procurava também organizar a investigação científica, criando os "Grémios das Faculdades" onde seriam admitidos os que tivessem concluído os cursos com mais "distinção e louvor". Previa ainda a publicação de compêndios pelos professores titulares, ou, em alternativa, a tradução por estes de livros consagrados de autores estrangeiros. As orientações pedagógicas são rigorosamente delineadas, os objectivos e estratégias descritos com minúcia, num preceituário algo invulgar num texto de natureza jurídica.

## **2. O Gabinete de Física Experimental da Universidade de Coimbra**

A colecção de máquinas e aparelhos do Real Gabinete de Física de Coimbra proveio do Gabinete de Física Experimental do Colégio dos Nobres de Lisboa. Em carta do Marquês de Pombal ao Reitor da Universidade D. Francisco de Lemos, de 27 de Novembro de 1772, lê-se:

*Sua Magestade [...] fez à mesma Universidade a Mercê de mandar transportar a ella o Gabinete de Physica Experimental, em que há muitos anos se trabalha nesta Côrte, com o effeito de o Constituir o mais completo, que*

hoje tem a Europa. Porque sendo o melhor delles o de Pádua; não tem mais de quatrocentas Machinas; passando o Nosso de quinhentas, e tantas.

O Inventário do Gabinete de Física Experimental do Colégio dos Nobres contava 562 números, com várias peças da mesma categoria o que aumenta este número. Na época, teria sido o mais completo museu de Física da Europa.

O Gabinete de Física tinha finalidade didáctica, como se depreende do seguinte extracto de "A Relação Geral do Estado da Universidade", importante documento elaborado pelo Reitor D. Francisco de Lemos e apresentado à Rainha D. Maria I em 1777:

*Deposito de Machinas, Aparelhos e Instrumentos; os quaes são necessarios para que as liçoens de Fisica 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 prezente conhecidas na Fisica; mas tambem adquirir o habito de as fazer com a sagacidade, e destreza, que se requer nos Exploradores da Natureza.*

O material didáctico do Gabinete de Física Experimental era utilizado no "Teatro das Experiências", servindo para demonstração prática dos conceitos e princípios apresentados nas exposições teóricas da cadeira de Física Experimental. As demonstrações experimentais eram de enorme importância, uma vez que os argumentos de autoridade haviam sido definitivamente banidos. A essas sessões, bem ao gosto experimentalista da época, assistiam os alunos de outras Faculdades para além da de Filosofia, em particular os de Matemática que tinham no seu currículo Física Experimental. O lente de Física Experimental era coadjuvado por um demonstrador nos ensaios experimentais, que iam acompanhando de perto o curso teórico.

As 580 máquinas do Gabinete de Física encontravam-se distribuídas pelas seguintes rubricas, em correspondência com os assuntos a cuja demonstração experimental se destinavam:

1. Divisibilidade da matéria; 2. Impenetrabilidade; 3. Porosidade; 4. Inércia; 5. Atracção; 6. Magnetismo; 7. Gravidade; 8. Centro de gravidade; 9. Máquinas simples e compostas; 10. Atrito; 11. Movimentos; 12. Forças que animam os corpos em movimento; 13. Percussão; 14. Forças centrais; 15. Coesão e resistência dos sólidos; 16. Hidrostática e Hidráulica; 17. Calor; 18. Luz; 19. Dióptrica; 20. Catóptrica; 21. Ar; 22. Electricidade; 23. Material omitido; 24. Utensílios.

A instrumentação construída em Portugal teve como modelo gravuras de tratados setecentistas de Física, em particular, os de Gravesende e de Musschenbroek. O artífice Joaquim José dos Reis foi autor de algumas das peças mais belas do Gabinete. Sabia manuseá-las com

rigor, pelo que auxiliava dalla Bella, o primeiro lente de Física Experimental da Universidade de Coimbra, nas suas experiências.

Os instrumentos relativos a medidas de precisão e vidros de óptica foram escolhidos pelo célebre inventor João Jacinto de Magalhães, vindo dos mais famosos fabricantes ingleses da época: Adams, Dollond, Nairne, Culpeper, entre outros.

No livro escrito pelo botânico alemão Link, sobre as suas viagens a Portugal nos anos de 1793 a 1795, (e onde a Universidade de Coimbra é considerada em plena Idade Média), após uma referência pouco elogiosa ao Gabinete de História Natural, lê-se:

*...é preciosa a collecção de instrumentos de physica feitos alguns em Inglaterra sendo os construidos em Portugal, pela maior parte, de madeira do Brazil e dourados. Esta collecção é, em geral, uma das mais brilhantes, sendo o gabinete precioso no que respeita à Mecânica.*

O Catálogo de dalla Bella, intitulado *Index Instrumentorum, ad Physicam experimentalem pertinentium, quae in Museo Conimbricensi modo reperiuntur*, manuscrito redigido em latim, catalogava todas as peças e aparelhos do Gabinete. Descrevia cada instrumento com todos os pormenores e, de um modo geral, com indicação de modelos análogos referidos em livros e gravuras da época. Foi apresentado pelo autor à Congregação da Faculdade em 26 de Julho de 1788, bem como o Tratado de Física em três volumes *Physices Elementa, usui Academiae Conimbricensis accommodata*, por onde dalla Bella seguia as suas lições. (Os assuntos de cada Faculdade, escolha de manuais, livros a traduzir, etc, eram da competência da Congregação, da qual faziam parte todos os Lentos, em exercício ou jubilados.)

### 3. A máquina de Poleni

O Marquês Giovanni Poleni, antigo mestre de dalla Bella, concebeu um engenhoso mecanismo destinado a investigar a relação entre a distância percorrida por um corpo em queda livre e o correspondente tempo de movimento. Um estranho mistério paira sobre as referências a este interessante instrumento. De acordo com a descrição dada por Rómulo de Carvalho, o funcionamento desta máquina consistia em:

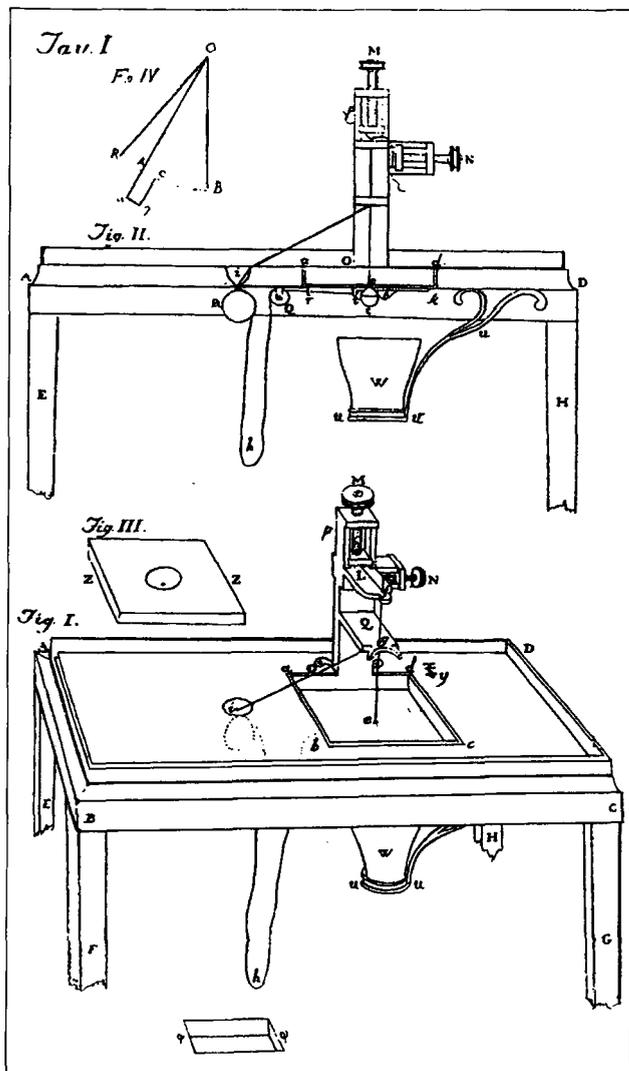
*deixar cair uma esfera livremente durante certo tempo, num dispositivo tal que a esfera, no momento de começar a cair, fazia destapar um orifício pelo qual corria então mercúrio para um copo, fechando o mesmo orifício no momento em que terminava a queda.*

No entanto, este autor, em atitude de escrupulosa honestidade intelectual, afirma:

Pela leitura do *Index* não conseguimos entender a maneira como Poleni conseguia a simultaneidade destes dois acontecimentos: a queda da esfera e o escoamento do mercúrio, ambos limitados pelo mesmo intervalo de tempo.

Observe-se que os fundamentos do método estavam correctamente delineados no que tinham de essencial. Faltava apenas esclarecer alguns aspectos de pormenor.

Rómulo de Carvalho fez notar que esta máquina devia ter caído no esquecimento, pois, apesar de pesquisas aturadas, não conseguira encontrar dela qualquer descrição, quer nos tratados de Física do século XVIII, quer nas memórias do próprio Poleni. Recentemente, através do Director do Museu de Física da Universidade de Pádua, o Professor Gian António Salandin, tomamos conhecimento da existência, naquele Museu, de outro exemplar da máquina de Poleni. A respectiva descrição pormenorizada, devida ao Professor Salvator dal Negro, que foi Director do Museu de Pádua no início do sec. XIX vem esclarecer alguns pormenores de interesse (Fig. 1).



A opinião de Rómulo de Carvalho relativa à utilização deste instrumento é reproduzida no Catálogo da Exposição *O Engenho e a Arte*. Ali se afirma que a descrição dada por dalla Bella, não é suficientemente clara para entendermos como todo este conjunto funcionava. Já para os autores do Catálogo da Exposição *Les Mécanismes du Génie*, a descrição de dalla Bella é aparentemente inadequada. Neste Catálogo é sugerida a intervenção de um prato metálico cuja existência, note-se, não é referida por dalla Bella. Transcrevemos:

*Um prato metálico devia estar suspenso de um dos fios ligados à lingueta. Uma esfera caía sobre este prato. No outro fio estava suspenso um corpo que devia fazer deslizar a lingueta e, por conseguinte, abrir o orifício a fim de deixar fluir o mercúrio para o copo. [...] O escoamento do mercúrio era interrompido quando a esfera, em queda livre, vinha bater no prato sobre o qual ela estava suspensa. Como consequência desta colisão, o fio de suspensão do prato exercia, sobre a lingueta uma força mais intensa que o peso do corpo permanentemente suspenso [...] a qual a fazia deslizar (a lingueta) e fechava o orifício, interrompendo deste modo o escoamento do mercúrio.*

Esta interpretação carece de fundamento. Com efeito, que se segue do *Index instrumentorum* é bastante pormenorizado e, globalmente, claro, lógico e convincente.

Transcrevemos, vertendo do latim:

*Nova máquina constituída por uma pequena mesa de madeira no meio da qual está fixa uma pequena caixa de ferro perfurada por um orifício. Este é fechado por uma lingueta móvel de ferro, subjacente. Esta lingueta tem, ligados nas extremidades, dois cordéis os quais se estendem à direita e à esquerda, passando por cima de roldanas. Ao cordel que se move para o lado esquerdo estão atados, um após o outro, cordéis de determinado comprimento. Uma esfera com o diâmetro de 17 linhas está ligada a cada um dos cordéis. Esta esfera fica ligada por um fio (um dos dois cordéis que lhe estão presos) e, quando deixada à vontade, arrasta consigo na queda a lingueta móvel, fechando-se deste modo a abertura da caixa de ferro. Enquanto a bola está suspensa (pelo segundo cordel), se a lingueta for arrastada para o lado direito, abre-se o orifício da caixa, o qual deve manter-se fechado para que a caixa se encha de mercúrio. Com este objectivo (de vedar o orifício) estão disponíveis seis pequenas esferas de ferro cobertas de pele. Uma destas esferas actua sobre o orifício (obstruindo-o) e está immobilizada por um fio (que o atravessa). Este fio e o outro fio que segura a esfera maior são estendidos de modo que atravessem ao mesmo tempo duas lâminas de ferro fixas sobre a caixa, sendo seguidamente seguros com parafusos preparados para este fim. Sob o orifício encontra-se um pequeno prato de ferro onde deve ser colocado um copo. Estando, entretanto, a caixa cheia de mercúrio, no mesmo momento cortam-se, com uma tesoura, os fios (o fio que prende a esfera pequena e o*

fio que prende a esfera grande, antes de iniciada a sua queda); *as duas esferas caem e, pelo orifício* (aberto devido à queda da esfera pequena) *sai o mercúrio que é recolhido no copo até que a esfera maior tenha percorrido o espaço determinado pelo seu cordel. Depois de ter percorrido este espaço a esfera age com a sua própria força e arrasta consigo a lingueta móvel fechando-se o orifício. Saiu então tanta quantidade de mercúrio quanto era possível durante aquele intervalo de tempo em que a outra esfera percorreu o seu espaço. Assim, o peso deste mercúrio pode ser tomado como medida de tempo; e assim, com uma máquina deste tipo* (que, na experiência, se apoia numa base de madeira provida de quatro pés), *lindamente se mostra que os espaços percorridos por corpos graves com um movimento uniformemente acelerado estão na razão duplicada dos tempos. Este instrumento foi inventado pelo meu mestre, homem muito considerado, o Marquês Giovanni Poleni.*

Da descrição de dalla Bella é evidente que a função da esfera pequena é destapar o orifício a fim de permitir o fluxo de mercúrio. No começo, esta esfera mantém o orifício tapado por meio dum fio que o atravessa. Um fio, de comprimento bem determinado, que liga a lingueta de ferro à esfera maior, passando por cima de uma das roldanas, assegura que, no preciso momento em que termina a queda desta esfera, se feche o orifício através do qual o mercúrio estava a passar. De início, a esfera maior é mantida fixa ao nível das roldanas por meio dum fio (um dos dois cordéis que lhe estão ligados). Inicia-se a experiência cortando simultaneamente o fio que prende a esfera pequena encostando-a ao orifício e o fio que sustenta a esfera maior impedindo a sua queda. Segundo Salvador dal Negro, era notável a precisão que esta máquina permitia.

É natural perguntar por que motivo caiu no esquecimento este instrumento. A resposta é óbvia. Um aparelho muito mais eficaz e sofisticado fora descoberto, a máquina de Atwood, representando um notável progresso tecnológico. Este instrumento é uma das peças mais valiosas do Museu de Física. Foi construído ainda em vida do seu inventor e faz parte do material enviado de Londres por João Jacinto de Magalhães.

#### **4. Vicissitudes do Gabinete de Física Experimental**

O que resta actualmente do Gabinete de Física da Universidade de Coimbra, apesar de ainda constituir uma magnífica colecção de instrumentos, é apenas uma pálida imagem daquilo que foi no tempo da sua criação. A usura do Tempo fez-se sentir inexoravelmente, mas mais o delapidaram a insensibilidade e a visão pouco esclarecida dos homens. Durante as Invasões Francesas, ocorreu uma

pilhagem de peças e belos instrumentos do Gabinete de Física. Mais tarde, o rico acervo museológico veio a ser leiloadado e muitas das suas peças metálicas fundidas e destinadas a canalizações.

Observemos, a traços largos, que a acção dos directores nem sempre foi modelar. Com os dois primeiros, Lacerda Lobo e Figueiredo Freire, o património museológico foi preservado e conservado nos lugares originais, como pode verificar-se no Catálogo de Figueiredo Freire. Lacerda Lobo ampliou mesmo a colecção, embora com peças de valor artístico inferior, destinando-lhes nova sala, contígua à primitiva.

Sanches Goulão rejeitou as catalogações dos seus antecessores e removeu do espólio do Gabinete instrumentos caídos em desuso ou avariados. Cerca de 200 aparelhos antigos foram omitidos do seu Catálogo.

A Goulão sucedeu Jacinto de Sousa e a delapidação do património prossegue. Novo inventário e nova numeração de peças vêm à luz e novo desaparecimento de material ocorre. Como Mário Silva refere, há *indicações erradas, nomes estropiados e erros de doutrina.*

Sob a direcção de Santos Viegas, o depauperamento da riquíssima colecção de instrumentos progride, com inutilização e estragos de material.

Teixeira Bastos, ao assumir a direcção do Gabinete de Física Experimental, depara com um amontoado de instrumentos inutilizados nas dependências que serviam de armazéns. Obtém autorização do Director da Faculdade de Ciências para alienar *trastes e velharias* e tem lugar um leilão de metais primorosamente trabalhados, ferros artísticos, madeiras preciosas, etc.

Em 1937, Mário Silva procede à reinstalação do Gabinete, apesar de lhe ter sido recusado o apoio logístico que solicitara às autoridades. No lapso de um ano, recolhe instrumentos dispersos, readquire outros vendidos e restaura peças danificadas. Houve então que proceder à identificação das próprias salas onde o antigo Gabinete fora instalado, pois até o seu espaço físico se esvaíra da memória. Face à alienação do património do Museu, o Catálogo de dalla Bella revelar-se-ia uma fonte de valor inestimável. Como Mário Silva refere, o *Index Instrumentorum* permitiu a reconstituição do Gabinete na época pombalina.

Na Exposição *Les Mécanismes du Génie*, realizada em Charleroi, na Bélgica, aquando da Europalia 91, foi exibida uma colecção de instrumentos do Museu Pombalino de Física e do Observatório Astronómico da Universidade de Coimbra com êxito assinalável. A Exposição *O Engenho e a Arte*, inaugurada em Coimbra em Janeiro de 1997, assinalou a abertura regular das portas do Museu ao público. Esta exposição, também apresentada na Fundação Calouste Gulbenkian, em Lisboa, e, posteriormente, na Câmara Municipal de Coimbra, incluía, na sua grande parte, as belas peças que estiveram expostas em Charleroi.

## 5. Epílogo

No espólio do Museu existem alguns trabalhos dos seus directores, mas é incontestável que os frutos produzidos não correspondem aos meios disponibilizados. Segundo Mário Silva, teriam tido especial importância as experiências que Dalla Bella comunicou em 1782 à Academia das Ciências de Lisboa. O sucesso das suas experiências com o famoso Magnete doado pelo Imperador da China ao monarca D. João V, ter-lhe-á valido a descoberta em 1782 da *lei das acções magnéticas*, universalmente atribuída a Coulomb. Num trabalho de 1782, o experimentalista patavino conclui assim:

*Confrontando os números do cálculo com os da experiência, se conhece que as forças magnéticas dos dois Imans que serviram para esta experiência, mostram seguir muito proximamente a razão inversa dos quadrados das distâncias, até à de duas polegadas.*

Coulomb só em 1785 publicou o trabalho contendo o enunciado desta mesma lei, cabendo naturalmente a dalla Bella a prioridade da descoberta. A causa deste lapso dever-se-ia ao facto dos dirigentes da Academia das Ciências de Lisboa conservarem no esquecimento dos arquivos durante quinze anos a memória de dalla Bella. Convém observar que Rómulo de Carvalho coloca reservas à exactidão dos resultados obtidos por dalla Bella [8].

Algumas questões se impõem: ter-se-á, de facto, sabido tirar partido das condições materiais que o equipamento científico do Gabinete proporcionava? Ter-se-iam ali realizado experiências de algum modo notáveis? Para que serviram deveras os instrumentos do Gabinete de Física? Teriam sido utilizados para algo mais do que meros entretenimentos intelectuais ou inócuas demonstrações pedagógicas? Teriam incutido nos estudantes o espírito experimentalista que a Reforma visava?

Aparentemente, muitas máquinas do Museu tiveram uso escasso, conservando ainda agora as etiquetas de origem. Acaso aquele riquíssimo património houvesse sido devidamente valorizado e usufruído talvez nos pudessemos orgulhar de uma mais significativa produção científica. Lamentavelmente, nem perante condições materiais propícias, o nosso papel na criação de saber deixa de ser periférico. Todavia, compenetre-mos de que não há fatalidade histórica que vença o fundo desiderato dos homens ...

**Agradecimentos** Expressamos a nossa gratidão ao Professor João Caraça, com quem trocámos opiniões decisivas para o completo esclarecimento do uso da Máquina de Poleni, e aos Professores Américo Costa Ramalho e Nair Castro Soares pela valiosa ajuda na tradução do texto latino de dalla Bella.

## Bibliografia e sugestões de leitura

1. Teodoro de Almeida, *Recreação Filosófica*, 10 vols., Lisboa, 1751-1800.
2. N. Bebiano, Mathematical Horizons in Portugal in the 18<sup>th</sup> Century, *Historia Mathematica*, 23 (1996) 239-245.
3. N. Bebiano, O culto das musas pelos matemáticos de Coimbra, *Universidade(s). História. Memória. Perspectivas*, Actas do Congresso "História da Universidade", Coimbra (1991), Vol. 4 111-126.
4. Teófilo Braga, *História da Universidade de Coimbra*, Vol. III, Lisboa, 1899.5. Rómulo de Carvalho, História do Gabinete de Física da Universidade de Coimbra, Universidade de Coimbra, Biblioteca Geral, 1978.
6. Rómulo de Carvalho, *A Física experimental em Portugal no séc. XVIII*, Instituto de Cultura e Língua portuguesa, Lisboa, 1982.
7. Rómulo de Carvalho, "A Física na reforma pombalina", *História e desenvolvimento da ciência em Portugal*, Academia das Ciências de Lisboa, 1986, [Reproduzido em *Actividades científicas em Portugal no séc. XVIII*, Universidade de Évora, 1996].
8. Rómulo de Carvalho, *A pretensa descoberta da lei das acções magnéticas por dalla Bella*, em *1781, na Universidade de Coimbra*, *Revista Filosófica* — Ano IV — n.º 11, Coimbra, 1954.
9. Francisco de Lemos, *Relação Geral do Estado da Universidade (1777)*, Por Ordem da Universidade, Coimbra, 1980.
10. João da Providência, *O Museu Pombalino de Física e a Reforma Pombalina*, *Revista Colóquio/Ciências*, 19 1997, 55-68.
11. Mário A. Silva, *Um novo Museu em Coimbra — o Museu Pombalino de Física da Faculdade de Ciências da Universidade*, *Revista da Faculdade de Ciências da Universidade de Coimbra*, no. 1, vol. VIII 129-154.
12. Mário A. Silva, *A actividade científica dos primeiros directores do Gabinete de Física que a reforma pombalina criou em Coimbra, em 1772*, *Publications du Laboratoire de Physique de l'Université de Coimbra*, no.4, 155-198.
13. Luís António Verney, *Verdadeiro Método de Estudar*, 5 vols. Sá da Costa, 1949-1952, Lisboa.
14. *Estatutos da Universidade de Coimbra (1772)*, Livro III, Por Ordem da Universidade, Coimbra, 1972.
15. *O Humanismo Português 1500-1600*, Publicações do II Centenário da Academia das Ciências de Lisboa, 1988.
16. *Les Mécanismes du Génie*, Editor Responsável: Dr. Robert de Smet, Europália 91, Portugal, 1991.
17. *O Engenho e a Arte* Coleção de Instrumentos do Real Gabinete de Física, Universidade de Coimbra e Fundação Calouste Gulbenkian, 1997.

**João da Providência é Professor Catedrático da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, Departamento de Física. É director do Centro de Física Teórica e especialista em Física Teórica de Muitos Corpos.**

**Natália Bebiano é Professora Associada com Agregação na Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, Departamento de Matemática.**

# A INTERNET PARA PRINCIPIANTES

JOSÉ MANUEL PIRES MARQUES<sup>1</sup>

FERNANDO COSTA PARENTE<sup>2</sup>

Departamento de Física da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa  
Campo Grande, Edifício C1, 4.º Piso, 1700 LISBOA

Neste artigo, são apresentados e definidos os conceitos fundamentais para a compreensão da Internet por parte daqueles que querem utilizar as extraordinárias possibilidades desta rede mas não podem perder muito tempo a apreender tudo o que ela envolve.

## 1. Introdução

A Internet (de *Interconnected Networks* ou *Internetwork System*) é uma rede global constituída por um conjunto de sub-redes, com milhões de computadores ligados entre si e que hoje se designa, em geral, simplesmente por *rede*. As suas origens remontam a 1969 com a criação por parte do Departamento de Defesa dos Estados Unidos de uma rede de computadores, a ARPANET, com a finalidade de facilitar a troca de informações militares em caso de ataque nuclear. Foi com base nessa rede, que em 1984 a *National Science Foundation* (NSF) criou a NSFNET para ligar instituições de ensino e investigação científica. Sendo a sua utilização financiada pelo governo americano, o uso desta rede por parte de entidades privadas esteve sempre bastante limitado. A partir de 1990 foram levantadas parte das restrições ao seu uso por entidades privadas bem como teve lugar nos EUA a aprovação de um conjunto de medidas tendentes à criação das chamadas auto-estradas da informação *HPCA High Performance Computing Act* (1991) e *NIIAA - National Information Infrastructure Agenda for Action* (1993) - o que provocou o crescimento exponencial na utilização da rede, que ainda hoje se verifica.

Ao contrário do que acontece em alguns sistemas *on-line* (em tempo real) em serviço há já algum tempo, onde a informação reside num grande computa-

dor, como acontece por exemplo na *Compuserve*, *America Online* (EUA) ou nas muitas e populares *BBS* (*Bulletin Board System*) existentes, na Internet a informação encontra-se distribuída por milhares de computadores em todo o mundo. Além da informação, também as comunicações funcionam de um modo distribuído, isto é existe mais do que um modo de ligação de um ponto (*nó da rede*) a outro. Tecnicamente, cada mensagem é dividida em várias partes ou pacotes (*packets*) para facilitar a comunicação, seguindo cada um o caminho mais conveniente. No nó de destino, os diferentes pacotes são de novo reunidos pela ordem original. Assim, é aumentada a eficiência da transmissão e, no caso de parte da rede deixar de funcionar, os pacotes podem atingir o destino através dos nós que se mantenham em funcionamento.

Actualmente a Internet é muito mais do que uma rede utilizada essencialmente por instituições de investigação científica, universidades e organismos governamentais ligados sobretudo à defesa. A Internet tornou-se num emblema cultural representativo daquilo que o futuro representa já hoje e do que é possível acontecer quando a utilizadores comuns é dada a capacidade de comunicar entre si sem limitação. Caracterizada como super auto-estrada da informação constitui, sem

<sup>1</sup> ze@alf1.cii.fc.ul.pt

<sup>2</sup> parente@alf1.cii.fc.ul.pt

**Conceitos básicos  
sobre redes**

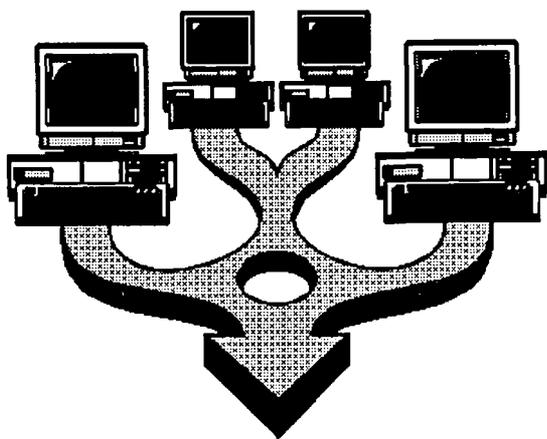
**Ligação à Internet**

**O modelo  
Cliente/Servidor**

**Serviços da Internet**

dúvida, uma das melhores razões para se ter um micro-computador em casa.

O que é que as pessoas fazem então na Internet? Trocam mensagens por correio electrónico, navegam no chamado *ciberespaço*<sup>3</sup>, obtendo informações sobre praticamente qualquer assunto, consultam horários de aviões, compram bilhetes para espectáculos, encomendam livros, trocam programas entre si, etc. No entanto, o crescimento acelerado do tráfego na REDE, a sua importância estratégica no desenvolvimento técnico-científico bem como o seu potencial económico, levaram os EUA a criarem recentemente algumas medidas tendentes ao controlo do seu desenvolvimento e exploração comercial. Algumas destas medidas têm gerado bastante controvérsia. Estão em causa sobretudo implicações económicas e sociais. Há quem receie o potencial de vigilância e controlo destas tecnologias, essencialmente no que se refere à vigilância electrónica por parte dos estados sobre o conteúdo da informação que circula na rede e a capacidade de fichagem individual dos cidadãos. Há no entanto que salientar o indelével potencial democrático da REDE na concretização da ideia de **Aldeia Global** no que diz respeito à difusão da informação. Outro ponto polémico é a comercialização da REDE, que pode vir a limitar o acesso a cidadãos e organismos com menos recursos económicos.



A Internet está já hoje a alterar o nosso comportamento. Vemos cada vez mais nos meios de comunicação social referências a endereços electrónicos e páginas WWW, já para não falar nos casos de pessoas que se conheceram, namoraram e cujos casamentos aí começaram. Num futuro próximo, o acesso à REDE será tão banal como é hoje o acesso à rede telefónica. Os sectores mais tradicionais das actividades económicas começaram já a aperceber-se das potencialidades deste mercado emergente. Assim, estão já a surgir no mercado computadores mais baratos e de utilização simplificada (*Net PC*) e televisores capazes de navegar na Internet (*Net TV*).

Em Portugal o acesso à Internet começou, tal como na generalidade dos países, na década de 80. De início possibilitava apenas acesso remoto a computadores de universidades através da rede telefónica. A instalação de um nó EARN (*European Academic and Research Network*) em 1986 na Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa e a criação nesse mesmo ano da FCCN (*Fundação para a Computação Científica Nacional*) deu origem à instalação da primeira Rede da Comunidade Científica Nacional (RCCN). Inicialmente circunscrita à comunidade académica e científica nacional, tem vindo a generalizar-se essencialmente devido ao aparecimento no mercado de diversos fornecedores comerciais de acesso através da rede telefónica (*Service provider*). A ligação típica é efectuada através de uma linha telefónica normal, dedicada ou não, ou por uma linha digital RDIS (*Rede Digital com Integração de Serviços*). A diminuição dos custos do equipamento informático aliada à facilidade de utilização dos computadores actuais tornou bastante acessível a ligação individual à Internet.

## 2. Conceitos básicos sobre redes

Uma rede é constituída por um conjunto de computadores ligados entre si por um canal de comunicação. Uma rede que ligue computadores de uma dada Instituição designa-se por Rede Local (LAN — *Local Area Network*). Caso os computadores se encontrem distribuídos por uma área maior (cidade, país, etc.), denomina-se Rede Alargada (WAN — *Wide Area Network*).

### 2.1 Protocolos de comunicação

Na Internet estão interligados vários tipos de redes, quer quanto à cobertura geográfica quer quanto à tecnologia utilizada. Para que seja possível comunicar entre elas é necessário que existam regras comuns — protocolos — que regulem a forma como os pacotes de dados são organizados e enviados entre computadores. A Internet é baseada num conjunto ou família de protocolos designados por TCP/IP (*Transmission Control Protocol/Internet Protocol*).

### 2.2 Endereçamento

Cada nó da rede tem um endereço IP constituído por uma cadeia numérica de 4 bytes<sup>4</sup> (32 bits) separados

<sup>3</sup> Do título do livro de ficção científica de William Gibson "Cyberspace". Neste livro o ciberespaço surge como um ambiente integrado onde computadores e pessoas vivem e trabalham num espaço virtual — *Matrix* — para elas tomado como real.

<sup>4</sup> 1 byte representa um conjunto de 8 bits (1bit, de *binary digit*, representa um dos 2 símbolos possíveis, 0 ou 1, do sistema binário). Com 1 byte é possível representar 256 números (0 a 255).

entre si por pontos (ex. 199.119.9.1). Este endereço identifica univocamente o computador (*host*) na rede. Com 4 bytes o número máximo de endereços disponíveis é de  $2^{32} = 4\,294\,967\,296$ . No entanto, para tornar as comunicações mais simples nem todos os endereços são utilizados. No IP a cada rede é atribuído um número de rede. A cada computador (*host*) dessa rede corresponde um nó identificado também por um número. Assim, cada endereço IP é constituído por duas partes: rede.nó. Existem várias formas de divisão dos quatro bytes do endereço entre o número da rede e o número do nó, dependendo da dimensão da rede.

### 2.3 Encaminhamento

Como vimos, uma mensagem é constituída por vários pacotes podendo cada um deles seguir o seu próprio caminho. Nesta acepção, a Internet é uma rede de comutação de pacotes de informação (*packet switching network*). Este modelo de funcionamento exige que cada pacote tenha embebida a sua própria informação de endereçamento. Exige também a existência de sistemas - *routers* - capazes de ler esta informação e enviar os pacotes para os respectivos destinos. Até uma mensagem atingir o seu destino passa por vários *routers*.

### 2.4 Nomes e Domínios

A identificação de computadores através de cadeias de números torna difícil a sua memorização. A solução encontrada foi a de utilizar nomes em vez de números. Tal como no endereço IP, os nomes encontram-se separados por pontos (ex. comp.cc.fc.ul.pt), mas agora sem qualquer limitação quanto à quantidade de nomes e pontos utilizados. Claro que a cada nome deve corresponder um endereço IP único. A ideia geral é a de que o utilizador não deve ter necessidade de conhecer o número de um determinado computador com o qual pretende comunicar, mas apenas o seu nome. Para isso torna-se necessária a existência algures de uma base de dados que associe, de forma transparente, a cada nome um número antes de enviar pacotes para a rede. Tal sistema denomina-se por Sistema de Nomes do Domínio - DNS (*Domain Name System*). Este sistema encontra-se, regra geral, distribuído por vários computadores, designando-se cada um deles por Servidor de Nomes do Domínio (*Domain Name Server*) ou simplesmente Servidor de Nomes. Um domínio identifica, regra geral, uma dada instituição ficando a primeira posição, em geral, disponível para o nome do computador em causa. No exemplo apresentado, o computador comp insere-se no domínio cc.fc.ul.pt sendo este domínio comum a todos os computadores nele inseridos e designando-se por *FQDN* (*Fully Qualified Domain Name*).

O domínio encontra-se organizado hierarquicamente. Por exemplo o domínio cc.fc.ul.pt encontra-se atribuído ao Centro de Cálculo (.cc) da Faculdade de Ciências (.fc) da Universidade de Lisboa (.ul), Portugal (.pt). O código do país designa-se por domínio geral geográfico (*top-level geographical domain*) ou simplesmente domínio geral. Eis os códigos de alguns países:

- .pt - Portugal
- .uk - Reino Unido
- .fr - França
- .at - Áustria
- .gr - Grécia
- .ca - Canadá
- .ch - Suíça
- .jp - Japão
- .de - Alemanha
- .us - EUA

O código .us é raramente utilizado e a razão deve-se ao facto de inicialmente existirem apenas seis domínios gerais, todos eles referentes a *sites* nos EUA e designados por domínios gerais por tipo de organização (*top-level organizational domains*):

- .gov - Entidades governamentais (ex. nasa.gov)
- .com - Organizações comerciais (ex. ibm.com)
- .edu - Instituições de ensino (ex. uoregon.edu)
- .mil - Instituições militares (ex. arpa.mil)
- .org - Instituições sem fins lucrativos (ex. aps.org)
- .net - Instituições ligadas à administração da rede (ex. internic.net)

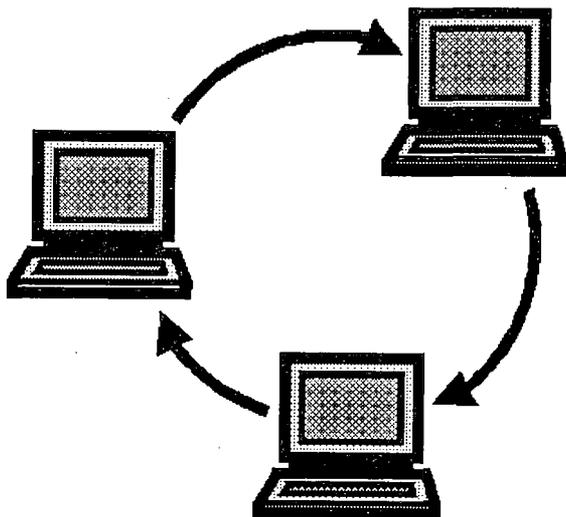
tendo os códigos dos outros países surgido mais tarde. Os domínios gerais .mil, .gov e .edu encontram-se reservados para uso exclusivo dos EUA. Os outros três apesar de representarem, em geral, instituições americanas, podem ser utilizados por organizações de outros países. O que é importante garantir é não existirem repetições, pelo que todos os nomes devem ser registados junto da InterNIC (*Internet Network Information Center*). Por norma as organizações pedem nomes que facilitem a sua identificação, tais como microsoft.com ou whitehouse.gov. Note-se, que nos exemplos anteriores não é indicado nenhum computador em concreto. Já no exemplo comp.cc.fc.ul.pt, o computador comp pertence ao Centro de Cálculo (cc) da Faculdade de Ciências (fc) da Universidade de Lisboa (ul) em Portugal (pt).

### 2.5 Endereços electrónicos pessoais

Os utilizadores têm endereços electrónicos de correio (e-mail) pessoais com a forma  
id\_utilizador@endereço\_computador.

O nome ou id do utilizador é obtido junto do fornecedor de serviço e vem antes do símbolo @ (lê-se at). Por exemplo o utilizador joaquim que utiliza a Telepac como ISP terá como e-mail

joaquim@mail.telepac.pt.



### 3. A ligação à Internet

Para aceder à Internet necessitamos de um computador (geralmente um PC ou um Macintosh) e de um meio de ligação a um dos vários Fornecedores de Acesso existentes no mercado. A ligação pode ser efectuada através de uma linha telefónica normal, dedicada ou não, ou por uma linha digital RDIS — ISDN (*Integrated Services Digital Network*). Para isso necessitamos de:

- um *modem* (*modulator* — *demodulator*), caso o acesso seja efectuado através das linhas telefónicas normais. O que o modem faz é converter os dados digitais do computador em dados analógicos capazes de serem transmitidos através destas linhas telefónicas e, converter para digital os dados recebidos delas. Os modems podem ser internos (colocados no interior do computador) ou externos (ligados a este através da porta série). Quanto à velocidade de transmissão-recepção mede-se em bits por segundo (bps — *bits per second*) ou kilobits por segundo (kbps ou, simplesmente, k). As velocidades máximas mais correntes são 2400, 9600, 14400 (14.4 k), 28800 (28.8 k). Os modems de 56 k acabam de chegar ao mercado na altura em que este artigo está a ser escrito. Não confundir no entanto *bps* com *bauds*. O *baud* representa a taxa de variação ou de transições entre estados<sup>5</sup> de um sinal num canal de comunicação. Um *baud* representa uma dessas variações. Dependendo do tipo de modulação, um *modem* pode emitir um ou mais *bits* por cada *baud*;

- uma placa *ethernet*, colocada no interior do computador, caso o acesso seja efectuado através de uma rede local (LAN) por um cabo próprio.

Além do *hardware*, necessitamos também de programas, *software*, que nos permitam aceder à rede. A maior parte destes programas é fornecida com o sistema operativo utilizado (Windows95/98, WindowsNT, MacOS, Unix).

A configuração específica do *software*, ou seja as opções concretas que têm de ser indicadas para que a ligação funcione depende obviamente do tipo de ligação e dos serviços prestados pelo Fornecedor de Serviço.

No caso da ligação se efectuar através da linha telefónica (*dial-up connection*), as principais opções habitualmente disponíveis são os protocolos SLIP (*Serial Line Internet Protocol*) e PPP (*Point-to-Point Protocol*) que fazem parte da família de protocolos TCP/IP. A ligação via PPP é actualmente a mais utilizada visto ser mais avançada e estável que o SLIP. Dependendo do método utilizado pelo Fornecedor de Serviço, podemos ter ou não necessidade de conhecer o endereço IP do computador através do qual acedemos à rede:

- Endereçamento estático (PPP estático) — a cada utilizador é atribuído um número IP permanente.
- Endereçamento dinâmico (PPP dinâmico) — cada vez que o utilizador se liga é-lhe atribuído um número IP, que se mantém enquanto durar a ligação. Esta é a forma mais vulgar de ligação.
- Endereçamento emulado (pseudo-PPP) — o número IP atribuído no início da ligação é variável. Nos tempos mortos, nos quais não há troca de pacotes de dados, o número IP é considerado livre e atribuído a outro utilizador que dele necessite. A principal vantagem deste sistema é poder ter um grande número de utilizadores ligados com um mínimo de números IP atribuídos. A desvantagem é não se saber qual o IP atribuído e tornar, no caso de haver muitos utilizadores ligados em simultâneo, as comunicações mais lentas.

Em vez de uma linha telefónica normal é possível, e cada vez mais acessível, ligar através de uma linha digital RDIS. Nestas linhas o acesso básico é feito através de dois canais de dados de 64 kbps. A existência de mais de um canal permite múltiplas transmissões na mesma linha e em simultâneo. Na prática a capacidade de transmissão por canal é de duas a três vezes maior que uma comunicação com um *modem* a 28.8k. Em relação a uma linha analógica convencional a linha digital apresenta ainda tempos de estabelecimento de ligação muito curtos, uma imunidade ao ruído e às interferências muito grande

<sup>5</sup> Por estados entendemos frequências, níveis de tensão ou ângulos de fase.

e, além disso, a ligação à Internet pode ser realizada em simultâneo com uma conversa telefónica.

As grandes organizações, que pretendem ter um elevado número de pessoas a utilizar a Internet com ligações permanentes de grande velocidade utilizam linhas dedicadas. Estas linhas são, regra geral, alugadas às empresas de telecomunicações.

#### 4. O modelo Cliente/Servidor

A partilha dos recursos existentes na Internet é baseada no chamado modelo Cliente - Servidor (*Client - Server Model*). Os muitos e variados serviços oferecidos por programas servidores a correr num determinado *host* podem ser acedidos por programas cliente adequados (como se o termo cliente abrangesse a pessoa que o utiliza) localizados noutra (ou no mesmo) computador. Quando alguém está, por exemplo, a transferir ficheiros (*download*) da rede, utiliza um programa cliente que lhe fornece a interface, gráfica ou não, para aceder ao serviço. O programa remoto que recebe e processa o seu pedido é o programa Servidor. A comunicação entre o Cliente e o Servidor obedece a um determinado Protocolo. Podemos assim falar

- do Protocolo — no exemplo, protocolo de transferência de ficheiros FTP (*File Transfer Protocol*);
- do Servidor — no exemplo, servidor de FTP (programa remoto que aceita o pedido);
- do Cliente — no exemplo, cliente de FTP (programa que permite pedir o serviço);
- do Serviço — no exemplo, serviço de FTP (efectuado pelo *host* servidor).

Assim, quando dizemos, por exemplo, FTP, há que dizer se nos referimos ao protocolo, ao Servidor, ao Cliente ou ao Serviço.

#### 5. Os serviços da Internet

Nesta secção vamos analisar os principais recursos da Internet. O objectivo é dar uma ideia daquilo que esta rede actualmente oferece aos seus utilizadores.

##### 5.1 O correio electrónico (E-mail)

Este serviço permite enviar e receber mensagens através de um computador para, ou de, qualquer utilizador ligado à rede. O *e-mail* não significa contudo apenas mensagens convencionais. Os actuais programas de *e-mail* têm verdadeiras capacidades multimédia, sendo possível enviar textos, imagens, sons, vídeos ou programas de computador. De notar no entanto que existe um ser-

viço próprio para transferência de ficheiros, FTP, que será referido mais tarde.

Para enviar ou receber correio electrónico, o utilizador precisa de um endereço, uma caixa de correio, um serviço de entrega do correio recebido e de um sistema para enviar correio. O e-mail contém tudo isto:

- um serviço para levantar o correio recebido (*Post Offices*): programas que implementam o Protocolo POP (*Post Office Protocol*), denominados POP Servers;
- um sistema para transferir correio (*Delivery Systems*): programas que implementam o Protocolo SMTP (*Simple Mail Transfer protocol*), denominados SMTP Servers;
- caixas de correio (*Mailboxes*): áreas onde as mensagens são armazenadas até serem levantadas.

Os endereços concretos de e-mail são obtidos junto do Fornecedor do Serviço. Em geral é necessário um endereço para o Servidor SMTP, outro para o servidor POP (que pode ser o mesmo, dependendo do ISP) uma conta de e-mail e outra de POP. Vejamos um exemplo fictício para o utilizador xpto:

- Servidor SMTP: mail.telepac.pt
- Servidor POP: mail.telepac.pt
- Conta POP (*POP account*):  
xpto@mail.telepac.pt
- Endereço de correio (*mail account*):  
xpto@mail.telepac.pt

O correio electrónico pode também ser utilizado para distribuir mensagens sobre um determinado tema a um conjunto de subscritores. A lista de subscritores designa-se por *Lista de Distribuição (Mailing List)*. Todo o correio enviado (*posted* na gíria informática) para uma determinada Lista de Distribuição é distribuído por todos os assinantes da Lista através do seu endereço electrónico. Existem Listas de Distribuição sobre os mais variados temas, desde estações de rádio a clubes de futebol.

##### 5.2 Ligação remota (telnet)

Este serviço TELNET permite aceder a um computador remoto independentemente do local onde este se encontra. Uma vez estabelecida a ligação, o utilizador actua como se estivesse directamente ligado ao computador acedido. Claro que para isso é necessário ter uma conta aberta nesse computador (isto é, possuir autorização para utilizar esse computador e uma área de memória atribuída), pois o utilizador é convidado a digitar o seu *username* ou *login* e a sua *password*, para se poder ligar à máquina em questão. O TELNET não é uma aplicação gráfica, pelo que a ligação não permite lançar programas que exijam uma interface gráfica.

### 5.3 FTP (File Transfer Protocol)

O serviço de transferência de ficheiros, FTP, tal como o seu nome sugere, serve para transmitir e receber ficheiros entre computadores (*hosts*), por exemplo entre o computador que estamos a usar e um noutro no qual tenhamos área aberta.

Existem também na Internet máquinas públicas destinadas a fornecer dados, usualmente programas e documentos, via FTP. Tais máquinas designam-se por servidores de FTP **anónimos** (*anonymous FTP Servers*). Anónimos porque ao estabelecermos a ligação, devemos introduzir como *username* a palavra *anonymous* e como *password* o nosso endereço de correio electrónico. Após a ligação estabelecida, o utilizador pode fazer o *download* (cópia para o seu próprio computador) dos ficheiros em que estiver interessado. Quase todas as grandes empresas de *software* e *hardware* possuem servidores anónimos de FTP onde disponibilizam vários produtos, por exemplo as actualizações (*update*) de programas. Além das grandes empresas existem pequenas empresas e particulares que utilizam este tipo de serviço para fornecer *software*, quer em regime de *freeware* (gratuito) quer em regime de *shareware* (regime em que o utilizador pode fazer o *download* gratuitamente enviando depois um pequeno pagamento ao autor do programa caso esteja interessado em continuar a utilizá-lo).

### 5.4 Grupos de discussão (Usenet newsgroups)

Estritamente falando, a Usenet (*Unix User Network*) vulgarmente conhecida por *news*, é uma rede independente e não faz parte de Internet. No entanto a maior parte dos sites da Internet aceitam tráfego da Usenet podendo desta forma os seus utilizadores utilizá-la de uma forma transparente. A Usenet é constituída por um conjunto muito grande de grupos de discussão temática que envolvem milhões de pessoas em todo o mundo. Estes grupos designam-se por *newsgroups* e os contributos individuais designam-se por artigos (ou *postings* ou *news*). A Usenet obedece ao Modelo Cliente/Servidor sendo por isso necessário um programa específico para ler os artigos (*news client*) e um Servidor para os armazenar (*news server*). O protocolo utilizado neste processo denomina-se NNTP (*Network News Transfer Protocol*).

Existem grupos de discussão sobre praticamente todos os temas em que se possa pensar (por mais esotéricos que lhe possam parecer) e como são aos milhares, o melhor é **subscriver** apenas os grupos que lhe interessam. Desse modo cada vez que activar o seu leitor de *news*, receberá a informação sobre as mensagens que entretanto chegaram. Por norma as mensagens são mantidas cerca de duas semanas no servidor. Ao ler uma mensagem pode responder, participando assim no grupo em questão.

De uma forma análoga à estrutura dos nomes dos domínios também os nomes dos grupos de *news* obedecem a uma determinada hierarquia composta por palavras

separadas por pontos. No entanto, e contrariamente aos nomes dos domínios, o topo da hierarquia é constituído pela primeira palavra. Por exemplo no grupo *pt.desporto.futebol* o topo da hierarquia é *.pt*. Os topos de hierarquia mais comuns são

- .alt – tópicos controversos ou inabituais
- .bionet – investigação biológica
- .bit.listserv – listas de distribuição da rede *Bitnet*
- .clarinet – *news* comerciais da rede *Clarinet*
- .comp – sobre computadores
- .news – sobre a própria *Usenet*
- .rec – divertimentos
- .sci – sobre ciência

### 5.5 – WWW (World Wide Web) - A Teia global

O *World Wide Web* (WWW), frequentemente designado apenas por *Web*, é a mais recente aplicação da Internet. Muitas vezes confundida com a própria Internet, é a aplicação mais cobiçada, e uma das mais utilizadas da rede. É também a grande responsável pelo formidável crescimento de utilização da rede a que hoje assistimos.

A *Web* surgiu no *Centre Européen de Recherches Nucléaires* (Centro Europeu de Investigação Nuclear) – CERN, em Genebra. Tim Berners-Lee, um recém-licenciado pela Universidade de Oxford, pretendia criar no CERN um novo tipo de sistema de informações através do qual os investigadores pudessem colaborar e trocar informações entre si. Para tal usou a técnica do **hipertexto** para ligar entre si um conjunto de documentos. Um hipertexto é um texto com palavras-chave (hiperligações - *hyperlinks*) que nos permitem aceder directamente a outros documentos, independentemente da sua localização. Em 1994 foi fundado o Consórcio W3 (W3C) que tem como principal tarefa desenvolver normas (*standards*) para o uso da *Web*. Este Consórcio tem o apoio de muitas instituições governamentais de vários países.

A *Web* baseia-se no protocolo HTTP (*HyperText Transfer Protocol*). Este protocolo, tal como hoje existe, foi criado no CERN em 1990 e faz uso extensivo de aplicações multimédia, tais como imagem e som. A linguagem dos documentos colocados na rede, designados por **páginas**, é o HTML (*HyperText Markup Language*). O endereço específico em que uma dada página pode ser encontrada designa-se por URL (*Uniform Resource Locator*). Um URL tem a seguinte forma:

protocolo://servidor/ficheiro

Para a *Web* o protocolo é como vimos o *http*. Assim, para um documento de nome *texto.htm* localizado na directoria *dir* de um determinado servidor o URL será dado por:

*http://servidor/dir/texto.htm*

Esta forma de identificar a informação disponibilizada na rede é geral. Por exemplo se em vez de um servidor

de WWW tivéssemos um servidor de FTP, o seu URL seria:

ftp://servidor/ficheiro

Para podermos aceder às páginas da Web, necessitamos de um programa que possa aceder a um dado URL, e que entenda a linguagem HTML, em que o documento está escrito. Tal programa designa-se em gíria informática um *browser*. Os mais conhecidos são o *Netscape Navigator* da Netscape e o *Internet Explorer* da Microsoft. Estes *browsers* utilizam uma interface gráfica orientada para a utilização do rato. A navegação é feita apontando com o rato para determinadas zonas marcadas (habitualmente sublinhadas ou/e a outra cor) – *hiperlinks* – que ligam entre si documentos nos mais variados locais. É o que se designa por *surfing na net*. Esta “navegação” é cada vez mais um processo interactivo, através do qual é possível, por exemplo, consultar bibliotecas ou preencher formulários.

Existem actualmente milhões de páginas na Web e este número aumenta todos os dias. Estas páginas cobrem os mais variados temas. Com tantas páginas na rede, surge obviamente o problema de como procurar informação específica. Para isso existem vários catálogos ou índices temáticos e também os chamados Motores de Busca (*Search Engines*) que nos permitem fazer pesquisas temáticas, ou por palavras-chave, na rede. Em geral as duas funções estão associadas. Eis alguns dos mais populares:

AltaVista - <http://altavista.digital.com/>

Lycos - <http://www.lycos.com/>

Excite - <http://www.excite.com/>

Yahoo - <http://www.yahoo.com/>

Em Portugal existem também alguns Motores de Busca, dos quais destacamos

SAPO - <http://www.sapo.pt/>

AEIOU - <http://www.aeiou.pt/>

CUSCO - <http://www.cusco.pt/>

### 5.6 Outros serviços

Existem muitos outros serviços na Internet, mas menos utilizados do que os referidos até aqui ou mesmo em desuso. Eis alguns deles.

#### 5.6.1 Conversação em tempo real (IRC – Internet Relay Chat)

O IRC é um sistema de teleconferência onde um conjunto de utilizadores pode “conversar” em tempo real sobre um determinado tema. Cada palavra é escrita e imediatamente transmitida à totalidade dos restantes participantes que pode atingir vários milhares distribuídos por todo o planeta.

#### 5.6.2 Finger

Este é um serviço que permite obter informação sobre um utilizador específico num determinado *host* ou sobre os utilizadores desse *host* em geral. A informação obtida é do domínio público e disponibilizada para o efeito por cada utilizador.

#### 5.6.3 Gopher e Veronica

O *Gopher*, é um serviço que permite aceder a informação através de menus. A cada opção desses menus podem estar associados ficheiros ou outros serviços (por exemplo telnet). Apesar de ser relativamente recente (1994), devido ao aparecimento do WWW, que permite muito mais opções de uma forma muito mais atraente, o *Gopher* encontra-se agora praticamente em desuso.

O serviço *Veronica* (*Very Easy Rodent-Oriented Netwide Index to Computerized Archives*) é acedido através do *Gopher* e destina-se a facilitar a navegação nos menus destes.

#### 5.6.4 Archie

O serviço *Archie* serve para procurar um ficheiro nos milhares de servidores anónimos de ftp que existem em todo o mundo. Por exemplo imagine que se pretende obter o programa *xpto* que se pensa existir algures num servidor de ftp anónimo. Para isso entramos no serviço de *Archie* e digitamos a palavra *xpto*. Passados alguns instantes devemos obter uma listagem com os locais onde a informação que pretendemos se encontra.

Este serviço encontra-se também em desuso devido aos *Search Engines* do WWW, que permitem obter a mesma informação de uma forma mais fácil.

#### 5.6.5 WAIS

O WAIS (*Wide Area Information Server*) é outro dos serviços que o WWW veio tornar obsoleto. Este sistema destina-se à pesquisa de documentos em bases de dados numa linguagem simples e com recurso a palavras chave.

### Bibliografia

1. P. Syros and V. Terzopoulos, *Web for Schools Internet Starter Kit*, Context – European Education Magazine, N.º 17, 1997.
2. A. Costa, E. Rodrigues, F. Pinto, J. Macedo e M. Nicolau. *Internet – Guia prático do Cibernauta*. Ed. Campo de Letras, Porto, 1995.
3. Manuel Lemos. *Estar na Internet*. Ed. MacGraw-Hill de Portugal, Lisboa, 1997.

**José Manuel Pires Marques é Professor Auxiliar da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa.**  
**Fernando Costa Parente é Professor Associado na mesma instituição e especialista em Física Atómica.**

## JUBILAÇÃO DO PROF. MANUEL FERNANDES LARANJEIRA

*No passado dia 21 de Outubro efectuou-se, no Campus Universitário da FCT, no Monte de Caparica, a cerimónia de jubilação do Prof. Doutor Manuel Fernandes Laranjeira, Decano da Universidade Nova de Lisboa. O Prof. Manuel Laranjeira desenvolveu a sua carreira como físico sendo a sua actividade um exemplo de universitário.*

O Professor Manuel Fernandes Laranjeira nasceu em Cabanas de Viriato, em 1928, mas é filho adoptivo de Torres Vedras. Estudou na Escola Secundária Municipal de Torres Vedras. Frequentou o Instituto Superior Técnico, mas licenciou-se em Ciências Físico-Químicas (1951) na Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa.

Trabalhou de seguida com o famoso Professor Júlio Palácios no Centro de Física da antiga CEEN-Comissão de Estudos de Energia Nuclear, que funcionou no Instituto Português de Oncologia, em Palhavã.

Em 1956, como bolseiro do Instituto de Alta Cultura, vai estagiar no Laboratorium voor Massaspectrografie, predecessor do FOM — Instituut voor Atoom-en Molecuulfysica, em Amesterdão, na Holanda, sob a orientação do Prof. Jaap Kistemaker. Aí ficaram célebres os seus trabalhos e deduções, após exaustivas noites de estudo. E num tempo recorde para o que era hábito nesse país, em três anos, obtém o grau de Doctorandus (1958) e o Doutoramento em Física e Matemática (1959), pela Universidade de Leiden, com uma tese sobre Termodifusão em misturas gasosas.

Ao voltar à CEEN opta por se manter nesta organização como investigador e procura entusiasmar jovens licenciados para as tarefas da investigação. Em 1963 no Centro de Física da CEEN, no Instituto Português de Oncologia deu início aos trabalhos de retrodispersão de Rutherford com partículas beta em vários alvos usando um dispositivo experimental projectado e construído no laboratório. Também se iniciaram então os trabalhos com vácuo chegando-se mesmo a  $10^{-4}$  torr, no limiar do alto vácuo.

Conhecedor das potencialidades da espectrometria de massa, no início da década de 60 elabora a proposta de compra do primeiro Espectrómetro de Massa que foi instalado no País. Tratava-se do MS2 da AEI, um espectrómetro de desvio magnético. Cria-se então o Laboratório Calouste Gulbenkian de Espectrometria de Massa e Física Molecular (1964) que deu posteriormente origem ao Centro de Física Molecular e ao Centro de Espectrometria de Massa, ambos das Universidades de Lisboa. Lança as bases para o arranque de investigação experimental. Por volta de 1965 envia para o estrangeiro parte dos seus colaboradores e continua a preparação de outros no País.

Obtém o título de Professor Agregado em Física, em 1967, após concurso no IST, seguindo pouco tempo depois para a Universidade de Luanda. É professor Catedrático da Universidade de Luanda de 1971 a 1974,

sendo Director do Gabinete de Planeamento da Universidade e Sub-Director da Faculdade de Ciências. Em 1974 assume o cargo de Vice-Reitor tendo sido após o 25 de Abril, o Presidente em exercício do Conselho Executivo da Universidade.

Toma o lugar de Professor Catedrático da Universidade Nova de Lisboa no final de 1974, vindo a ser o seu Reitor de 1975 a 1977. Foi o primeiro Reitor eleito das Universidades Portuguesas. Trata-se de um período conturbado. Não se sabe se a UNL continua ou não... Toma então a decisão de apoiar a sua instalação na margem Sul do Tejo, dando assim origem ao Campus Universitário da FCT/UNL, no Monte de Caparica.

Em 1975 participa no arranque da Universidade dos Açores, tendo exercido as funções de Reitor aquando da constituição da primeira Comissão Instaladora.

Na Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova participa nas várias Comissões Instaladoras. Procede à implantação do Departamento de Física e cria as condições para o arranque da licenciatura em Engenharia Física, a primeira no País e que completou, no ano passado, 20 anos de existência.

Na Investigação Científica foi um dos percursos do desenvolvimento experimental no País marcando, claramente, uma época de implantação de novas técnicas de laboratório na Física.



Publicou e apresentou ao longo da sua carreira académica e científica cerca de uma centena de trabalhos com incidência nos domínios da Física Nuclear e Radioquímica, Poluição Atmosférica Radioactiva Natural e Artificial, Espectrometria de Massa, Fenómenos de Transporte em Gases, Potenciais Intermoleculares, Teoria das Colisões Atómicas, interessando-se também por Biofísica e Agregados Moleculares.

Participou na organização e nas Comissões Científicas de várias Conferências e Reuniões nacionais e internacionais.

Orientou ou co-orientou cerca de uma vintena de docentes e investigadores nos trabalhos conducentes ao grau de Mestre e de Doutor, no país e no estrangeiro.

Foi vogal e posteriormente coordenador da Comissão de Física (a única que chegou a dialogar com os investigadores) do INIC-Instituto Nacional de Investigação Científica, desde 1975 até à sua extinção em 1992.

Actualmente é Presidente do Centro de Física Molecular da Universidade Técnica de Lisboa.

Entre muitas outras funções que desempenhou ao longo da sua carreira será de destacar as de: Presidente de vários Júris Nacionais de Acesso ao Ensino Superior, membro da Comissão de Avaliação Externa dos Cursos de Física (1996/97) e membro da Comissão de Avaliação Externa dos Cursos de Ensino da Física e de Ensino da Física e Química (1998).

Em relação à Sociedade Portuguesa de Física, de que foi sócio fundador, o Professor Laranjeira desempenhou funções de Presidente da Mesa de Assembleia Geral durante quatro mandatos de 1984 a 1996.

Tem sido Presidente da Mesa da Assembleia Geral da Sociedade Portuguesa de Vácuo Soporvac, de que é sócio fundador. É membro da European Physical Society.

Em 1977, no dia 10 de Junho, em reconhecimento pelas suas contribuições, foi distinguido com a condecoração de Grande Oficial da Ordem do Infante D. Henrique pelo Presidente da República.

Homem moderador por feitio, soube sempre ouvir e confiar nos seus colaboradores incentivando-os a fazer mais e melhor. A sua figura de universitário, de académico experimentado criou uma atitude que já faz parte hoje da tradição e que, portanto, perdurará. Na cerimónia oficial de jubilação presidida pelo Reitor da Universidade Nova de Lisboa e com a presença de um representante do Sr. Ministro da Ciência e da Tecnologia, com o grande auditório da FCT/UNL cheio de antigos alunos, colegas e amigos, foi-lhe prestada justa homenagem. Depois das intervenções do Director da FCT e do Presidente do Departamento de Física, foi-lhe entregue, pelo Reitor, a Medalha da Universidade expressamente atribuída pelo Senado da UNL. O Professor Laranjeira proferiu uma lição intitulada "A minha experiência de Engenharia Física na Universidade Nova de Lisboa" que se integrou no Encontro Nacional, de dois dias, sobre os "Vinte Anos de Engenharia Física em Portugal" (vide notícia neste número da Gazeta). No final o Director da FCT e a Presidente do Conselho Científico entregaram-lhe um placa comemorativa desta lição que será a primeira do "Ciclo de Lições Professor Manuel Laranjeira" a realizar periodicamente na FCT. O Conselho Científico encontra-se empenhado na publicação desse ciclo de lições. A cerimónia terminou com a actuação conjunta das tunas académicas da FCT, a Antunia e TunaMaria, à qual o jubilado se associou tocando com uma capa pelos ombros.

Posteriormente a 24 de Novembro, um grupo de antigos alunos e amigos reuniu-se num jantar de homenagem informal num hotel da Costa da Caparica. Este jantar foi antecedido por uma sessão com várias intervenções de colegas, amigos e antigos alunos em que se evocaram ocasiões memoráveis com o homenageado. Esta sessão terminou com uma actuação musical.

---

## Vinte Anos de Engenharia Física em Portugal

Em 1997/98 completaram-se vinte anos sobre o início, em Portugal, do ensino de Engenharia Física.

Tendo começado como uma opção da licenciatura em Engenharia de Produção Industrial, na Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, nasceu no mesmo ano em que foi criada a Faculdade. Foi depois transformado numa licenciatura com dois ramos, Física e Materiais e, por fim, numa licenciatura autónoma.

O curso teve, desde logo, bastante aceitação, a qual ainda hoje se manifesta por dois factos importantes: o de ter sido progressivamente introduzido em várias outras Universidades, e o de os seus licenciados não terem tido, até ao presente, dificuldades em encontrar colocação no mercado de trabalho, ou terem iniciado empresas de sucesso, no seu domínio profissional. As Universidades onde existem neste momento, licenciaturas em Engenharia Física ou Engenharia Física Tecnológica, são: Coimbra, Técnica de Lisboa, Aveiro, Lisboa e Algarve.

Como pioneira da introdução do curso, a Universidade de Lisboa, através do seu Departamento de Física, convidou as outras Escolas onde se ministra Engenharia Física para um encontro Nacional de reflexão conjunta, onde se cotejaram as várias experiências acumuladas, discutiram problemas e perspectivou o futuro.

Nomeadamente, procurou-se encontrar um perfil comum aos profissionais deste novo ramo de Engenharia e as relações com outros ramos e com as organizações profissionais, particularmente a Ordem dos Engenheiros.

Nessas jornadas, que se realizaram em 20 e 21 de Outubro de 1998, estiveram ainda presentes representantes da Ordem e da Associação Portuguesa dos Engenheiros Físicos, bem como entidades representativas de entidades utilizadoras dos serviços dos engenheiros físicos — indústria, ensino superior, laboratórios e instituições do Estado, empresas de serviços, etc.

# JORNADAS SOBRE ENGENHARIA FÍSICA

Fac. Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa

20-21 de Outubro de 1998

Nestas comemorações foram tratados e discutidos diversos pontos, centrados no propósito de debater a Engenharia Física.

Estiveram presentes as seis Universidades portuguesas onde se lecciona Engenharia, Física e Engenharia Física Tecnológica: Universidade Nova de Lisboa (FCT), Universidade de Coimbra, Universidade Técnica de Lisboa (IST), Universidade de Aveiro, Universidade de Lisboa (FC) e Universidade do Algarve.

Os representantes destas Universidades fizeram uma breve resenha histórica da criação das suas licenciaturas, e apresentaram as diferentes estruturas curriculares, com os seus pressupostos fundamentais.

Foram feitas referências aos objectivos das mesmas e à especificidade dos vários *curricula*, abrangendo de uma forma geral as formações científicas básicas, técnico-científicas, profissionalizantes e outras.

Foi dada particular ênfase aos projectos e estágios profissionalizantes, como métodos interdisciplinares de acesso ao mercado de trabalho, determinantes para o exercício da actividade profissional.

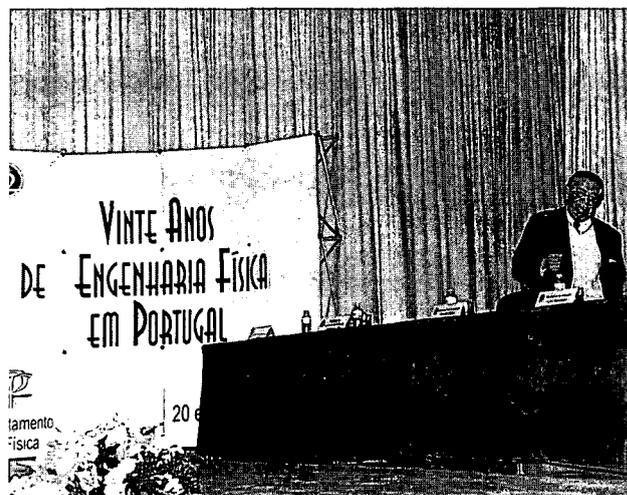
A Associação Portuguesa dos Engenheiros Físicos, APEF, fez a sua apresentação global e definiu as suas linhas de orientação. Fez alusão às suas actividades mais importantes no passado recente e ao que se propõe realizar futuramente. Apresentou dados estatísticos, muito detalhados, relativamente aos diferentes parâmetros associados às formações básicas, técnico-científicas e profissionalizantes das seis Universidades. Colocou ainda, como questão importante, a premência da criação da especialidade da Engenharia Física na Ordem dos Engenheiros.

Mencionou a necessidade urgente de o mercado de trabalho conhecer melhor as aptidões e perfil profissional dos engenheiros físicos e teceu uma panorâmica da realidade actual, sobretudo o mencionado desconhecimento ainda existente sobre o novo perfil profissional.

A intervenção do representante da Ordem dos Engenheiros baseou-se numa apresentação sucinta das suas estruturas e das regras por que se rege. Foram descritos os processos de acreditação dos diferentes cursos de engenharia e apresentou a estrutura dos Colégios de especialidade. Mostrou-se preocupado pela falta de interacção e ligação entre a Universidade e as empresas e de estas manifestarem pouco interesse pela inovação tecnológica. Finalmente, defendeu a continuidade das avaliações dos cursos, como garantia da qualidade, tanto dos cursos como dos próprios profissionais.

A mesa redonda que se realizou seguidamente centrou-se, sobretudo, nos seguintes temas, tendo-se afirmado que:

- a criação da especialidade da Engenharia Física e do respectivo Colégio na Ordem dos Engenheiros implica um grande empenhamento por parte das Universidades e dos seus licenciados;



- o desfazamento entre Universidade e Indústria, na sua vertente de promoção dos engenheiros, deve ser ultrapassado;
- as potencialidades da Engenharia Física, como área de inovação e de transferência de tecnologia em muitos domínios, são largas e manifestas;
- o debate entre as ciências básicas e as de engenharia na estruturação dos *curricula* deve ser permanente;
- o facto de a especialidade dever ser denominada Engenharia Física ou Engenharia Física Tecnológica não foi considerado muito relevante, embora fosse desejável unificar;
- deverá ser aumentada e revitalizada a componente tecnológica e experimental no ensino da engenharia;
- o perfil do Engenheiro Físico, como engenheiro de qualidade, é uma ideia-força a manter e desenvolver.

Em suma, foi muito marcado que as Engenharias Físicas resultaram de uma necessidade de reunir uma formação genérica em engenharia com uma preparação básica sólida em física pura e aplicada, bem como na capacidade de intervir activamente nos diversos campos da ciência e da tecnologia. Expressões como:

"A Engenharia Física é uma *atitude*"  
"É uma engenharia de futuro"  
"É a Engenharia das Engenharias"

podem resumir ideias fortes de caracterização deste ramo de Engenharia.

Na mesa redonda do dia 21, em que estiveram representantes de empresas e outras entidades empregadoras de engenheiros físicos, foi geralmente reconhecido o mérito destes profissionais, sobretudo pela sua polivalência e capacidade de acatar e resolver problemas concretos, tendo sido mencionada, como ponto a mencionar curioso, a opinião de que seria esta última categoria a dispensar, em situações de "downsizing" das empresas...

O desconhecimento, que é necessário obviar, destes profissionais pelas empresas, foi novamente apontado.

Pela elevação das intervenções e pela riqueza das discussões, este fórum contribuiu sem dúvida para o debate das ideias e para o enriquecimento das opiniões.

## Memórias da Física

O Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP) organizou uma magnífica exposição de instrumentos científicos e didácticos que esteve patente ao público desde 13 de Novembro de 1998 até Março último. Esta mostra trouxe novas oportunidades de reflexão para todos os que se interessam pela história da ciência e do conhecimento e pela sua divulgação aos jovens. Mais do que uma colecção de objectos, a exposição — realizada numa escola de engenharia — constituiu uma fonte de estímulo e ensinamentos para docentes, discentes e público em geral.

A maior parte dos instrumentos expostos fazia parte do espólio da Academia Polytechnica do Porto, a instituição que, criada há 150 anos, haveria de dar origem à Faculdade de Ciências do Porto e à Escola Industrial do Porto, esta última antecessora do actual ISEP. O espírito especial e o impacto desta mostra estão bem patentes em alguns extractos elucidativos da ocasião, que aqui transcrevemos.

“... Entre os parafusos de Arquimedes e o tubo de Newton, a fonte de Heron e o pêndulo de Leroy, há, numa sala do ISEP, um fonógrafo de Edison e uma lanterna mágica, uma lente de Fresnel e uns excitadores eléctricos. ... Dois anos de leituras em livros tão velhos quanto a Escola Industrial que deu origem a esta de Engenharia, meses de paciência de Job a limpar a oxidação de décadas de esquecimento, dias e dias de dedicação total, permitiram construir a primeira de um ciclo de exposições com a qual o ISEP quer revelar a matéria com que se construiu.

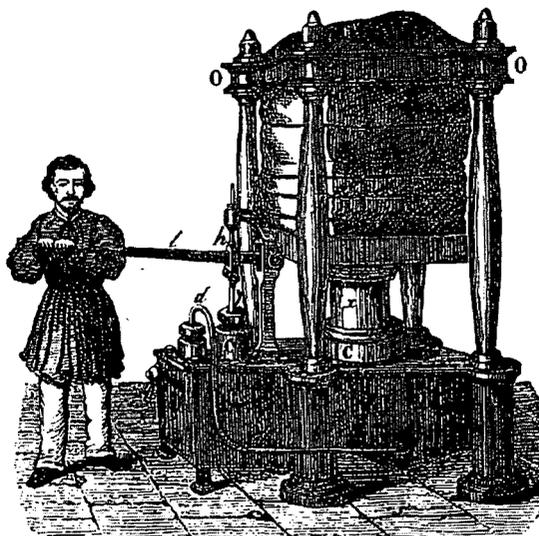
As peças salvas, reparadas e catalogadas pelos jovens docentes João Pinto e Alexandra Amorim, tudo graças ao cuidado de armazenamento de professores mais antigos, como Filipe Pires Morais, têm mais ou menos cem anos, mas percorrem a Humanidade. Desde as primeiras descobertas da antiguidade, à Máquina de Siemens, sem esquecer um largo espaço vazio a meio do percurso, símbolo de uma Idade Média que foi de trevas para o conhecimento, a exposição quer, antes de mais, descobrir vocações. Dirigida mormente a alunos do secundário, promete fazer crescer o bichinho da Física nas mentes mais curiosas e, quem sabe, angariar futuros frequentadores do ISEP.” (*Jornal de Notícias*)

“Dois cones unidos pela base e duas réguas em plano inclinado, abertas em V, assentes numa superfície horizontal. Com estes simples objectos pode-se provar como as leis da Física nunca enganam, mesmo quando a óptica provoca ilusões: se colocado no plano mais baixo, o duplo cone move-se, sem impulso inicial, para a parte mais alta das réguas. Mas a lei da gravidade não diz que a Terra atrai a si os corpos, ou seja, que o centro da gravidade desce sempre? E é mesmo isso que se verifica, se compararmos a distância entre esse ponto e a mesa, antes e depois de largarmos o duplo cone.

Sob o lema *Memórias da Física*, estas e outras experiências podem ser visionadas através de instrumentos patentes numa exposição aberta ao público no recém-inaugurado Museu do ISEP. Uma forma de mostrar que a Física não é muito difícil e até pode ser engraçada, com peças do século passado e do princípio deste, documentando áreas de estudo como a mecânica, a hidrostática, o calor, a acústica, a pneumática, a óptica ou o electromagnetismo.” (*Público*)

“... Memórias da Física é, assim, uma viagem temporal entre balanças, aerómetros, densímetros, termómetros, bússolas, prismas, diapasões, barómetros, electoscópios, galvanómetros... É também uma homenagem a Parada Leitão, o primeiro professor de Física da Academia Politécnica do Porto, escola-matriz do

ISEP. ... A primeira dificuldade que se colocou a João Pinto e Alexandra Amorim foi a identificação de muitas peças e a compreensão do seu funcionamento. Para isso transformaram-se em autênticos “ratos de biblioteca” e acabaram por descobrir outras maravilhas no espólio do ISEP: livros dos séculos XVIII e XIX, também expostos. ... A evolução da Física foi o resultado das necessidades e da experiência diária, e não da investigação das leis que regem o seu funcionamento. O início da “viagem” é assinalado pela balança romana, datado do século III a.c. (o exemplar mais antigo que se tem conhecimento foi encontrado num túmulo de Nagada, no Egipto, e remonta a 4.500 a.c.).” (*Semanário Económico*)



Terminamos com um extracto do texto de abertura do catálogo da exposição, profusamente ilustrado com fotografias de rara beleza de muitos dos instrumentos expostos, da autoria do Professor Vitor Correia Santos, Presidente do Conselho Directivo do ISEP:

“Aluno deste Instituto nas velhas instalações da Rua do Breiner, mantenho na memória os laboratórios de física e de mineralogia onde tive os primeiros contactos com a vocação experimentalista desta escola. Muitos anos depois a ela regresssei, já docente, e nas actuais instalações, tendo-me cabido o privilégio de, a certa altura, me confiarem a tarefa de presidir ao conselho directivo. Foi nesse cargo que, nas visitas que fazemos aos Departamentos, conheci em toda a sua extensão, a riqueza museológica deste Instituto em matéria de instrumentos científicos e didácticos, a maior parte deles datáveis do princípio deste século ou, mesmo, do fim do século passado.

É uma esplêndida colecção que se estende a quase todas as áreas do saber em que ensinamos, desde a física fundamental e das suas extensões “aplicacionais” à electrotecnia e à mecânica, passando pelas disciplinas da engenharia civil e da química, até às belíssimas colecções didácticas da mineralogia e ao notável espólio bibliotecário, algum antiquíssimo. Colecção que passou por todos estes tempos graças a sucessivas gerações de docentes que a souberam preservar, certamente com muito gosto pessoal mas evidentes dificuldades de manutenção. Colegas a quem, neste momento, cumpre agradecer os cuidados que tiveram.

Como bem se poderá compreender, não podíamos ficar indiferentes a esta riqueza histórica e científica, pelo que iniciamos um processo de recolha, registo e recuperação de todo este espólio, projecto que incluiu, desde o seu primeiro momento, a intenção de o disponibilizar ao conhecimento de todos os que, amantes destas coisas, o quisessem conhecer.”

## SIMPÓSIO

### PROF. DOUTOR JOSÉ PINTO PEIXOTO

Integrado na Homenagem Nacional que foi prestada ao Prof. Doutor José Pinto Peixoto, entre 6 e 10 de Novembro último, teve lugar no Auditório da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa o Simpósio "Prof. Doutor José Pinto Peixoto", no dia 9 de Novembro, data do aniversário de nascimento.

A esta Homenagem associaram-se Suas Excelências, o Senhor Presidente da República, Dr. Jorge Sampaio, e o Senhor Ministro da Educação, Prof. Doutor Marçal Grilo, que presidiram às Sessões de Abertura e de Encerramento, respectivamente.

A Comissão Organizadora pretende que este Simpósio seja o embrião das futuras "Pinto Peixoto Lectures".

Neste Simpósio participaram, como oradores, colaboradores e discípulos do Prof. Pinto Peixoto reconhecidos internacionalmente como eminentes cientistas na área da Física do Clima.

Abraham H. Oort (Princeton University), co-autor da obra "Physics of Climate", publicada em 1992, que em pouco tempo se tornou um best-seller na literatura científica, e que esteve na base da atribuição do Prémio da Boa Esperança pelo Governo Português em 1993, foi o primeiro orador. O Prof. Oort apresentou uma perspectiva histórica sobre o trabalho científico desenvolvido pelo Prof. Pinto Peixoto desde que iniciou a sua colaboração no Projecto de Circulação Geral da Atmosfera, no Massachusetts Institute of Technology em 1954. Foram recordadas as qualidades do cientista, do professor e do amigo, integrando-as no estado de desenvolvimento das Ciências da Atmosfera na década de 50, quando o grupo de investigação do MIT propunha uma visão completamente nova, quase revolucionária, para analisar os processos de circulação geral da atmosfera com base nas novas técnicas de radiosondagem. Foi nessa altura que se começou, pela primeira vez, a perceber que a atmosfera funciona como um sistema físico.

Oort realçou o pioneirismo do Prof. Pinto Peixoto no desenvolvimento do conhecimento científico entre as décadas de 50 e 90, que foi histórico e absolutamente determinante, não só no domínio da atmosfera, mas também nos outros componentes mais importantes do sistema climático, como por exemplo os oceanos. Oort



apresentou alguns exemplos desta análise profunda, sistemática, completa e inovadora da estrutura termodinâmica da atmosfera, do ciclo hidrológico e dos balanços do momento angular, da energia e da entropia, à escala planetária. Todos estes trabalhos contribuíram de um modo muito significativo para o desenvolvimento da Meteorologia e sua consequente afirmação como uma disciplina fundamental da Ciência, tal como é hoje aceite pela comunidade científica internacional, de importância crucial para a sociedade em geral.

Esta visão inovadora da atmosfera como um sistema físico, no qual a energia, o momento angular e a massa estão sujeitos aos princípios fundamentais de conservação, foi também apresentada e desenvolvida por David Salstrein, discípulo do Prof. Pinto Peixoto em Cambridge, MIT, que se referiu à investigação desenvolvida no domínio da energética da atmosfera e aos condicionamentos da distribuição do aquecimento diabático. Entre as formas mais importantes de aquecimento estão o calor sensível, devido principalmente ao contacto com a superfície do solo, a libertação de calor latente devido às transições de fase da substância água, a radiação de pequeno comprimento de onda proveniente do Sol e a radiação de grande comprimento de onda associada ao arrefecimento radiativo. Parte da energia potencial gerada pelo aquecimento diabático é posteriormente convertida em energia cinética dos ventos e depois dissipada por atrito à superfície do globo. Estabelecida que foi a natureza física destes processos, com o contributo fundamental e determinante do Prof. Pinto Peixoto, eles podem hoje ser estimados com o recurso a técnicas modernas e poderosas de modelação e simulação da atmosfera.

Além destes trabalhos de investigação, que levaram ao conhecimento da energética da atmosfera à escala global, o Prof. Pinto Peixoto deu também um contributo determinante para o conhecimento dos processos físicos de interacção entre o globo e a atmosfera, muito especialmente para o conhecimento e qualificação do ciclo hidrológico. Esta vertente da sua obra foi apresentada por outro dos seus discípulos, Pedro Viterbo, presentemente a trabalhar no Centro Europeu de Previsão a Médio Prazo, em Reading, que se referiu também ao estado da arte e apresentou alguns resultados observacionais neste domínio. Em particular, foram ilustradas a relação entre os estados dinâmico e termodinâmico da baixa troposfera e as águas subterrâneas, os efeitos da variação do albedo das florestas nórdicas nevadas, as consequências da congelação da água do solo para o balanço energético à superfície no inverno. Foram ainda apresentados alguns resultados relativos à análise da Bacia do Amazonas. Todos estes trabalhos foram apresentados como possíveis em resultado dos progressos do conhecimento científico adquirido relativamente à influência da superfície do globo no sistema climático global, para o qual o Prof. Pinto

*Peixoto* contribuiu e que é de importância primordial, dado que a vida humana se desenvolve fundamentalmente nos primeiros dois metros da atmosfera e é, por isso, directamente afectada pelas condições atmosféricas à superfície.

*Barry Saltzman*, colaborador do Prof. *Pinto Peixoto* na Universidade de Yale, referiu-se à tentativa para explicar as variações paleoclimáticas, a qual tem levado a um alargamento da visão do sistema climático e a uma reestruturação da caminhada para o estabelecimento de uma Teoria Global do Clima. *Saltzman* propôs um formalismo baseado em conceitos da análise de sistemas dinâmicos e aplicou-os às variações da idade do gelo nos últimos cinco milhões de anos.

*Robert White*, que foi Presidente da Academia Nacional de Engenheiros dos EUA, referiu-se a algumas questões científicas e a problemas de ordem política que se levantam relacionados com as variações do clima. Foram apresentadas avaliações dos dados observacionais que evidenciam um aquecimento global, das previsões da temperatura média da superfície e da precipitação, estas obtidas com modelos da circulação geral. *R. White* referiu-se às incertezas e às controvérsias científicas presentemente e avaliou os custos económicos envolvidos, tanto numa adaptação, como também na atenuação do aquecimento climático. Foram examinadas as propostas e as decisões tomadas na Conferência de *Kyoto* (Japão) para diminuir as emissões de dióxido de carbono e foram discutidas as diferenças de ponto de vista dos países desenvolvidos e em vias de desenvolvimento sobre a obrigatoriedade de redução dessas emissões. Finalmente, foram analisadas diversas opções para conseguir controlar os níveis de concentração de dióxido de carbono e foi proposta uma linha de acção.

O Simpósio "*Prof. Doutor José Pinto Peixoto*" terminou com um Fórum aberto a todos que quiseram testemunhar, com o seu depoimento, quem foi o cientista, o professor, o pedagogo, o homem que homenageamos, e que Portugal homenageou no aniversário do seu nascimento.

*Maria Solange Mendonça Leite*  
Prof. Associada com Agregação

## • Delegação Centro

### Ciclo de Palestras 98/99

A Delegação Centro continuou a promover o ciclo de palestras nos Departamentos de Física das Universidades de Aveiro e Coimbra, cujo alvo principal são os professores do ensino secundário, tendo-se realizado desde o início de Janeiro as seguintes comunicações:

"As sociedades Científicas e o Desenvolvimento da Ciência", pelo Prof. Dr. Manuel Fernandes Thomaz, "O Vídeo no Ensino da Física", pelo Dr. Alexandre Ramires, e "Olimpíadas de Física 99", pelo Prof. Dr. Manuel Fiolhais, em Aveiro; "Radioterapia", pela Doutora Maria do Carmo Lopes, e "Radão: uma perspectiva geológica", pelo Dr. Jorge Figueiredo, em Coimbra.

Ainda se vão realizar até ao final do ano lectivo as seguintes palestras: "História Breve do Universo", pelo Prof. Dr. Jorge Dias de Deus (IST), no dia 6 de Maio às 17 h, no Departamento de Física da Universidade de Aveiro; "Currícula flexíveis no Ensino Secundário", com a presença da Dr.<sup>a</sup> Estela Castilho da DREC, no dia 30 de Abril, e "Células solares e energias renováveis", pelo Prof. Dr. Nuno Ayres de Campos (FCTUC), no dia 28 de Maio, ambas às 15 h, no Departamento de Física da Universidade de Coimbra.

Gostariamos de agradecer a colaboração prestada pelos oradores convidados para estas palestras. A informação sobre as palestras poderá ser encontrada no serviço de internet da SPF <http://www.fis.uc.pt/~spf>.

### Ciência Viva

O projecto "Ciência a Brincar" tem continuado a distribuir kits pelos Professores/Educadores do ensino básico do 1.º ciclo e ensino pré-primário interessados. Realizam-se duas acções de divulgação do projecto em Coimbra, estando prevista uma terceira para o dia 10 de Maio.

### Concurso Internacional para alunos do ensino secundário

Realiza-se todos os anos na Polónia o concurso "First Step to Nobel Prize in Physics", destinado a premiar trabalhos de investigação realizados por alunos do ensino secundário. Para mais informações consultar as páginas: <http://nobelprizes.com/firststep/> ou <ftp://ftp.ifpan.edu.pl/pub/competitions/fs/>.

### Acções de Divulgação

Realizam-se, desde o início do ano lectivo, as seguintes acções de divulgação para alunos do ensino secundário:

"Da magia da electricidade e do magnetismo à descoberta das ondas electromagnéticas", Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Lucília Brito, Esc. Sec. José Macedo Fragateiro, Esc. Sec. de Albergaria-a-Velha, Colégio João de Barros.

"Acústica e Música", Prof. Dr. Manuel Fiolhais, Esc. Sec. de Vagos, Esc. Sec. Cristina Torres, Colégio João de Barros.

"Atrito: a nosso favor ou contra", Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> M.<sup>a</sup> José de Almeida, Esc. Sec. de Penacova, Esc. Sec. de Anadia.

### Cursos de formação para professores do ensino secundário

A pedido das escolas foram realizadas as seguintes acções de formação de Professores desde o início do ano lectivo:

"Fundamentos de Termodinâmica", Prof. Dr. Manuel Fiolhais, Esc. Sec. S.ta Maria do Olival.

"Sensores e interfaces no ensino da física", Prof. Doutor Francisco Gil e Prof. Doutor José António Paixão, Esc. Sec. São Pedro do Sul.

"Física Moderna — da Teoria da Relatividade aos nossos dias", Prof. Dr. Manuel Fiolhais, Esc. Sec. De Emídio Navarro.

## Orgãos Nacionais e Regionais da SPF (1999-2002)

*Os Orgãos Nacionais da SPF foram eleitos na Assembleia Geral realizada em 8 de Março de 1999. Os Orgãos das Delegações foram eleitos pelas correspondentes Assembleias Regionais, realizadas durante os meses de Janeiro e Fevereiro de 1999.*

### Orgãos Nacionais

#### Mesa da Assembleia Geral

Presidente: Fernando Bragança Gil - Prof. Catedrático Jubilado da FCUL.

1.º Secretário: Ana Maria Eiró - Prof. Associada com Agregação da FCUL.

2.º Secretário: Rita de Cassia Vicente Ribeiro Vasconcelos e Sá - Prof. do Ensino Secundário.

#### Conselho Fiscal

Presidente: Fernando António de Freitas Costa Parente - Prof. Associado da FCUL.

Secretário: Teresa Penã - Prof. Auxiliar com Agregação do IST.

Relator: José Paulo dos Santos - Prof. Auxiliar da FCTUNL.

#### Secretariado Geral

Secretário-Geral: Augusto Manuel Albuquerque Barroso - Prof. Catedrático da FCUL.

Secretário-Geral Adj.: Maria da Conceição Abreu e Silva - Prof. Catedrática da UCEH da Univ. Algarve.

Secretário-Geral Adj.: Manuel Fiolhais - Prof. Associado com Agregação da FCTUC.

Tesoureira: Adelaide Pedro de Jesus - Prof. Associada com Agregação da FCTUNL.

#### Delegação Regional do Sul e Ilhas

##### Direcção

Presidente: Carlos Paulo da Câmara Crawford do Nascimento - Prof. Auxiliar da FCUL.

1.º Secretário: Anabela Bastos Tibúrcio Martins - Prof. do Ensino Secundário.

Tesoureiro: Margarida Alexandrina B. O. S. Ventura Neves - Prof. do Ensino Secundário.

Vogal: Pedro José Oliveira Sebastião - Prof. Auxiliar do IST.

Vogal: Carlos Pontes de Vasconcelos - Prof. do Ensino Secundário.

#### Mesa da Assembleia Regional

Presidente: Luis Fraser Monteiro - Prof. Catedrático da FCTUNL.

1.º Secretário: Fernando António de Freitas Costa Parente - Prof. Associado da FCUL.

2.º Secretário: José Manuel Pires Marques - Prof. Auxiliar da FCUL.

#### Delegação Regional do Norte

##### Direcção

Presidente: Maria de Fátima Fernandes Pinheiro - Prof. Associada da FCUP.

1.º Secretário: João Fernando Alves Ferreira - Prof. Associado da FCUM.

Tesoureiro: Rafaela Agostinho Marques Silva Prata Pinto - Prof. Auxiliar da FCUP.

Vogal: Adriano da Luz Sampaio e Sousa - Assistente Convidado da FCUP.

Vogal: Paulo Simeão Ferreira de Carvalho - Prof. Auxiliar da FCUP.

#### Mesa da Assembleia Regional

Presidente: Luis Miguel Bernardo - Prof. Associado da FCUP.

1.º Secretário: Manuel Joaquim Bastos Marques - Prof. Auxiliar da FCUP.

2.º Secretário: Maria Manuela Soares Reis da Costa Amado - Prof. Auxiliar da FCUP.

#### Delegação Regional do Centro

##### Direcção

Presidente: Rui Ferreira Marques - Prof. Associado da FCTUC.

1.º Secretário: Constança Providência - Prof. Auxiliar da FCTUC.

Tesoureiro: Benilde Costa - Prof. Auxiliar da FCTUC.

Vogal: Esmeralda Cardoso - Prof. do Ensino Secundário.

Vogal: Décio Ruivo Martins - Prof. Auxiliar da FCTUC.

#### Mesa da Assembleia Regional

Presidente: Margarida Ramalho Costa - Prof. Catedrática da FCTUC.

1.º Secretário: Manuela Ramos da Silva - Assistente da FCTUC.

2.º Secretário: José Luis Malaquias - Assistente da FCTUC.

### Eleito Novo Presidente da SPF para o triénio 1999-2002

Na sua primeira reunião, realizada no dia 19 de Março, o novo Conselho Directivo da SPF elegeu por unanimidade o Professor Doutor José Nuno Dias Urbano como Presidente da Sociedade para o triénio 1999-2002. O Doutor José Urbano é Professor Catedrático de Física da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, Presidente da Comissão Científica do Departamento de Física, e Director do novo Centro de Física Computacional da Universidade de Coimbra. Desempenhou também as funções de Presidente do Conselho Directivo da FCT da Universidade de Coimbra e foi fundador e Presidente do Instituto Pedro Nunes. Os interesses e actividade do Prof. José Urbano na investigação incidem na área da Física Nuclear e das Partículas.

Institute *of* **Physics**

# **EPS-11 :Trends in Physics**

**6 - 10 September 1999**

**Church House Conference Centre  
London**



**11th General Conference of the  
European Physical Society**