

# QUÍMICA

BOLETIM DA SOCIEDADE PORTUGUESA DE QUÍMICA



## XVI Encontro Nacional da Sociedade Portuguesa de Química

**A Química rumo ao futuro  
Estrutura e função de enzimas**

# BOLETIM DA SOCIEDADE PORTUGUESA DE QUÍMICA



## Orientação Editorial

*Química*, Boletim da Sociedade Portuguesa de Química, versa todos os assuntos relacionados com a Química, e em particular aqueles que dizem respeito à Química em Portugal.

*Química* publica entrevistas, reportagens, artigos solicitados e propostos, noticiário, resenhas de livros e outras publicações e correspondência dos leitores.

Nenhum texto será considerado a priori inaceitável, mas é dada preferência a artigos de carácter relativamente geral e escritos de modo a poderem interessar a um vasto leque de leitores.

## Normas de Colaboração e Instruções para os Autores

1. Enviar três exemplares, dactilografados a dois espaços, com as páginas numeradas e em formato A4, endereçados a: Director de *Química*, Boletim da SPQ, Av. da República, 37-4º, 1050 LISBOA. Não enviar os originais das eventuais ilustrações. Fazer acompanhar os exemplares de uma carta onde conste o nome, instituição, morada, telefone, fax e e-mail de todos os autores.

2. A Redacção acusará a recepção das colaborações propostas e os textos serão apreciados por um ou mais avaliadores.

Com base nas apreciações obtidas, a Direcção decidirá da aceitação ou recusa das colaborações propostas.

Eventualmente, proporá aos autores a reelaboração dos textos antes de tomar uma decisão definitiva.

3. Os artigos devem conter um resumo de 50 a 100 palavras com a descrição do respectivo conteúdo. Salvo casos excepcionais os textos não devem exceder 15 páginas A4.

Os autores deverão sugerir e apre-

sentar ilustrações para os seus textos, até ao máximo de oito por artigo. As fórmulas complexas, os esquemas, etc. deverão ser preparados como ilustrações mas não estão incluídos no número limite anterior.

As ilustrações deverão ter a qualidade indispensável a uma boa reprodução gráfica, devendo ser acompanhadas de legendas.

4. Os artigos devem seguir, tanto quanto possível, as recomendações da IUPAC quanto à nomenclatura e unidades.

5. Na Bibliografia, a indicação abreviada de artigos em publicações periódicas deve obedecer à convenção autores-volume-ano-página, por exemplo W. Krätschmer, L.O. Lamb, K. Fostiropoulos, D.R. Huffman, *Nature* **347** (1990) 354. A indicação de livros deverá seguir a convenção autor-editor-título-editora-ano, por exemplo S.J. Formosinho, I.G. Czismadia, L.G. Arnaut (Editores), *Computational and Theoretical Models for Organic Chemistry*, Kluwer, 1991.

6. Em casos especiais, sujeitos à concordância da Direcção do *Química*, as contribuições poderão ser publicadas em inglês, ou noutra língua estrangeira, devendo então conter um resumo suplementar em português.

7. No caso dos autores desejarem corrigir pessoalmente as provas dos textos aceites para publicação, deverão indicá-lo expressamente ao enviá-los para a Redacção.

8. Após a aceitação da colaboração, será solicitado o envio da mesma em disquete, preferencialmente em *Word Macintosh* ou em *Word for Windows*, gravado com extensão "RTF". Embora não obrigatório, este meio permite um processamento mais fácil e mais rápido do texto.

9. A inobservância de qualquer das normas de colaboração poderá levar à devolução do texto recebido.

10. Os autores de cada artigo receberão gratuitamente 20 separatas do mesmo.



## BOLETIM DA SOCIEDADE PORTUGUESA DE QUÍMICA



Na capa:

Pôr do Sol nos trópicos, pouco antes do raio verde. A cor será o tema central do próximo Encontro Nacional da SPQ

**Propriedade de:**

Sociedade Portuguesa de Química  
ISSN 0870-1180  
Registo na DGCS n.º 101 240 de 28/9/72  
Depósito Legal n.º 51 420/91  
Publicação Trimestral  
N.º 68 - Janeiro-Março 1998

**Redacção e Administração**

Avenida da República, 37 - 4.º 1050 LISBOA  
Telefone: (01) 793 46 37 - Telefax: (01) 795 23 49  
<http://spq.org>

**Director**

Mário Nuno Berberan e Santos

**Directores-Adjuntos**

Miguel Castanho, Benilde, J. V. Saramago, Pedro C. Simões

**Direcção Gráfica**

Luís Moreira (TVM Designers)

**Secretária de Redacção**

Cristina Campos

**Comissão Editorial**

Rita Delgado (IST),  
Luís Rocha San Miguel (RAR, S.A.)  
Maria Gabriela Cepeda Ribeiro (UM),  
José A. Martinho Simões (FCUL)

**Colaboradores**

António Amorim da Costa (UC), João Paulo Leal (INETI)

**Publicidade**

DIRECÇÃO:  
Miguel Castanho

**Tratamento de Texto e Paginação**

Ana Cristina Moreira

**Execução Gráfica**

FACSIMILE, Offset e Publicidade, Lda.  
Rua Alexandre Sá Pinto, 177 - Tel. 364 99 95  
1300 LISBOA

Tiragem: 2400 exemplares

Preço avulso: 2500\$00

Assinatura anual-quatro números:

9000\$00 (Continente, Açores, Madeira e Macau)  
10000\$00 (Estrangeiro / via aérea)

Distribuição gratuita aos sócios da SPQ

As colaborações assinadas são da exclusiva responsabilidade dos seus autores, não vinculando de forma alguma a SPQ, nem a Direcção de «Química». São autorizadas e estimuladas todas as citações e transcrições, desde que seja indicada a fonte, sem prejuízo da necessária autorização por parte do(s) autor(es) quando se trate de colaborações assinadas.

A Orientação Editorial e as Normas de Colaboração são publicadas anualmente no número de Janeiro.

Publicação subsidiada pela  
Fundação para a Ciência e Tecnologia

2 notícias

5 notícias SPQ

artigos

9 A Química rumo ao futuro:  
dispositivos e máquinas moleculares

VINCENTO BALZANI

17 Use of Fluorescent Probes  
to Study Structural and Functional  
Aspects of Enzymes

MICHAEL K. HELMS

22 Da Vida e suas Explicações  
– Estereoquímica e Vitalismo

A. M. AMORIM DA COSTA

28 O Espaço-Tempo dos Laboratórios  
na Química Europeia (1789-1939)

ANA LUÍSA JANEIRA

38 ensino

Um exemplo de utilização de produtos  
regionais em aulas experimentais de  
Química Orgânica: a castanha de caju

ANTÔNIA MARIA DAS GRAÇAS LOPES CITO,  
JOSÉ MACHADO MOITA NETO  
e JOSÉ ARIMATÉIA DANTAS LOPES

41 antologia

42 técnicas experimentais

Projecto e construção de um goniómetro  
de ângulos de contacto

MADALENA DIONÍSIO, JOAQUIM GARCIA,  
MARGARIDA MONTEIRO, PEDRO RODRIGUES,  
JOÃO SOTOMAYOR

48 publicações

49 novos produtos

## Assembleia Geral da SPQ

Realizou-se no passado dia 30 de Janeiro, na sede da SPQ, a Assembleia Geral, presidida pela Presidente da Mesa da Assembleia Geral (Prof.<sup>a</sup> M. Alzira Almo-ster Ferreira), com a seguinte ordem de trabalhos:

1. Informações
2. Aprovação do Relatório de Actividades e Contas da gerência anterior
3. Eleição do Presidente e Vice-Presidente da SPQ para o período 1998-2000.
4. Eleição da Mesa da Assembleia Geral, do Conselho Fiscal e do Conselho Executivo para o período de 1998-2000.

Após um breve período de informações, passou-se à apresentação do relatório de Actividades pelo Secretário-Geral (Prof. J. M. Gaspar Martinho) e Relatório de Contas pelo Tesou-reiro (Prof.<sup>a</sup> Laura Ilharco). Em seguida foi lido o relatório do Conselho Fiscal e foram presta- dos esclarecimentos sobre as ex- posições feitas. Procedeu-se à votação do Relatório de Activi-

dades e Contas, que foi aprova- do por unanimidade. A Presi- dente da Mesa da Assembleia Geral propôs um voto de louvor à anterior Direcção, que foi es- tendido à Mesa da Assembleia Geral e Conselho Fiscal, o qual foi aprovado por unanimidade.

Passou-se em seguida ao processo de eleição, tendo sido feita a votação para o Presi- dente e Vice-Presidente, Mesa da

Assembleia Geral e Conselho Executivo, e Conselho Fiscal, propostos em lista única pelo anterior Conselho Directivo da SPQ. Após o escrutínio dos votos presenciais e por corres- pondência, foram eleitos os vá- rios Órgãos Dirigentes da SPQ. A votação foi sub-dividida em dois grupos para considerar os votos por correspondência não identificados.

Os órgãos eleitos da SPQ para o triénio 1998-2000 têm a se- guinte constituição:

**Presidente:** Prof. José Artur Martinho Simões

**Vice-Presidente:** Prof. José Fer- reira Gomes

### Conselho Executivo

**Secretário-Geral:** Prof.<sup>a</sup> Rita Delgado

**Secretários-Gerais Adjuntos:**

Prof. João Carlos Gomes da Rocha e Prof. Luís Filipe Veiros.

**Tesoureiro:** Prof.<sup>a</sup> Benilde Vieira Saramago

### Mesa da Assembleia Geral

**Presidente:** Prof. António José Ferrer Correia

**1º Secretário:** Prof.<sup>a</sup> Ana Maria Viana Cavaleiro

**2º Secretário:** Prof.<sup>a</sup> Maria Helena Pedrosa de Jesus

### Conselho Fiscal

**Presidente:** Dr.<sup>a</sup> Isabel Graça Rego dos Santos

**Secretário:** Dr.<sup>a</sup> Maria de Fátima Araújo

**Relator:** Dr. António Rocha Paulo

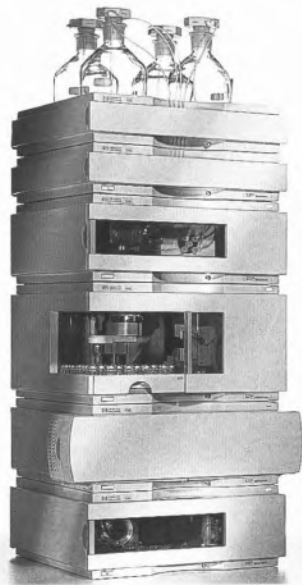
#### Votos não Identificados

Orgãos Directivos	Sim	Não	Abstenção	Branco	TOTAL
Presidente e Vice-Presidente	116	6	6	0	128
Mesa Assembleia Geral e Conselho Executivo	113	3	12	0	128
Conselho Fiscal	106	2	20	0	128

#### Votos Identificados

Orgãos Directivos	Sim	Não	Abstenção	Branco	TOTAL
Presidente e Vice-Presidente	145	0	6	2	153
Mesa Assembleia Geral e Conselho Executivo	137	3	11	2	153
Conselho Fiscal	137	0	14	2	153

## SÉRIE HP 1100 MÓDULOS E SISTEMAS PARA HPLC DA NOSSA REPRESENTADA "HEWLETT-PACKARD"



### Sistemas de HPLC desenhados para validação automática

Escolha entre 3 sistemas de Introdução de Solventes

Isocrático - Binário - Quaternário

Desgasificação por Vácuo

Grande diversidade de Detectores

Dois sistemas de Controlo e Aquisição de Dados

Forno com Identificação Automática da Coluna

Compatibilidade "Ano 2000"

IQ, OQ/PV



SOQUÍMICA

### Sociedade de Representações e Química, Lda.

Rua Coronel Santos Pedroso, 15 • 1500 LISBOA • Tel.: 716 51 60 • Fax: 716 51 69

Sede Social: Av. da Liberdade, 220-2º • 129 LISBOA CODEX

Rua 5 de Outubro, 269 • 4100 PORTO • Tels.: 609 30 69 • Fax: 600 08 34

Email: soquimica@mail.telepac.pt; Internet: www.soquimica.pt



CERTIFICADO  
N. 96 / CEP 410  
EMITIDO PELO  
INSTITUTO  
PORTUGUÊS DA  
QUALIDADE



## Mensagem do Conselho Executivo Cessante da SPQ

Terminado o mandato de três anos à frente dos destinos da SPQ, chegou a hora de fazer o balanço do trabalho feito e do muito que gostaríamos de ter feito mas que não foi possível concretizar. O relatório de actividades que se apresenta na pág. 6 deste boletim resume as actividades da SPQ ao longo destes três anos. O que foi feito deve-se em grande parte à adesão dos sócios aos objectivos que definimos no início do mandato.

As actividades mais relevantes da SPQ ficaram associadas à actividade editorial,

com a publicação regular do Boletim "Química" e da Revista Portuguesa de Química, a par de publicações não periódicas, à realização do XV Encontro Anual no Porto e de vários Encontros Temáticos, dos Encontros Luso-Galegos e à representação internacional na IUPAC, FECS, ECCC e EFCE.

Foi feito um grande esforço de regularização da contabilidade da SPQ e da legalização da sua actividade junto do Ministério das Finanças. Foi modernizada e adaptada a Base de Dados para responder com maior eficácia às solicitações dos

sócios e das instituições governamentais. Foi enriquecido o património da SPQ. Deram-se passos no sentido de criar a "home-page" da SPQ, para permitir que a sua "voz" chegue melhor aos sócios e às escolas do Ensino Básico e Secundário.

Todas estas realizações foram possíveis porque contámos com a dedicação e trabalho de muitos sócios e com financiamentos provenientes das quotizações dos sócios, e de subsídios atribuídos pela JNICT e Ministério da Educação. Bem haja a todos aqueles que contribuíram para

que a SPQ seja uma das mais dinâmicas Sociedades Científicas Portuguesas.

Muito resta para ser feito, em particular na dinamização da Divisão de Educação, que cada vez com maior frequência é solicitada por vários organismos governamentais.

Finalmente uma palavra de confiança no futuro da nossa Sociedade Científica, que com a colaboração de todos os Químicos Portugueses e com a dedicação e trabalho da nova Direcção continuará a prestigiar-se, para bem da Química e dos Químicos Portugueses.

## Mensagem do Novo Conselho Executivo Algumas Palavras em Jeito de Programa

Fomos recentemente eleitos e não apresentamos qualquer programa. Devemos, por isso, a todos os nossos sócios algumas palavras explicativas sobre as nossas intenções para os próximos três anos.

A SPQ desenvolveu nos últimos anos um grande esforço:

- de organização interna, no que respeita à criação de uma base de dados de sócios, de ordenamento financeiro e de arrumação da sede;

- de lançamento de um grande número de actividades das divisões; de dois em dois anos praticamente todas as divisões e grupos realizam um encontro científico e alguns prosseguem já outro tipo de actividades de interesse comum, como é o caso da divisão de química inorgânica, que se tem preocupado com questões de nomenclatura;

- de realização do Encontro Nacional, de dois em dois anos, mantendo um bom nível cientí-

fico e uma grande participação da comunidade científica;

- de edição regular do *Química*, Boletim da SPQ, com o seu excelente aspecto gráfico e a qualidade científica que se pode esperar de uma revista deste tipo;

- de publicação da *Revista Portuguesa de Química*, na sua periodicidade anual, e respeitando os objectivos a que se propôs, com pequenos artigos de revisão escritos por convite do editor;

- de edição de alguns livros e produção de algum material com interesse para os químicos.

São, pois, muitas as actividades da SPQ, e mantê-las com a qualidade a que os sócios se têm habituado será o nosso objectivo principal, ou melhorá-las, quando possível. É tanto mais significativa a actividade da SPQ, se pensarmos que praticamente tudo se faz por esforço e empenho de um pequeno número de

sócios e o apoio de uma única funcionária...

Cada uma das duas últimas direcções se empenhou nas actividades acima enunciadas, acrescentando sempre mais um pouco. No entanto, um campo tem sido até agora menos desenvolvido, não por incúria mas tão só que outras prioridades houve. Parece ser a nossa vez de aí centrarmos esforços. Trata-se de dinamizar o trabalho da Divisão de Educação e desenvolver o apoio da SPQ aos professores do ensino secundário, e mesmo aos estudantes, que começam a esboçar interesse pelo mundo da química. Por serem praticamente só do meio universitário os que até agora têm dado do seu esforço para a SPQ, tem sido difícil conjugar interesses com o vasto sector de sócios que são os professores do ensino secundário. Para conseguirmos realizações neste campo, teremos de chamar a ajudar-nos os verda-

deiros interessados. Dispomos, à partida, de dois vectores. O primeiro já existe, trata-se do *Química*, que terá de se adequar melhor aos fins em vista. O outro, parece-nos óbvio na época actual, ou seja, é o uso da Internet para poder interactivar com os professores e estudantes do ensino secundário. Tentaremos criar os veículos que tornem possível a auscultação, a resposta aos problemas, o contacto.

Pensamos que se conseguirmos dinamizar este campo daremos mais um contributo para a SPQ, e daqui a três anos, nesta mesma tribuna, prestaremos contas dos nossos êxitos ou dos nossos insucessos.

Rita Delgado, *Secretária-Geral*  
João Rocha, *Secretário-Geral Adjunto*  
Luís Veiros, *Secretário-Geral Adjunto*  
Benilde Saramago, *Tesoureira*

## Abertura de Candidaturas para o Prémio Ferreira da Silva 1998



O Prémio Ferreira da Silva, instituído pela Sociedade Portuguesa de Química em 1981, será atribuído pela quinta vez em Setembro de 1998 durante o 16º Encontro da SPQ, a realizar em Braga. Este Prémio, destinado a encorajar a qualidade e quantidade de investigação científica em Portugal no domínio da Química em

qualquer das suas áreas, é concedido ao químico português que, pelo trabalho produzido em Portugal, especialmente no período de cinco anos imediatamente anteriores ao da atribuição, mais tenha contribuído para o avanço da Química.

As candidaturas devem ser propostas ao Presidente da Sociedade Portuguesa de Química por cinco professores universitários ou por três membros do júri até 5 de Junho de 1998. As propostas devem ser acompanhadas de uma justificação e incluir separatas de todos os trabalhos relevantes dos candidatos. O júri é presidido pelo Presidente da SPQ e designados 6 a 10 químicos escolhidos pelo Conselho Directivo da SPQ.

## ESEAC'98 7th European Conference on Electroanalysis Coimbra, 24-28 de Maio de 1998

### PROGRAMA CIENTÍFICO: Lições Plenárias

#### 1. A.M. Bond

Voltammetry with microcrystals: an overview of fundamentals and applications

#### 2. S. Daniele

*In situ* monitoring of electroactive species by using voltammetry at microelectrodes

#### 3. W. Kutner

Cyclodextrin polymer matrices for sensor and biosensor development

#### 4. F. Opekar

Electrochemical sensors based on solid polymer electrolytes

#### 5. R. Pickard

Micromachined biosensor terminals for the enclosure of growing neurons

#### 6. L. Sigg

Speciation of copper, zinc and cadmium in lake water; the role of specific ligands

#### 7. P. Unwin

New ultramicroelectrode strategies for the analysis of interfaces and solutions

### Sessão Especial sobre "Electroanalytical Chemistry for Industry, Environment and Health"

#### - R.G. Compton

Reactive chemistry at solid/liquid interfaces:  
-towards solving industry's problems

#### - P. Kissinger

Trying to get non-electrochemists to use electrochemistry - what they want and why electrochemistry continues to lack wide acceptance

#### - F. Scheller

Biosensors based on enzymes, antibodies or nucleic acids for biomedical analysis

#### - P. Vadgama

Realism, relapses and requirements in biomedical sensors

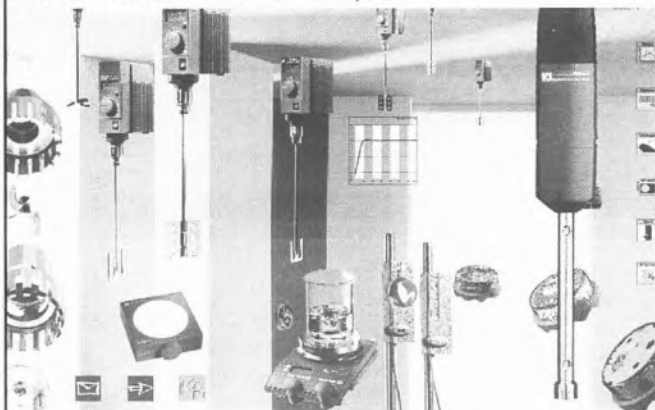
#### - J. Wang

Field electroanalysis: from remote electrodes to disposable strips

#### Para mais informações contactar:

Prof. Dr. C.M.A. Brett/ESEAC'98  
Dep. de Química, Universidade de Coimbra - 3049 COIMBRA

## IKA®-CATALOG 96/97



Mais de 77 anos de experiência fizeram do IKA o líder no fabrico de equipamentos de laboratório para a Indústria, Medicina e Investigação.

O Catálogo Geral com mais de 350 produtos e de fácil consulta oferece a escolha de produtos de alta qualidade tais como:

- Placas de Aquecimento;
- Agitadores Magnéticos;
- Agitadores Orbitais e de Vaivem;
  - Agitadores Vórtex;
- Misturadores diversos;
- Homogenizadores (Turrax);
- Evaporadores Rotativos;
- Desintegradores de Ultrasons;
  - Viscosímetros;
  - Calorímetros;
- Equipamento para Laboratório Piloto.

Salientamos a nova gama de Agitadores de elevada qualidade técnica com design agradável e alto nível de ergonomia.

Representante:

 **LaboControle**

LABOCONTROLE  
EQUIPAMENTOS CIENTÍFICOS  
E DE LABORATÓRIO, LDA.

Largo Prof. Fernando Fonseca, 5-B  
2795 LINDA-A-VELHA

TEL. 419 79 45 - 415 14 29 - 414 31 48

FAX 415 14 30



# XVI Encontro Nacional da Sociedade Portuguesa de Química

## Universidade do Minho, 1998 Setembro 22-25

Com a criação de Divisões dedicadas a diferentes ramos de especialidade da Química, passaram a ser organizados, no âmbito e por iniciativa destas Divisões, encontros sectoriais onde é apresentada a maior parte dos resultados da investigação realizada em Portugal. Por proposta da Delegação da S.P.Q. na Universidade do Minho e com o assentimento do Departamento de Química desta universidade, que se constituiu em Comissão Organizadora do XVI Encontro Nacional da S.P.Q., nesta XVI edição será ensaiado um novo modelo para os Encontros

Nacionais, orientando-os para o preenchimento dum espaço menos explorado no passado e que é o da Química como elemento da Cultura. Conferir-lhes um carácter temático será porventura uma forma de alcançar este objectivo e assim, conforme já foi anunciado no último número de "QUÍMICA", o XVI Encontro Nacional será dedicado à Cor. Desenrolando-se sobre este tema tão interdisciplinar, o Encontro incluirá diversas vertentes que, embora inclinadas para a Química, se espalharão até aos limites doutras ciências que com ela fazem fronteira. Para este

efeito foram convidados especialistas entre reputados profissionais da Química do nosso País com um pedido expresso para que nos dêem conta dos fundamentos e das perspectivas para o futuro da ciência com que se relacionam no seu dia a dia, de molde a que com o crédito da sua experiência e saber venham a este *forum* dar conta dalguns dos rumos que no limiar do novo milénio se abrem à Química como Ciência e como Cultura. É nosso propósito procurar que este XVI Encontro Nacional da S.P.Q. se desenvolva de forma estimulante e enrique-

cedora, contribuindo para o surgimento de novas ideias e vontades neste ramo do conhecimento. E aqui pensou-se seriamente naqueles que são professores, desde o Ensino Básico e Secundário até ao Ensino Superior, e no seu tão importante papel de catalisadores de novas vocações para a Química, proporcionando-lhes um ensejo para, de forma porventura mais cultural e menos científica (mas não menos rigorosa) do que tem sido hábito, alargarem o domínio do seu saber na ciência que se faz e se vive no quotidiano da vida real.

Nos dias 22 a 24 de Setembro o XVI Encontro Nacional da S.P.Q. decorrerá em sessões plenárias convidadas, com 5 lições de 60 minutos (incluindo a habitual "Lição Ferreira da Silva") e 14 palestras de 30 minutos cada. Terminará no dia 25 de Setembro com 2 sessões didácticas e 5 sessões experimentais decorrendo em paralelo.

<b>SETEMBRO 22, DE TARDE:</b> "As cores do chapéu da Carmen Miranda" ( <i>Eurico de Melo</i> , Inst. de Tecn. Quím. e Biol., UNL, Oeiras), "Cianinas: a cor não visível da fotografia" ( <i>Pedro Almeida</i> , Dept. Química, UBI, Covilhã) e "Sistemas que mudam de cor" ( <i>Luís M. Carvalho</i> , Dept. Química, UTAD).
<b>SETEMBRO 23, DE MANHÃ:</b> "A cor: dos fotões aos neurónios" ( <i>Sérgio Nascimento</i> , Dept. Física, UM, Braga) e "Um olhar químico sobre a visão" ( <i>José G. Martinho</i> (Dept. Eng. Quím., IST, Lisboa).
<b>SETEMBRO 23, DE TARDE:</b> "Os corantes, a química e o consumidor" ( <i>Jaime R. Gomes</i> , Dept. Eng. Têxtil, UM, Guimarães), "A química na cor do têxtil" ( <i>Carlos Travasso</i> , Clariant, Porto) e "O tratamento da cor na indústria das tintas" ( <i>José L. Nogueira</i> , CIN, Porto).
<b>SETEMBRO 24, DE MANHÃ:</b> "A estética e a utilidade da cor nas plantas" ( <i>Isabel Santos</i> , Inst. de Biol. Molec. e Citol., UP, Porto), "As cores do mundo vegetal" ( <i>Madalena Pinto</i> , Fac. Farm., UP, Porto) e "Sistemas fotocromicos para escrever-ler-apagar. Um futuro colorido para a memória?" ( <i>Fernando Pina</i> , Dept. Quím. e Eng. Quím., UNL, Almada).
<b>SETEMBRO 24, DE TARDE:</b> "Porfirinas: da natureza à síntese e à medicina" ( <i>Maria da Graça Neves</i> , Dept. Química, UA, Aveiro), "Novas perspectivas de tratamento do cancro: terapia fotodinâmica" ( <i>João Moura</i> , Dept. Quím., U. Madeira, Funchal) e "Rochas ornamentais e minerais sintéticos: brincando com a cor" ( <i>Clementina Teixeira</i> , Dept. Eng. Quím., IST, Lisboa).
<b>SETEMBRO 25, DE MANHÃ:</b> Sessões didácticas: "Rochas ornamentais e minerais sintéticos: aplicações pedagógicas" e "Fotografia: dos materiais à arte de fotografar". Sessões experimentais: "A cor do têxtil e o pH", "Cor, pigmentos e plantas", "Cor e equilíbrio", "Cor e oxidação-redução" e "Cor e luz".

Uma vez que a parte do programa que se refere às lições convidadas se encontra presentemente em preparação, os seus títulos e oradores ainda não poderão ser revelados. O programa científico será completado com comunicações apresentadas em painéis (*posters*) que serão previamente analisadas e referenciadas por uma comissão científica com a seguinte constituição: Sílvia Costa (IST), José Luís Figueiredo (UP), Hernâni Maia (UM), Ana Maria Oliveira-Campos (UM), Joaquim Moura Ramos (IST), Carlos Romão (UNL) e Sebastião Formosinho Sanchez (UC). Estas comunicações poderão versar sobre qualquer tema de Química, mas serão especialmente bem vindas aquelas que se integrem no tema do Encontro (a Cor).

A todas as pessoas que até ao dia 8 de Maio tenham enviado a sua pré-inscrição por meio do boletim (ou fotocópia do mesmo) que é incluído na parte inferior desta página será enviada (por volta do dia 15 de Maio) uma 2ª Circular com o programa científico completo, descrição do programa sócio-cultural que acompanhará o Encontro, informação sobre o formato dos resumos das comunicações, bem como outras informações complementares, incluindo os preços de inscrição. Desde já se anuncia que a data limite para envio dos resumos das comunicações será 12 de Junho, que a Comissão Científica reunirá por volta de 23 de Junho e que durante a primeira semana de Julho serão os autores informados das decisões desta comissão. O programa científico aqui anunciado poderá vir a ser alterado em caso de força maior. Por razões de limitação de espaço o número de inscrições neste XVI Encontro Nacional poderá vir a ter de ser limitado, aceitando-se nesse caso as inscrições por ordem de chegada das pré-inscrições.

**BOLETIM DE PRÉ-INSCRIÇÃO** (por favor escreva em letra bem legível)

Esta caixa será usada para endereçar o envio da 2ª Circular:

Por favor remeta este boletim a:

NOME:  
ENDEREÇO:


**XVI EN SPQ**  
**Departamento de Química,**  
**Universidade do Minho,**  
**Gualtar,**  
**4710 BRAGA**

Cód. Post. e Localidade

Instituição a que pertence

- Pretendo pré-inscrever-me para participar no XVI Encontro Nacional da Sociedade Portuguesa de Química e receber a 2ª Circular com informação adicional.
- Tenciono apresentar uma comunicação em painel.



# Relatório de Actividades do Conselho Executivo da SPQ (1995-1997)

## 1. ORGANIZAÇÃO DE ENCONTROS

Foi organizado o XV Encontro Nacional da SPQ, no Porto, em 1996. Nos anos intercalares de 1995 e 1997 foram realizados Encontros Temáticos nas áreas:

- Química Orgânica
- Química-Física
- Química Inorgânica
- Química dos Alimentos
- Espectrometria de Massa
- Catalise
- Química dos Glúcidos (Glu-  
por)
- Radicais Livres

Foi organizado, no âmbito da FECS, a Conferência EUCHEM-“Second European Conference on Computational Chemistry”, que foi financiado pela União Europeia.

A Delegação do Porto participou na Organização do IX, X e XI Encontros Luso Galegos de Química.

Os Encontros tiveram grande participação de sócios da SPQ, foram de bom nível científico e contribuíram para manter viva e coesa a SPQ. Cada Encontro, teve a sua contabilidade própria, tendo sido pedido um relatório final a todos os organizadores.

A SPQ colaborou na realização do Chempor'98 (Conferência Internacional de Engenharia Química), a ter lugar em Lisboa em Setembro próximo.

## 2. ANGARIAÇÃO DE SÓCIOS

A política da Direcção da SPQ na angariação de novos sócios foi bem sucedida, tendo-se conseguido a entrada de mais 552 sócios repartidos da seguinte forma: 1995 - 203, 1996 - 198, 1997 - 151. O número total de sócios é superior a 2000, sendo a sua quota importante para o financiamento das actividades da SPQ. A situação do pagamento de quotas em 31 de Dezembro de 1997 está descrita no gráfico, onde se contabilizam 1382 sócios com a quota de 1997 paga, 455 que deviam a quota de 1997 e 250 as quotas

de 1996 e 1997. Esta situação é bastante boa e deve-se ao dinamismo da Sociedade e ao agrado com que os sócios têm recebido as várias iniciativas da SPQ.

A Direcção da SPQ lançou a modalidade de quota casal tendo aderido a esta iniciativa 95 sócios.

Dirigida às Escolas do Ensino Básico e Secundário foi lançada a modalidade de Sócios Escolares e de Escolas Assinantes. A 31 de Dezembro de 1997, existiam 72 Escolas Assinantes do Boletim e Revista da SPQ e 15 Sócios Escolares.

Os sócios estão distribuídos pelas DELEGAÇÕES de acordo com o gráfico.

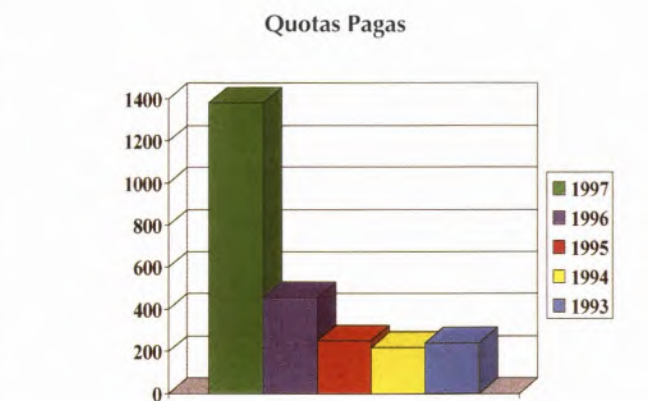
Nos gráfico seguintes indica-se a repartição dos sócios de acordo com a sua inscrição nas várias DIVISÕES e GRUPOS da SPQ.

## 3. RELAÇÕES INSTITUCIONAIS

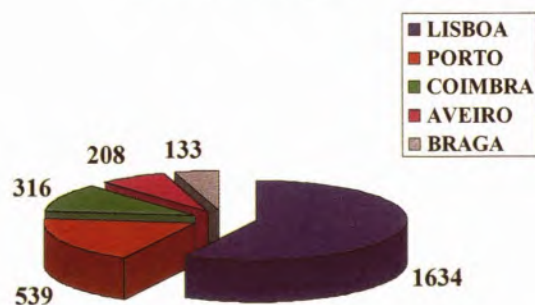
A Sociedade Portuguesa de Química, manteve relações com o Ministério da Educação, tendo nomeado um seu representante (Profª Filomena Camões, da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa) para a Comissão Nacional de Exames. Neste Orgão, foram analisadas as provas modelo dos exames de acesso, foi analisado o modo como decorreram estas provas e posteriormente foi elaborado um relatório final (a ser publicado no próximo “Química”).

A SPQ obteve financiamento da JNICT para os Encontros, para as despesas das Instalações, publicação do boletim “Química” e da Revista Portuguesa de Química, quota da IUPAC, comparticipação no co-financiamento das deslocações a missões internacionais.

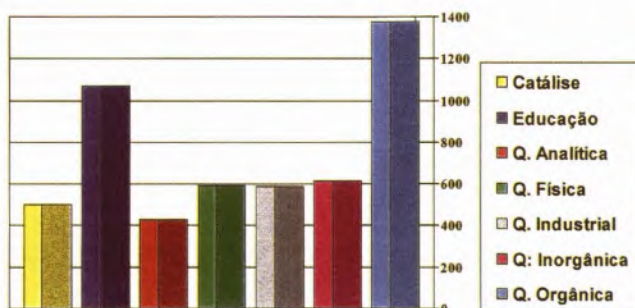
Com o Instituto de Inovação Educacional (IIE) a SPQ assinou um protocolo com o objectivo de elaborar um estudo no âmbito do desenvolvimento curricular dos ensinos básico e secundário. Para coordenar o



## Sócios por Delegação



## Sócios por Divisão



estudo foi nomeada a Drª Maria Helena Teixeira Pedrosa de Jesus do Departamento de Didáctica e Tecnologia Educativa da Universidade de Aveiro. Para o desenvolvimento deste projecto, cuja conclusão está prevista para Março de 1999, a SPQ obteve financiamento do IIE no valor de 2 500 000\$00.

Por intermédio da Divisão do Porto foi assinado um protocolo com a “Associação Industrial Portuense” bastante vantajoso para a SPQ, nomeadamente no

que se refere à realização de encontros nas instalações da AIP. Com base neste protocolo, decorreu já nas instalações da AIP o X Encontro Luso-Galego de Química.

## 4. ACTIVIDADE EDITORIAL

A Sociedade Portuguesa de Química publicou regularmente o boletim “Química” (4 números anuais) e a Revista Portu-



guesa de Química (1 número anual). Por outro lado normalizou a publicação dos números atrasados da RPQ (está em fase de publicação o último). Editou, no seguimento do plano elaborado pela anterior Direcção, o 2º volume do livro "Demonstrações de Química, Uma Fonte de Ideias para Professores", destinado essencialmente a professores do Ensino Secundário.

Analizou a viabilidade da edição do livro "Oportunidades em Química". Decidiu pagar os compromissos assumidos pela anterior direcção e não suportar mais encargos com esta publicação.

Procedeu à aquisição de *software* de química, tendo sido publicadas informações a este respeito no boletim "Química".

No âmbito da Divisão de Química Orgânica foram traduzidas as Regras de Nomenclatura da IUPAC para compostos orgânicos.

Produziu emblemas de lapela e pastas com o novo logotipo da SPQ.

Continuou o projecto de edição de uma Tabela Periódica em CD-ROM, que está praticamente concluído.

### 5. PATRIMÓNIO

A Direcção da SPQ adquiriu um número significativo de obras antigas sobre Química que foram sendo divulgadas no boletim "Química". Encomendou a pintura de 8 aquarelas de locais históricos da Química Portuguesa. As aquarelas foram emolduradas e colocadas na Biblioteca da SPQ. Das aquarelas foi feita uma série numerada de litografias, tendo-se procedido à sua divulgação e venda. Foi encadernada uma colecção completa da Revista Portuguesa de Química e do Boletim "Química", bem como das Memórias da Academia das Ciências de Lisboa (séc. XVIII-XIX) e de algumas obras antigas.

### 6. RELAÇÕES INTERNACIONAIS

A representação Internacional da SPQ na IUPAC, FECS,

ECCC e EFCE foi mantida a bom nível tendo sido enviados Representantes Nacionais às reuniões mais importantes. Para tal, a SPQ beneficiou de financiamento atribuído pela Secretaria de Estado da Investigação Científica e pela JNICT. Entregou pedidos de financiamento para estas actividades na "Fundação para a Ciência e Tecnologia" e no "Instituto de Cooperação Científica e Tecnológica Internacional".

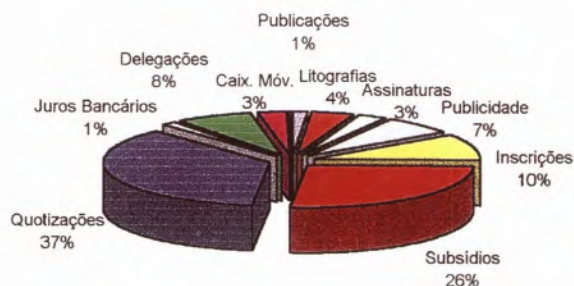
Estão praticamente concluídas as negociações com o Ministério da Ciência e Tecnologia para pagamento da quota de 5% que a SPQ pretende ter na futura Sociedade Editorial do "New European Journal of Chemistry".

### 7. GESTÃO

Reorganizou-se a Base de Dados da SPQ que foi transferida para Access. Foi feito um programa de trabalho que permite a consulta rápida de informações, edição de facturas e recibos, análise estatística, etc.

Organizou-se toda a contabilidade da SPQ, tendo-se legalizado a actividade junto das Finanças.

### Mapa de Distribuição de Receitas, 1997



### Mapa de Distribuição de Despesas, 1997



### 8. ANÁLISE FINANCEIRA

As contas da SPQ durante este período mantiveram-se equilibradas, apesar das grandes

despesas efectuadas com a actividade editorial. Foram tomadas medidas atempadas de redução de custos na edição do Boletim e da Revista e prosseguiu-se a política agressiva de an-



**Equipamento de Laboratório**  
 Balanças - Centrífugas - Aparelhos de pH - Tituladores  
 Condutímetros - Agitadores - Espectrofotómetros  
 Microscópios - etc.

**Vidros e Plásticos de Laboratório**  
 Distribuidores NORMAX

**Material Didáctico**  
 Ensino Secundário e Superior  
 Representantes exclusivos SISTEDUC - Sistemas Educativos S.A.

Rua Soeiro Pereira Gomes, 15 r/c Frente  
 Bom Sucesso - 2615 Alverca  
 Telef. (01) 957 04 20/1/2 - Fax (351-1-957 04 23) - Portugal

gariação de publicidade para o Boletim. Como consequência, aumentou o saldo efectivo da SPQ, como se verifica na Demonstração de Resultados para o ano de 1997, apresentado pelo Tesoureiro (Prof<sup>a</sup> Laura Ilharco).

A distribuição de receitas e despesas, em termos percentuais, é feita nos gráficos seguintes. Salienta-se a importância das quotas no conjunto das receitas e dos trabalhos especializados relacionados com a actividade editorial (design

gráfico, tipografia, pintor) e com a organização da contabilidade, no conjunto das despesas.

#### 9. ORGANIZAÇÃO DE CONFERÊNCIAS

Foi iniciado um ciclo de conferências, na Sede da SPQ, da responsabilidade da Divisão de Educação. Estas conferências tiveram assistência razoável, constituída basicamente por Professores do Ensino Secundário. Está prevista a publicação

no "Química" de algumas das palestras.

#### 10. LIGAÇÃO À INTERNET

Iniciou-se o processo de criação da "home-page" da SPQ. Foram definidas as linhas gerais do projecto e entregue a sua feitura a um programador.

#### 11. INSTALAÇÕES

A SPQ é, desde 1997, res-

ponsável pela gestão das instalações das 4 Sociedades Científicas. Nesse âmbito procedeu a diversas reparações urgentes e criou, com o acordo das 4 sociedades, a Sala de Leitura, aberta aos sócios de todas as Sociedades.

Lisboa, 16 de Março de 1998

*Conselho Executivo*

J. M. Gaspar Martinho  
M. N. Berberan e Santos  
Laura M. Ilharco

## Sociedade Portuguesa de Biofísica

#### • Curso sobre Espectroscopias Ópticas

A Sociedade Portuguesa de Biofísica organiza o "Short Course on the Application of Spectroscopic Optical Techniques to Biochemical and Macromolecular Systems", a realizar em 2 e 3 de Outubro de 1998 em Santarém. Este curso com finalidade tutorial, versará os seguintes tópicos: interacção radiação - matéria, espectroscopias de UV-VIS,

fluorescência, fosforescência, CD, FRAP, dispersão de luz, FT-IR e Raman. Os participantes serão encorajados a trazer para discussão, problemas específicos que tenham encontrado no decorrer do seu trabalho de investigação.

A inscrição é gratuita para os estudantes membros da Sociedade, e muito reduzida para os restantes participantes (entre 1000\$00 e 4000\$00). O jantar do Curso encontra-se incluído no preço da inscrição.

#### Informações:

M. Prieto / M. Castanho  
e-mail: Prieto@alfa.ist.utl.pt  
ou pcmcastanho@alfa.ist.utl.pt  
Fax: (01) 846 44 55 / (01) 846 44 57  
Tel: (01) 8419 219 / (01) 8419 248

#### • Congresso Luso-Espanhol

Organizado pela Sociedad de Biofísica de Espana, e pela Sociedade Portuguesa de Biofísica, realiza-se o "2nd Portuguese Spanish -Biophysics Congress /

VI Congreso de la Sociedad de Biofísica de Espana"  
Madrid, 4 - 7 Dezembro, 1998

#### Informações:

Dpto. Bioquímica y Biología Molecular  
Facultad de Química  
Universidad Complutense  
28040 Madrid, Espanha  
Fax: 34-913944159  
<http://bbm1.quim.ucm.es/bc98>



# A Química rumo ao futuro: dispositivos e máquinas moleculares\*

VINCENZO BALZANI\*\*

Ao iniciar este discurso inaugural, o meu pensamento recua nos séculos a quando, contam-se já mais de novecentos anos, na nossa cidade a paixão pelo saber levou ao primeiro esboço da instituição que hoje conhecemos pelo nome de Universidade. E a minha gratidão vai para a longa fila de cientistas que deram fama ao nosso *ateneu* e que nos abriram o caminho da ciência. Como químico, recordo (Figura 1) Jacopo Bartolomeo Beccari, para o qual em 1737 foi instituída, primeira em Itália, a Cátedra de Química, e Giacomo Ciamician que, na sua memorável lição na abertura do ano académico 1903-1904 sobre o tema "I problemi chimici del nuovo secolo", soube não só fascinar o seu auditório, como também transmitir intuições que ainda hoje nos maravilham. Sem pretensões de conseguir imitar um tal Mestre, tentarei fazer um discurso que seja compreensível e, espero, interessante para muitos.

Aceitei com prazer o convite que me foi dirigido pelo Magnífico Reitor, porque pensei que esta lição inaugural pudesse ser uma ocasião preciosa para melhor fazer conhecer a Química e para reflectir sobre o papel que a Química e, de uma forma mais geral a Ciência, desempenham na nossa civilização.

## AVERSÃO À CIÊNCIA E EM PARTICULAR À QUÍMICA

Um amigo disse-me que foi um acto de coragem, mas talvez quisesse dizer temeridade, colocar a palavra "química" no título desta lição. A química, de facto, tem actualmente uma imagem completamente negativa. Num artigo saído há algum tempo na revista *Airone*, o cientista e senador Giorgio Nebbia perguntava-se inclusivé se "química" não se teria já transformado num palavrão, dado que se encontra sempre associada a adulteração, acidentes e poluição. De facto, quando troco meia dúzia de palavras no elevador ou no comboio com uma pessoa antes não conhecida, logo que digo ser um professor de



Jacopo Bartolomeo Beccari (1737-1757)



Giacomo Ciamician (1889-1922)

química, noto no meu interlocutor, uma brusca diminuição de interesse e também um certo sentimento de surpresa. Penso que no seu íntimo se interrogue como é que uma pessoa como eu, aparentemente normal, possa rebaixar-se a ensinar à rapaziada uma coisa tão absurda e pouco limpa como a química. Este fenómeno não é somente italiano. De tal forma que, uma prestigiosa revista científica americana, meio a sério meio a brincar, publicou um curso de química com a duração de um só minuto para que os químicos, num elevador ou durante outros breves encontros, possam explicar correctamente às pessoas o que é a química e porque é a química importante.

Na realidade nos dias de hoje não só a química, mas toda a ciência apresenta uma imagem muito negativa. Este clima anti-científico é bem ilustrado pelo título de um artigo saído recentemente num conhecido quotidiano: "Vade retro progresso, a América tem medo: na pátria da tecnologia, já ninguém acredita nas suas virtudes."

No nosso País<sup>1)</sup>, além de uma substancial desconfiança em relação à ciência, está instalado o preconceito de que a verdadeira cultura é apenas a humanística. São numerosas as pessoas cultas que quase se orgulham de não perceber nada de matemática, de física e de química. É convicção generalizada, sobretudo em âmbito escolar, que as disciplinas literárias sejam mais formativas do que as científicas. Conceito que não corresponde à realidade, como foi sublinhado pelo filósofo Paolo Rossi

Monti numa entrevista recente na qual dizia, por exemplo, que não fazer uma ideia do quer dizer "princípio da inércia" é tão grave como nunca ter lido Shakespeare. A ignorância científica é verdadeiramente colossal. De acordo com um inquérito recente, 12% dos cidadãos europeus está convencido, 4 séculos após Galileu, que o Sol gira à volta da terra. O facto é preocupante, porque uma pessoa cientificamente analfabeta nunca poderá ser um bom cidadão. Na altura das escolhas de política científico-tecnológica, que se apresentam cada vez com maior frequência, quem não tem educação científica ver-se-á obrigado a confiar no entender dos peritos na matéria, correndo o risco de os ver transformados em ditadores.

Nos dias que correm, a opinião dominante, até em pessoas de uma certa cultura, é que a química, para além de ser uma matéria escolar abstrusa, é algo de que é melhor manter-se afastado porque identificada com adulteração e poluição. Na publicidade ao presunto de Parma, que apareceu nos principais jornais, escreve-se em letras grandes que nele, no tal presunto, não existe nada de químico. A realidade, bem pelo contrário, é que naquele presunto tudo é químico. De anúncios como este e de tantas outras notícias insensatas que chegam da imprensa e da televisão, o cidadão comum é levado a pensar que "químico" seja o oposto de "natural" e que a química seja algo que provavelmente se poderia, e em todo o caso se deveria, dispensar. Uma proposta de referendo para

abolir a química recolheria hoje facilmente as necessárias 500 000 assinaturas. Eu gostaria muito que alguém propusesse esse referendo. Seria finalmente chegada a ocasião certa para explicar às pessoas que a química não se pode eliminar, pelo simples facto que se encontra em tudo o que nos rodeia e em nós. Está à nossa volta nos fenómenos naturais indispensáveis à vida, como a fotossíntese, e nos produtos artificiais de importância primária para a nossa civilização, como os fármacos, os fertilizantes, as matérias plásticas. Está em nós porque o homem “funciona” ou “não funciona” através de reacções químicas. A concepção, o crescimento e a morte são processos químicos, ainda que muito complexos. Até aqueles que chamamos processos mentais (a aprendizagem, a memória, o pensamento, a experiência, os sonhos) são o resultado de intrincados processos químicos que se desenrolam no nosso cérebro. Portanto, abolir a química quereria dizer não só abolir as adulterações alimentares e poluição, mas também abolir os combustíveis, os fármacos, os fertilizantes, as matérias plásticas, os semicondutores, os detergentes, ou seja, todos os benefícios que, dum modo quase inconsciente, usufruímos todos os dias; e quereria também dizer abolir as plantas, os animais, e o próprio homem. Quereria dizer abolir tudo, porque tudo, até o presunto de Parma, é química.

É pois necessário não confundir a química com os efeitos maléficos que produz quando mal utilizada. Claro, com um produto químico chamado fármaco pode salvar-se uma vida, e com um outro produto químico chamado veneno pode ceifar-se uma vida. Mas também com uma faca se pode cortar o pão ou matar um homem. E nenhuma pessoa sensata, no segundo caso, daria a culpa à faca.

## ÁTOMOS E MOLÉCULAS

A química explica-nos o “porquê” e o “como” da vida de todos os

dias. Explica-nos, por exemplo, porque é que os alimentos se conservam por mais tempo no frigorífico, como consegue a nossa boca distinguir o açúcar do sal, porque é que o monóxido de carbono é venenoso, como funciona a fotossíntese nas plantas. Explica-nos tudo isto partindo das propriedades dos átomos e das moléculas.

De facto, por exemplo, para perceber como “funciona” uma árvore, é necessário baixar, bem baixo até ao pequeno, como num “zoom” (Figura 2), ir da árvore às folhas, às células, aos cloroplastos, aos grânulos, às membranas, até conseguir ver o que sucede ao nível molecular. As moléculas são objectos muito pequenos. Dez biliões de vezes mais pequenas que os objectos que nos rodeiam na vida de todos os dias. A unidade de medida das moléculas é o nanómetro,  $10^{-9}$  metros, um bilionésimo de metro. É difícil dar-mo-nos conta de como são pequenas as moléculas. Se disser que numa gota de água se encontram  $10^{21}$  moléculas, podem-me perguntar o que significa  $10^{21}$ . Pergunta pertinente pelo facto que os números muito grandes ou muito pequenos não se podem conceber senão através de comparações adequadas. Eis então: se pudéssemos distribuir as moléculas existentes numa gota de água por todos os homens da terra, caberiam cerca de 200 biliões a cada um. Ou então, se contássemos as moléculas que existem numa gota

de água ao ritmo de 1 ao segundo, necessitaríamos de trinta mil biliões de anos para as contar todas.

Mas para melhor se fazer uma ideia do que sejam os átomos e as moléculas e do que globalmente seja a química, pode-se recorrer a uma analogia entre química e linguagem.

Qualquer linguagem se baseia em letras, duas dezenas na língua italiana (a, b, c, etc.), organizadas num alfabeto. As letras da química são os átomos (hidrogénio, H; oxigénio, O; carbono, C, etc., cerca de uma centena) e o alfabeto da química é a *tabela periódica* (que até os literatos conhecem, graças ao livro homónimo de Primo Levi<sup>2</sup>). Sabemos todos que as letras do alfabeto se podem combinar em grupos, segundo uma lógica inventada pelo homem: obtêm-se, assim, as palavras. Algo de semelhante acontece com os átomos. Agrupando os átomos segundo as regras impostas pela natureza, obtêm-se as moléculas, que são pois as palavras da química. Assim como existem palavras compridas e palavras curtas, também existem moléculas constituídas por poucos átomos (como a molécula de água, que tem dois átomos de hidrogénio e um de oxigénio) e outras muito grandes (como a hemoglobina que tem 9072 átomos). Uma primeira conclusão a que se pode chegar, é a de que assim como a linguagem é feita de palavras, assim o mundo é feito de moléculas.

		metros
<b>Árvore</b>	10 m	$10^1$
Folhas (comprimento)	10 cm	$10^{-1}$
(espessura)	0.3 mm	$3 \times 10^{-4}$
Células	50 $\mu$ m	$5 \times 10^{-5}$
Cloroplastos	5 $\mu$ m	$5 \times 10^{-6}$
Grânulos	200 nm	$2 \times 10^{-7}$
Membranas (espessura)	2 nm	$2 \times 10^{-9}$
<b>Moléculas</b>	0.5 nm	$5 \times 10^{-10}$



Figura 2



Com uma só palavra não é possível exprimir um conceito. Na linguagem, portanto, as palavras são agrupadas, segundo certas regras, em frases. Algo de semelhante sucede na química: uma molécula não é suficiente para executar uma função. Algo que, no entanto, é possível de obter através de sistemas compostos por mais de uma molécula, as chamadas supermoléculas.

Continuando com esta comparação, em modo muito grosseiro e quase por brincadeira, poder-se-á passar a sistemas mais complexos (Figura 3), e portanto comparar um parágrafo a um enzima, um capítulo de um livro a uma mitocôndria, um livro a um protozoário, uma colecção de livros a um animal pouco evoluído e, enfim, uma inteira biblioteca a um homem. Chegamos a este ponto podemos questionarmo-nos: existem mais letras numa biblioteca ou átomos num homem? Tomemos a biblioteca inaugurada em Paris alguns anos atrás, que é talvez a maior do mundo. Contém cerca de 10 milhões de volumes, para um total de  $10^{13}$  letras (ou seja, dez mil biliões de letras). O número de átomos contidos no corpo de um homem é da ordem de  $10^{27}$ , cem mil biliões de vezes maior que o número de letras existente na biblioteca de Paris. Portanto, a comparação biblioteca-homem é sem dúvida irrelevante para o homem, até no plano simplesmente quantitativo, já que o número de átomos contidos no corpo de um homem é igual ao número de letras que se encontram em cem mil biliões de bibliotecas. E assim como as letras contidas numa biblioteca não se encontram dispostas ao acaso, mas organizam-se em palavras, frases, parágrafos, capítulos, volumes e colecções, com o fim de exprimir informações e conceitos, também os átomos do corpo humano estão bem ordenados em moléculas, sistemas supramoleculares, células e órgãos para executarem as funções necessárias à vida.

Esta analogia entre química e linguagem, ainda que limitada, tem o dom de nos permitir compreender que as moléculas são as palavras da

## LINGUAGEM

letras (a, b, c, ...)  
alfabeto

conjunto de letras (atctiecbil)



lógica humana

palavras (bicicleta)  
frases  
parágrafos  
capítulos de um livro  
livros  
colecções de livros  
bibliotecas

## QUÍMICA

átomos (C, H, O, ...)  
tabela periódica

conjunto de átomos (CHHHCNHHOO)



lógica natural

molécula (glicina,  $\text{NH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$ )  
supermoléculas simples (membranas)  
supermoléculas complexas (enzimas)  
organelos intracelulares (mitocôndrias)  
organismos unicelulares (protozoários)  
organismos pluricelulares simples (moluscos)  
organismos pluricelulares complexos (homem)

Figura 3

química e que os organismos vivos são sistemas químicos constituídos por um incrível número de moléculas, todas dispostas num modo igualmente incrivelmente ordenado.

Por conseguinte, os átomos e as moléculas constituem os tijolos de tudo aquilo que nos rodeia e do nosso próprio corpo. Os átomos e as moléculas de que somos feitos encontram-se numa troca permanente com o ambiente que nos rodeia através de reacções químicas. Todos os dias ao respirar, comer, beber, retiramos do ambiente biliões e biliões de átomos e devolvemos ao ambiente aproximadamente igual quantidade suando, respirando, eliminando dejectos. Será pouco poético, mas cada nosso respirar tira e repõe em circulação biliões e biliões de átomos já reciclados nas últimas semanas pela respiração de outros seres vivos. Tudo em nós é continuamente regenerado, vindo da matéria e da energia do ambiente que nos rodeia. A nossa pele é renovada todos os meses, o nosso fígado de seis em seis semanas. Todos os anos 98% do nosso corpo é regenerado. Podemos afirmar que, de tudo aquilo que vive sobre a terra, somos o mais reciclado. Por fim até as nossas recordações, que são estruturas especiais no nosso cérebro, são continuamente desmontadas e remontadas através desta substituição atômica e molecular.

Chegados a este ponto, podemos interrogarmo-nos sobre outros "como" e "porquê": porque é que estamos no mundo? apenas para reciclar átomos e moléculas, ou a nossa vida tem um valor transcendente? quem escolheu as leis que governam os fenómenos que observamos? que significado tem a vida do homem, único sujeito num mundo de objectos? como se explica que o homem, cujo coração é constituído por átomos como o é uma pedra, possua a faculdade de amar e perdoar? Segundo o famoso zoólogo da universidade de Oxford, Richard Dawkins, só quem não possui educação científica pode colocar estas questões. Eu não partilho da opinião de Dawkins. Eu penso que estas questões interpelam o cientista ainda mais profundamente que a gente comum, precisamente porque o cientista sabe que a estas perguntas a ciência não pode dar resposta.

### O MODERNO PAPEL DA QUÍMICA: ENGENHARIA MOLECULAR

Mas voltemos à química. Por muito tempo, o químico foi essencialmente um explorador da natureza. A sua tarefa era a de descobrir a composição e estrutura dos produtos naturais e compreender quais as regras que a natureza impõe aos fenómenos

químicos. A situação foi-se modificando pouco a pouco, por duas razões: em primeiro lugar a operação "conhecimento da natureza" encontra-se muito avançada; em segundo lugar, o químico, desvendando os segredos dos processos naturais, deu-se conta de possuir a capacidade de sintetizar compostos e de meter em acção processos que não existem na natureza e que conseqüentemente vêm apelidados de artificiais. Ao lado do químico explorador da natureza encontra-se sempre mais frequentemente o químico inventor, o químico engenheiro a nível atómico e molecular. Ao grande número de moléculas existentes na natureza, os químicos acrescentaram cerca de 15 milhões de novas moléculas.

É já possível preparar moléculas de qualquer forma e dimensão. Alguns exemplos encontram-se esquematicamente representados na Figura 4: moléculas em forma de árvore, de ponte, de corrente, de bola de futebol. Acontece pois na química o admiravelmente descrito numa frase de Leonardo: "Onde a natureza finda de produzir as suas espécies, começa o homem, em harmonia com as leis da natureza, a criar uma infinidade de espécies".

Sintetizar uma nova molécula, um novo material, é um acto criativo complexo que exige ideias, organização, trabalho. Como qualquer acto criativo, tem os seus riscos. Isto é bem sabido, mas também é sabido como se deve proceder para evitá-los. Hoje, por exemplo, qualquer potencial novo fármaco, antes de ser utilizado, é submetido a muitos anos de experimentação para verificar a ausência de efeitos negativos. Claro que se pode errar, como em qualquer outra actividade humana. Mas o balanço da química em relação à humanidade é muito positivo. Com os fertilizantes podemos aumentar as colheitas, com os remédios combatemos as doenças, com os analgésicos eliminamos a dor, com os combustíveis diminuimos o esforço manual, com as fibras artificiais protegemo-nos do frio e da chuva. E poderia continuar com muitos outros exemplos.

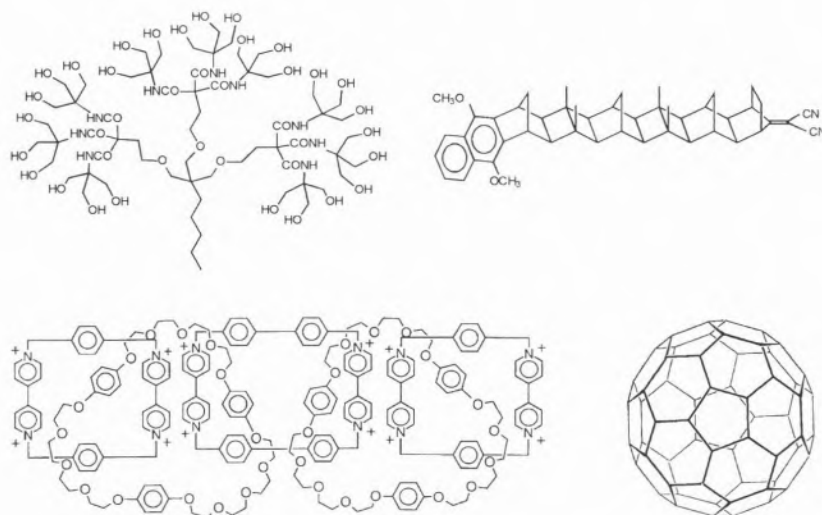


Figura 4

#### A QUÍMICA DO FUTURO E A NANOTECNOLOGIA

Nos próximos anos a química produzirá por certo, fármacos mais eficazes, materiais mais ligeiros e resistentes, métodos de análise mais sensíveis. Mas trar-nos-á também muitas surpresas. As maiores expectativas dizem respeito ao campo da nanotecnologia, que significa tecnologia ao nível do nanómetro (bilionésimo de metro), ou seja, a nível molecular. Vejamos brevemente do que se trata com a ajuda da Figura 5.

Em muitos campos da tecnologia

a miniaturização dos componentes da aparelhagem tornou-se uma necessidade cada vez mais premente. Isto é particularmente válido para as memórias dos computadores electrónicos, com o fim de obter aparelhos cada vez mais pequenos e ao mesmo tempo cada vez mais potentes. De grande interesse são as estruturas possuindo as dimensões de 1 a 100 nanómetros. Para a produção de componentes miniaturizados, até ao momento seguiu-se a abordagem "de cima abaixo" (*top down*), trabalhando os materiais macroscópicos com técnicas especiais como a litografia. Mas, os limites desta

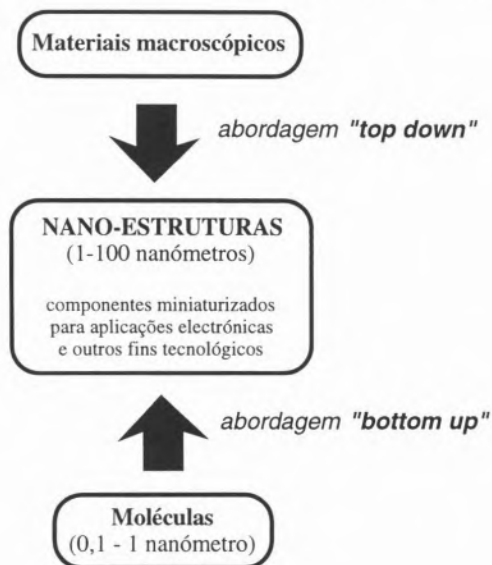


Figura 5

abordagem foram já atingidos. Pode ser vantajosa, então, especialmente para obter estruturas ainda mais pequenas, a abordagem “de baixo acima” (*bottom up*), através duma montagem molécula a molécula. Trata-se de uma verdadeira e autêntica engenharia a nível molecular.

O ambicioso projecto dos químicos é o de construir mecanismos, dispositivos e máquinas ao nível molecular, capazes de efectuar funções úteis. Para perceber o que significa mecanismo ou máquina a nível molecular e qual a lógica que os químicos pretendem seguir para construir estes dispositivos, pode tornar-se útil uma analogia muito simples. Para construir um aparelho do mundo macroscópico (por exemplo, um secador), o engenheiro constrói componentes (um interruptor, um ventilador, uma resistência) cada um deles apto a desempenhar uma acção específica. Seguidamente, os componentes são montados num determinado modo obtendo-se um aparelho que, alimentado a energia eléctrica, executa uma função útil. O químico do futuro procederá de modo idêntico, não a nível macroscópico, mas sim a nível molecular. Antes de mais trata-se de construir moléculas capazes de executar acções específicas (por exemplo, absorver um fóton, transferir um electrão), depois montá-las em estruturas supramoleculares organizadas, de modo a que o resultado coordenado das acções dos componentes possa dar lugar a uma função útil. Estes dispositivos ao nível molecular funcionam fazendo mover electrões, átomos, ou inteiras moléculas. No nosso laboratório, já construímos componentes destas máquinas moleculares, como fios moleculares capazes de conduzir electrões ou energia electrónica, e interruptores moleculares capazes de permitir ou impedir a passagem destes fluxos.

Como sucede com os dispositivos e as máquinas do mundo macroscópico, também para fazer funcionar os dispositivos e máquinas moleculares se torna necessário fornecer energia e dispôr de sinais que metam em comunicação a máquina com o operador.

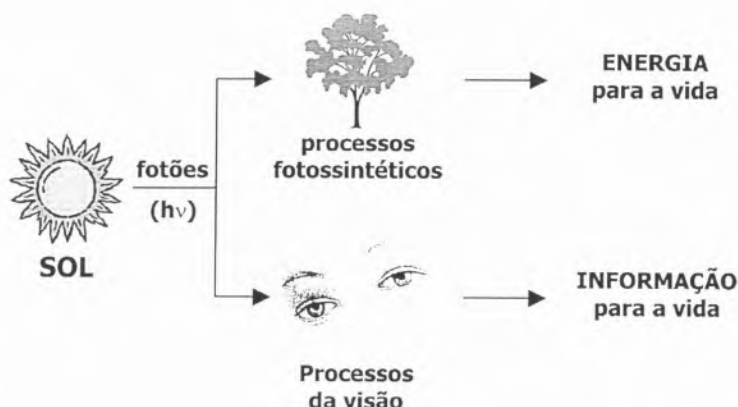


Figura 6

Este duplo problema, para as máquinas moleculares, pode ser resolvido com a luz. A luz, como é bem conhecido, é feita de fótons e o fóton na sua interacção com a matéria pode funcionar como “quantum de energia” ou como “elemento de informação”. Isto acontece normalmente na natureza, onde a luz solar é utilizada no processo fotossintético para obter os produtos agrícolas (ou seja energia), e nos processos relacionados com a visão para obter informação sobre o mundo que nos rodeia (Figura 6).

Portanto, também em sistemas artificiais a interacção entre luz e matéria pode ser utilizada para obter energia ou elaborar informação. Os estudos a este respeito encontram-se numa fase muito adiantada.

## MÁQUINAS MOLECULARES

Enquanto já se fantasiam uma série de máquinas moleculares que num futuro não longínquo deverão reparar células doentes, decompor substâncias nocivas, elaborar informações, etc., começam a surgir os primeiros protótipos de rudimentares máquinas moleculares. Sem me demorar sobre o aspecto mais científico, demasiado especializado, gostaria de vos mostrar alguns exemplos simples. Foram já construídas moléculas, como a representada na Figura 7, que por acção de um fóton se fecham

como uma pinça e portanto podem agarrar átomos ou pequenas moléculas. Outras máquinas moleculares simples são constituídas por sistemas chamados rotaxanos e catenanos. Alguns exemplos são mostrados na Figura 8. No primeiro sistema, graças à acção de um fóton ou de um electrão podem-se desenfiar e reenfiar os dois componentes moleculares, aquele em forma de fio naquele em forma de anel. No segundo sistema (catenano), sempre graças à acção de um fóton ou de um electrão pode fazer-se girar um dos dois anéis em relação ao outro. O terceiro sistema é constituído por uma molécula em forma de anel, enfiada numa molécula filiforme que contém dois centros distintos: com o impulso de um fóton ou de um electrão, o anel pode deslocar-se de um local para o outro. É um sistema claramente análogo a um ábaco. O extraordinário é que se trata de um ábaco com um comprimento de poucos bilionésimo de metro e que pode ser posto em acção pela luz.

Mas há mais. Uma vez que estes movimentos correspondem a uma lógica binária, alguns destes sistemas são capazes de efectuar operações lógicas, ou seja, são capazes de ter um sinal de saída (que pode ser, por exemplo, um sinal de fluorescência) modulado por sinais de entrada (que podem ser fótons, electrões, ácidos, bases). Recentemente demonstrámos que o rotaxano representado na Figu-



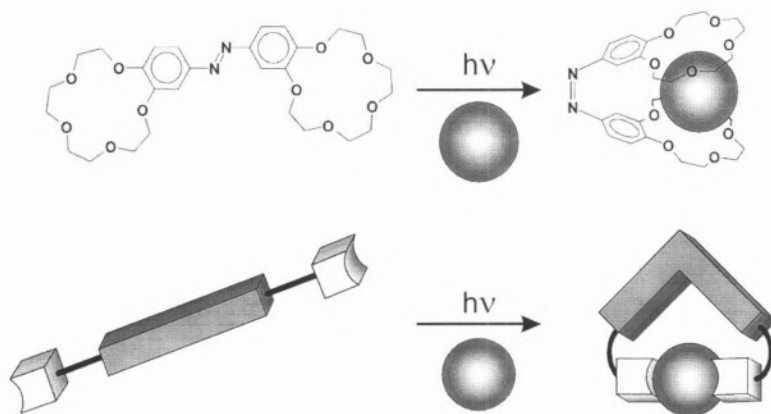


Figura 7

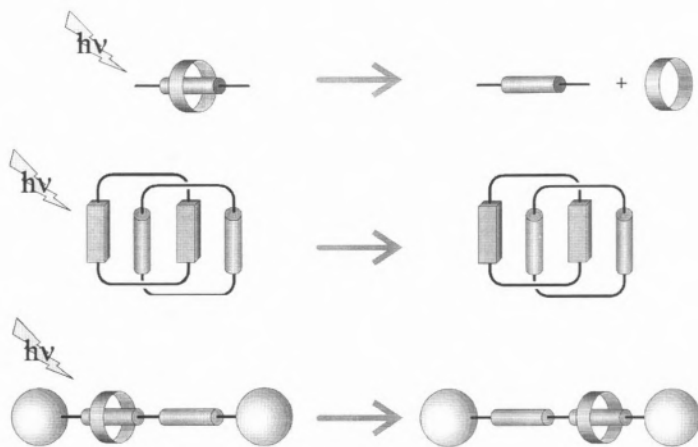


Figura 8

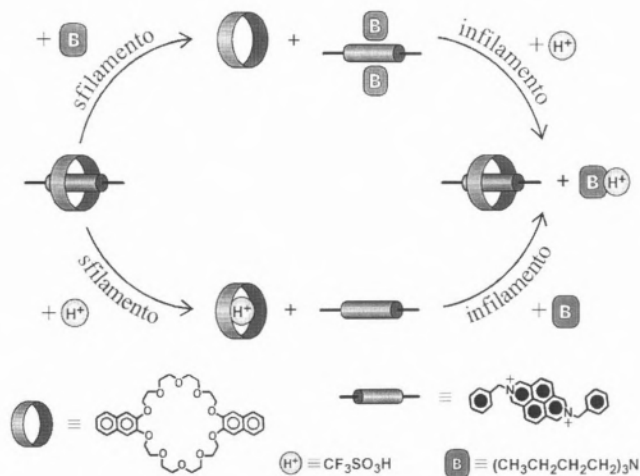


Figura 9

ra 9 pode efectuar uma operação lógica complexa como a designada, em gíria, pela sigla XOR. Por razões óbvias não posso descrever em detalhe como funciona este dispositivo molecular. Gostaria apenas de fazer notar que alguns cientistas vêem nestas pesquisas os primeiros passos num caminho que poderá conduzir à construção de uma nova geração de computadores que, baseando-se em elementos de memória com a dimensão do nanómetro, poderão oferecer rendimentos muito superiores aos dos computadores actualmente em uso.

## CONCLUSÕES

Antes de concluir, gostaria de regressar brevemente a alguns problemas de carácter geral.

Desejo sublinhar antes de mais que é urgente reunificar cultura humanística e cultura científica, reconciliar as pessoas com a ciência, e em particular com a química. Sem uma consciência científica de base, a sociedade tecnológica em que vivemos não pode funcionar de um modo democrático.

Um segundo ponto. Hoje existe uma certa tendência a privilegiar a investigação aplicada em relação à fundamental. Mas a história da ciência ensina-nos que é a investigação científica fundamental aquela que mais contribui para o progresso da humanidade. Poder-se-ia dar tantos exemplos. Limito-me a mencionar uma anedota em que se conta que, no século passado, quando o Primeiro Ministro inglês Gladstone foi visitar o laboratório do famoso cientista Faraday, perguntou se aquela substância esotérica, chamada electricidade, sobre a qual Faraday estava fazendo experiências, teria alguma vez uma qualquer aplicação prática. A resposta de Faraday foi lapidar: "Esta substância que Vossa Excelência chama esotérica, senhor Ministro, um dia pagará imposto."

Um terceiro ponto. Nos países desenvolvidos, até agora foi privilegiada a dita "grande ciência", ou seja os megaprojectos de física nuclear e

de exploração do espaço. No entanto, foram descuradas as pesquisas em campos, como a química, onde se trabalha no âmbito de projectos baseados na criatividade dos investigadores e caracterizados por proveitos benéficos em relação às necessidades da humanidade. Estiveram frequentemente razões militares na base das escolhas feitas no passado. Agora, porém, apesar das restrições orçamentais, é urgente rever a política de distribuição dos recursos para a investigação científica.

As pessoas menos familiarizadas com a ciência podem colocar, muito justamente, uma pergunta: até quando haverá progresso científico? Conta-se que na América em 1865, no tempo de Abraham Lincoln, o chefe do gabinete de patentes escreveu ao Governo uma nota informativa na qual sustentava que, dada a grande velocidade a que se davam as descobertas naquele período, o gabinete fecharia em poucos anos porque tudo o que fosse necessário descobrir, em poucos anos, de facto, seria descoberto.

Presentemente, pelo contrário, encontra-se difundida a ideia que cada descoberta científica gera mais perguntas que aquelas a que dá resposta. Conceito que já tinha sido muito bem expresso, no longínquo 1791, por Joseph Priestley, o primeiro cientista que investigou a fotossíntese: "Quanto maior o círculo de luz, maior a margem de obscuridade em que o círculo se encontra confinado. Mas, apesar disso, quanto mais luz fizermos, mais gratos devemos estar, porque isso significa que temos um maior horizonte a contemplar. Com o tempo os confins da luz estender-se-ão ainda mais; e dado que a Natureza divina é infinita, podemos esperar um progresso sem fim nas nossas investigações sobre a mesma: uma perspectiva sublime e simultaneamente gloriosa".

Belo, não é verdade? Atenção, porém. Isto não quer dizer que, quem faz investigação científica se pode deixar ficar isolado numa mais ou menos alta torre de marfim, a contemplar a beleza das suas pesquisas. Os cientis-

tas, mais ainda que os restantes cidadãos, devem estar bem conscientes que a ciência se move mais rapidamente que as nossas capacidades para perceber as suas implicações, deixando no seu rasto um labirinto de problemas éticos e morais. Leonardo da Vinci, numa carta ao Duque de Milão, comentando a sua ideia de construir um submersível, escreveu: "Eu não descrevo o meu método para permanecer debaixo de água por muito tempo, porque os homens com a sua natural maldade o usariam para destruir a quilha dos barcos e afundá-los com a sua tripulação.". Infelizmente muitos cientistas não se colocam problemas do género e usam a sua criatividade para inventar armamentos cada vez mais mortíferos. Algumas semanas atrás os jornais deram-nos a saber que o último destes armamentos é um laser químico, o "Mid Infra Red Advanced Chemical Laser", que com muito mau gosto vem designado com a sigla MIRACL. Todos sabemos que a empresa científica é de per si ambígua. O laser pode ser utilizado em operações cirúrgicas ou, como é o caso, para construir armas mortíferas. Com um computador pode-se controlar a sala de reanimação de um hospital ou as baterias de mísseis de um cruzador. E se é verdade que não se pode condenar os cientistas por terem inventado o computador, também é verdade que se pode condená-los se agora não lutarem para que hajam mais hospitais e menos cruzadores.

É talvez chegada a hora em que o homem, após ter demonstrado com a ciência de saber fazer tudo ou quase tudo, demonstrar também saber reflectir e, se necessário, saber parar. Se por um lado é difícil, e talvez também ilógico, colocar limites à pesquisa científica, cuja tarefa é descobrir toda a verdade, surge não só como lógico, mas necessário, impedir a concretização de tecnologias contrárias ao interesse do homem.

A ciência e a tecnologia devem ser partilhadas por todo o género humano, como o ar e a água, e devem ser usadas para o progresso da humanidade e não para a sua

ruína, para o bem de todos e não para o privilégio de alguns, para conservar os recursos naturais e não para destruí-los, para a paz e não para a guerra. Quer-se um grande sentido de responsabilidade, pois é necessário atingir rapidamente um grau de maturidade moral e política muito mais elevado que o actual.

Gostaria de fazer uma última reflexão. Alguém poderia perguntar-me: o que sente um químico ao sintetizar uma nova molécula, ou ao inventar uma nova máquina molecular? De uma forma mais geral, o que sente um cientista no seu trabalho de investigação? Na ciência, como em toda a actividade "criativa", podem-se tomar duas atitudes extremas: o orgulho de ter dado ao mundo algo que não existia ou de se ter descoberto algo que não se conhecia, ou então a humildade de quem, consciente da sua própria pequenez, agradece a Deus por o ter usado como seu instrumento para ir revelando a beleza da criação. Newton, face às suas memoráveis descobertas dizia: "Sinto-me como uma criança que brincando à beira-mar se diverte a apanhar ora uma pedrinha mais macia, ora uma conchinha mais brilhante do habitual, enquanto o oceano ilimitado da verdade se estende inexplorado diante mim". Também eu, no meu trabalho, experimento esta sensação. E partilho também dos sentimentos do geneticista americano Francis Collins que recentemente disse: "Sempre que percebemos algo mais sobre o genoma humano, eu experimento um sentimento de profundo respeito, ao pensar que a humanidade fica a conhecer algo que antes só Deus conhecia."

*Tradução de Maria João Seixas de Melo*

*Revisão de F. J. Pina e A. J. Parola*

*Grupo de Fotoquímica da FCT-UNL*

\* *Discurso inaugural do ano académico 1997-1998 Universidade de Bolonha, Itália.*

\*\* *Dipartimento di Chimica "G. Ciamician", Università degli Studi di Bologna, Itália.*

<sup>1)</sup> *refere-se a Itália, mas a observação vale também para Portugal.*

<sup>2)</sup> *Em Português traduzido com o título de "O sistema Periódico", ed. Gradiva.*



## MEDIDORES DE pH DE ALTA TECNOLOGIA FÁCEIS DE USAR E ECONÓMICOS

**pH 300**

Medidor de pH/mV/°C de bancada

**pH 301**

Medidor de pH/mV/iões/°C de bancada

**pH 302**

Medidor de pH/mV/°C de bancada  
com impressora

De acordo com as GLP

**From**

**HANNA**  
instruments  
ISO 9000 CERTIFIED

**... of course**

Dos 700 funcionários do grupo Hanna,  
130 estão ao seu serviço em Portugal.

**PARA MAIS INFORMAÇÕES CONTACTE O NOSSO REVENDEDOR HANNA OU  
HANNAPRO EM VILA DO CONDE ATRAVÉS DO TEL. 052 637 184 / FAX 052 637 185**



# "Use of Fluorescent Probes to Study Structural and Functional Aspects of Enzymes"

MICHAEL K. HELMS\*

Much of the field of biochemistry is devoted to the study of the structure and function of enzymes. Advances in biotechnology in the past few decades have allowed for cloning and expression of large quantities of enzymes, but more physical techniques are required for characterization of the structure and function of enzymes. Fluorescence spectroscopy is a sensitive and useful tool for such studies and its utility is discussed here. Examples of data from fluorescence experimentation are provided.

## ENZYMES AND THEIR SIGNIFICANCE

Most enzymes consist of proteins, which are polymers of amino acids, except a few known cases where RNA functions as an enzyme ("ribozymes"). Enzymes are catalysts which stabilize the transition state of a reaction. Thus, a larger number of molecules will have the energy necessary to attain the transition state. The reaction will then reach equilibrium faster.

Reactions catalyzed by enzymes proceed fast enough to allow physiological processes, indeed life as we know it, to be possible. Enzymes are highly efficient and very specific, important features in the complex environment of a cell or organism. Enzymes have the ability to be regulated by various means, allowing for physiological control or responses to signals.

Some of the physiologically important functions enzymes perform are conversion of the chemical energy of ATP into mechanical force in muscles, control of osmotic balance across cell membranes, replication of the genetic material of cells, transmission of impulses in nerves and conversion of nutrients into useable energy, among many others. There are literally thousands of enzymes at work in an organism, some of which are highly conserved from single-cell organisms to humans.

Genetically inherited disorders are caused by defective enzymes. For example, genetic defects in the enzymes which degrade lipids lead to lipid storage diseases, Tay-Sachs disease being the best known. This disease is caused by a defective enzyme called  $\beta$ -N-acetylhexosaminidase A, which does not break down the ganglioside GM<sub>2</sub> as the normal enzyme does. This lipid accumulates in the brain, which is fatal to the individual at an early age. Many examples of defective enzymes leading to disease states exist. The more that is known about enzymes and their function, the more possible it becomes to treat diseases.

## FLUORESCENCE SPECTROSCOPY

There are many ways of studying enzymes and it is beyond the scope of this article to review all the methods. The method this article will focus on is fluorescence spectroscopy. Excellent reviews of fluorescence may be found in the literature (1) and volumes of fluorescence methods also exist (2,3). Fluorescence is

a physical process in which a molecule absorbs light and becomes excited to a higher electronic state. The excited molecule is generally short-lived, only in the range of a few nanoseconds ( $10^{-9}$  seconds). When the excited molecule decays back to the ground state and ejects a photon, the process is termed fluorescence. Decay only occurs from the lowest vibrational level of the S<sub>1</sub> or singlet state.

Examples of fluorescent molecules are shown in Figure 1, and examples of their applications are described below. Hundreds of fluorophores are commercially available from companies such as Molecular Probes, Inc. of Eugene, Oregon, USA. Tryptophan is a naturally occurring amino acid, and is the most efficient fluorescent amino acid. Tyrosine and phenylalanine are also fluorescent, but are less efficient than tryptophan. The presence of conjugated double bonds is an essential feature of all fluorescent molecules. Indeed, it is the  $\pi$  bonding electrons which get excited to higher electronic levels, a  $\pi$  to  $\pi^*$  transition, which is quantum mechanically allowed.

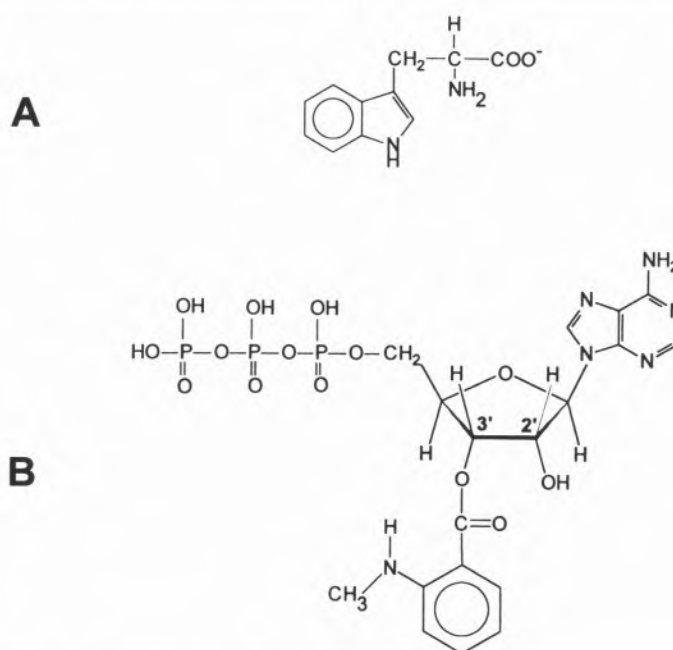


Fig. 1 - Structures of fluorescent biomolecules; A) tryptophan and B) 3'-O-(N-methylanthraniloyl) adenosine-5'-triphosphate (mantATP).

Examples of the kinds of spectra obtained from fluorescence are shown in Figure 2. Fluorescence instruments require two monochromators and hence two kinds of spectra are possible: excitation and emission. The excitation spectrum, when corrected, should be the same as the absorbance spectrum of that molecule. An excitation spectrum fixes the emission wavelength and scans across the excitation wavelengths. An emission spectrum is the reverse, where an excitation wavelength is fixed and the emission wavelengths are scanned.

Besides spectra, one can also measure the polarization or anisotropy of a fluorescent molecule. These quantities are a measure of the mobility of the molecule. That is, if a molecule moves significantly during its excited state lifetime, its polarization or anisotropy will be low, close to 0, suggesting isotropic motion. If it does not move significantly during its excited state lifetime, its polarization or anisotropy will be relatively high. The theoretical positive limit for a fluorophore's polarization is 0.5 and 0.4 for anisotropy, while the theoretical lower limit is -0.33 for polarization and -0.2 for anisotropy. The actual limiting value for each molecule is different and can also be different across exciting wavelengths as different transitions are excited preferentially. This forms the basis of the excitation polarization spectra below (Figure 3).

Polarization and anisotropy are ratios of intensities with polarizers placed in the light path. (For reviews of the theories and applications of polarization see Weber (4) and Jameson and Sawyer (5).) With a polarizer in the path of the exciting light selecting for electric vectors oriented straight up and down, or parallel (||), the emission intensity (I) is collected through a polarizer which is successively moved to two positions, parallel (||) and perpendicular ( $\perp$ ). Polarization and anisotropy are then defined as follows.

$$\text{Polarization} = \frac{I_{||} - I_{\perp}}{I_{||} + I_{\perp}}$$

$$\text{Anisotropy} = \frac{I_{||} - I_{\perp}}{I_{||} + 2 \cdot I_{\perp}}$$

The denominator in anisotropy is actually the total intensity. This makes anisotropy an additive quantity, which will be useful in the experimental data presented below.

Structural details can be obtained from fluorescence resonance energy transfer. The theory of FRET was originally described by Perrin (6) and Förster (7,8). The dependence of transfer efficiency upon the distance between donor and acceptor molecules and upon the overlap integral between the donor's emissi-

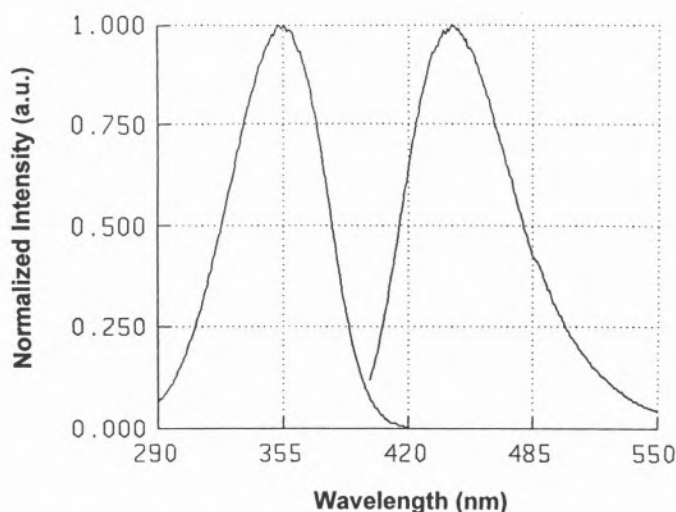


Fig. 2 - Uncorrected excitation (left) and emission (right) spectra of mantATP in buffer at pH 7.4. The excitation spectrum was taken with the emission monochromator set at 445 nm, and the emission spectrum was taken with the excitation monochromator set at 355 nm. Spectra were taken with a parallel polarizer in the emission path to eliminate polarization artifacts from the monochromator, e.g., the Wood's anomaly.

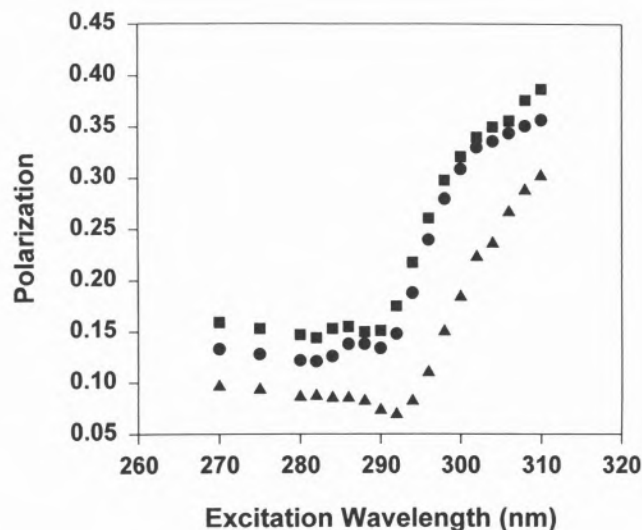


Fig. 3 - Excitation polarization spectrum of tryptophan mutants of fructose-6-P, 2-kinase:fructose-2,6-bisphosphatase. Emission was collected through a Hoya UV-32 and a Corning 7-54 filter to isolate emission above 320 nm from exciting wavelengths. Spectra for the single trp-containing mutants, trp299 (•) and trp320 (■), are higher than that for the double trp-containing mutant, trp299,320 (▲).



on and acceptor's absorbance were verified by Stryer and Haugland (9). Excellent reviews on fluorescence resonance energy transfer have appeared in the literature recently (10,11). Briefly, two molecules are required, a donor of energy and an acceptor. If the emission of the donor overlaps with the absorbance of the acceptor, energy can be transferred via a dipole-induced dipole nonradiative mechanism after the donor has been excited. Besides spectral overlap, relative proximity and proper orientation are required. Based on the efficiency of energy transfer ( $E$ ), it is possible to calculate the distance between the donor and acceptor molecules based on the following equation:

$$E = R_0^6 / (R_0^6 + R^6)$$

where  $R_0$  is the critical transfer distance for a given donor-acceptor pair, or distance at which transfer efficiency is 50%, and  $R$  is the distance between the donor and acceptor.

It is possible for the same molecules to undergo homotransfer as the excitation and emission spectra can have overlap. Tryptophan has been shown by Weber to undergo homotransfer (12). A feature of energy transfer is that it is relieved or inhibited when exciting at the red edge of excitation, Weber's red edge effect (12,13).

## FLUORESCENCE STUDIES OF ENZYMES

Fluorescence probes may be readily applied to the study of enzyme structure, function and dynamics. Indeed, fluorescence has some advantages over other techniques in that it is highly sensitive (samples in the micromolar range are routine, and now single molecule detection is possible with two-photon excitation), non-invasive and non-destructive, and is performed in solution under equilibrium conditions.

One example of use of fluorescence to study enzymes is the deter-

mination of association or dissociation constants of ligand binding to an enzyme. For the simple reaction of a ligand binding to an enzyme:



the association constant is defined as:

$$K_A = \frac{[P-L]}{[P][L]}$$

and the dissociation constant, the inverse of the association constant, is then:

$$K_D = \frac{[P][L]}{[P-L]}$$

Hence, determination of the constants requires determination of the molar quantities of the free and bound species. These constants can then be used in calculating the change in free energy ( $\Delta G$ ) according to the relation:

$$\Delta G = -RT \ln K$$

The constants are thus a direct measure of the affinity of the enzyme for its ligand. It should be noted that these constants are quite different than the kinetic constants  $K_M$  and  $V_{max}$  obtained from kinetic experiments.

To use fluorescence to measure a dissociation constant, a fluorophore which undergoes a change upon binding is required. The fluorophore can be positioned on the enzyme or the ligand. The fluorescence change can be in one of the fluorescence parameters such as intensity, anisotropy/polarization, excited state lifetime, or rotational relaxation time.

One example is a tryptophan residue in an enzyme called fructose-6-phosphate, 2-kinase:fructose-2,6-bisphosphatase, sometimes called PFK-2, which has four tryptophans (14). This enzyme has been genetically engineered to contain only one tryptophan at the #15 position (15). When the ligands fructose-

6-P and fructose-2,6-P<sub>2</sub> bind to the enzyme, the anisotropy of the single tryptophan at position 15 is observed to increase (16). This increase is due to a decrease in the local mobility of the tryptophan inside the enzyme. Thus, as the ligands bind, the region of the enzyme around tryptophan 15 stops moving. This fact was used to estimate the dissociation constant of each ligand, and the data are shown in Figure 4. The dissociation constants for fructose-6-P and fructose-2,6-P<sub>2</sub> determined by this method are  $27 \pm 2 \mu M$  and  $2.08 \pm 0.02 \mu M$ , respectively.

This enzyme is bifunctional. In the N-terminal half of the enzyme, there is a kinase site which adds a phosphate group to fructose-6-P to form fructose-2,6-P<sub>2</sub>. The tryptophan at the 15 position (W15) is thought to be near this site, but it is not clear from the crystal structure where the N-terminal 30 amino acids reside (17). (It should be noted that the crystal structure was solved for a mutant enzyme which contained phenylalanines in place of all four tryptophans in the wild type enzyme.) In the C-terminal half, there is a phosphatase site, which catalyzes the removal of a phosphate group from fructose-2,6-P<sub>2</sub> to form fructose-6-P. The tryptophan residues at positions 299 and 320 are found in the C-terminal half of the enzyme, closer to the phosphatase site. Only tryptophan 15 was sensitive to added ligands, its polarization increasing as the ligands bind. Hence, the ligands are most likely binding in the N-terminus near tryptophan 15, which is near the kinase site. The means for estimation of dissociation constants for ligand binding at the phosphatase site is not currently available.

The above studies were performed on enzyme from rat testis. In the liver, this enzyme is regulated by phosphorylation and dephosphorylation in response to hormonal signals. Future studies will examine the difference in ligand affinities when the enzyme is phosphorylated or dephosphorylated.

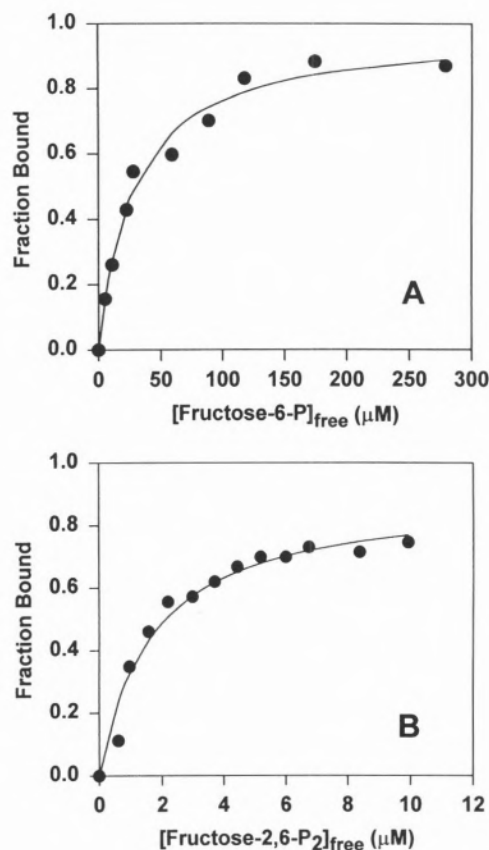


Fig. 4 - Titrations of the ligands fructose-6-P (A) and fructose-2,6-P<sub>2</sub> (B) into the single trp15 mutant of fructose-6-phosphate, 2-kinase:fructose-2,6-bisphosphatase. Solid lines are hyperbolic fits to the data (•).

Besides using tryptophan as a fluorophore, it is also possible to attach fluorophores to ligands. One example is mantATP, where the N-methylantraniloyl reporter group is attached to the ribose of ATP (see Figure 1; fluorescent nucleotides are reviewed by Jameson and Eccleston in reference 3). When this fluorescent ATP analog binds to an enzyme which uses ATP as a substrate, both the fluorescence intensity and anisotropy of the mant group increase. In a fashion similar to the experiments above with tryptophan, the dissociation constant can be calculated. In the case where the fluorescence intensity is enhanced upon binding, the data must be corrected for the enhancement. The enhancement factor (*g*) is the ratio of the quantum yield of the bound fluorophore to that of the free fluorophore. This

ratio is equivalent to the ratio of the excited state lifetime of the bound fluorophore to the free fluorophore.

It is possible to measure both the quantum yields and lifetimes of the fluorophore, but measurement of the lifetime and data analysis allow for presence of both free and bound lifetimes. Thus, lifetimes were measured of free and bound fluorophores. Then, fraction bound is given by the following relation:

$$\text{Fraction bound} = \frac{(r_{\text{obs}} - r_{\text{free}})}{(r_{\text{bound}} - r_{\text{free}}) + (g - 1)(r_{\text{bound}} - r_{\text{obs}})}$$

where *r*<sub>obs</sub> is the observed anisotropy, *r*<sub>free</sub> is the anisotropy of the free mantATP and *r*<sub>bound</sub> is that of the bound mantATP. The fraction bound is then plotted as a function of free protein, which in this experiment is being titrated in to saturate the fluorophore. The data are then fit with a hyperbolic function and the *K*<sub>D</sub> extracted along with the number of binding sites (*p*) from the following equation after Winzor and Sawyer (18).

$$\text{Fraction bound} = \frac{p \cdot [\text{Ligand}]_{\text{free}}}{K_D + [\text{Ligand}]_{\text{free}}}$$

where *p* is the number of binding sites, [Ligand]<sub>free</sub> is the concentration of free ligand, and *K*<sub>D</sub> is the dissociation constant.

An example of data with the MAP kinase Erk-2 (N152G mutant) is shown in Figure 5. It is noted that

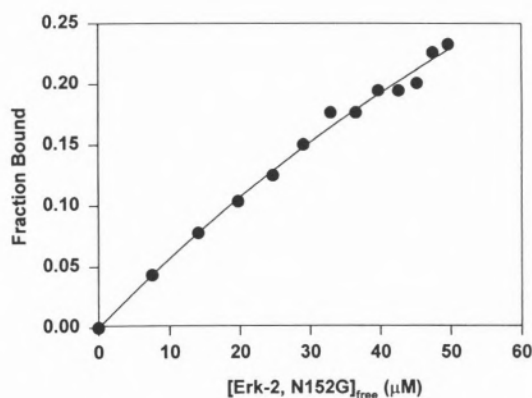


Fig. 5 - Titration of the N152G mutant of Erk-2 into mantATP. Solid lines are hyperbolic fits to the data (•). The binding curve is incomplete due to the solubility limit of the protein and the relatively weak binding.



the magnitude of the dissociation constant and the solubility limits of the protein will determine how much of the binding curve is experimentally accessible. Hence, the curve in Figure 5 only approaches 25% saturation and the curve obviously does not approach the limiting value.

The same procedure can also be used for enzymes which have more than one binding site, such as the case with dynein, a motor protein from flagella. Based on the sequence of dynein, it was proposed to have four binding sites for ATP (19). Radiolabelled ATP was used in phase partition separation to estimate the association constants of the four binding sites for ATP (20). Mant ATP was also used to estimate the association constants, but only the first two sites were elucidated due to the low affinity of the third and fourth sites and the relatively low concentrations of dynein obtainable in solution. The association constants of mant ATP and ATP were found to be similar, which agrees with data on other enzymes (21). In the case where there are multiple binding sites, the enhancement factor must be assumed to be the same for binding at each site as it is not possible to determine each separately.

We have found with tryptophan mutants of PFK-2 that two tryptophan residues undergo homotransfer. In the case when the enzyme has tryptophans at positions 299 and 320, they transfer energy between one another. The critical transfer distance, or distance at which the transfer efficiency is 50%, between tryptophan residues was reportedly 12 Å (22). Since it is difficult to estimate the transfer efficiency, it is difficult to estimate the distance. However, the distance between W299 and W320 must be less than 15 Å. Evidence of transfer comes from the excitation polarization spectrum, which shows the classic relief of transfer at the red edge of excitation (see Figure 3). The ratio of polarizations at 310 nm (at the red-edge of excitation) to that at 295 nm may be

used as a qualitative means of detecting the presence or absence of energy transfer between tryptophans. That is, ratios of 2 or more suggest the presence of energy transfer. A ratio of almost 4 was observed for poly-L-tryptophan (unpublished results).

### SUMMARY

In summary, fluorescence spectroscopy is a sensitive and powerful tool for studying structural and functional properties of enzymes. As fluorescence microscopy techniques develop, it will become possible to perform fluorescence studies in live cells or tissues, as well as on single molecules.

### ACKNOWLEDGMENTS

The author wishes to acknowledge support from the National Science Foundation of the USA in a grant (MCB-9506845) to Prof. David M. Jameson of the University of Hawaii, USA. The work with PFK-2 was done in collaboration with Dr. Kosaku Uyeda of the Veterans Affairs Medical Center, Dallas, Texas, USA. The work with Erk-2 was done in collaboration with Dr. Melanie Cobb and Dr. Megan Robinson at the University of Texas Southwestern Medical Center, Dallas, Texas, USA. The work with dynein was done in collaboration with Dr. Ian Gibbons and Dr. Gabor Mocz of the University of Hawaii, USA.

\* Department of Biochemistry and Biophysics  
University of Hawaii - 1960 East West Rd.  
Honolulu, Hawaii 96822 USA

### REFERENCES

1. Jameson, D. M. (1984) in *Fluorescein Hapten: An Immunological Probe*, ed. E. Voss, Jr., CRC Press, Boca Raton, FL. pp. 23-48.
2. Lakowicz, J. R., editor (1992) *Topics in Fluorescence Spectroscopy*, Volumes 1-3, Plenum Press, NY.
3. Brand, L. and Johnson, M. L., editors (1997) *Methods in Enzymology*, Vol. 278.
4. Weber, G. (1966) in *Fluorescence and Phosphorescence Analysis*, Hercules, D. M. ed., Wiley, New York, p. 217.
5. Jameson, D. M. and Sawyer, W. H. (1995) *Methods in Enzymology* 246, 283-300.
6. Perrin, F. (1932) *Ann. de Phys.*, 10 serie, t. XVII, 20.
7. Förster, Th. (1946) *Naturwissenschaften* 6, 166-175.
8. Förster, Th. (1959) *Discuss. Faraday Soc.* 27, 7-17.
9. Stryer, L. and Haugland, R. P. (1967) *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 98, 719.
10. Selvin, P. R. (1995) *Methods in Enzymol.* 246, 300-334.
11. Clegg, R. M. (1996) in *Fluorescence Imaging Spectroscopy and Microscopy*, Wang, X. F. and Herman, B., eds., Wiley and Sons, NY.
12. Weber, G. (1960) *Biochem. J.* 75, 335-345.
13. Weber, G. and Shinitzky, M. (1970) *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 65(4), 823-830.
14. Sakata, J., Abe, Y. and Uyeda, K. (1991) *J. Biol. Chem.* 266(24), 15,764-15,770.
15. Watanabe, F., Jameson, D. M. and Uyeda, K. (1996) *Protein Sci.* 5, 904-913.
16. Helms, M. K., Hazlett, T. L., Uyeda, K. and Jameson D. M. (1998) Submitted to *Biochemistry*.
17. Hasemann, C. A., Istava, E. S., Uyeda, K. and Deisenhofer, J. (1996) *Structure* 4, 1017-1029.
18. Winzor, D. J. and Sawyer, W. H. (1995) *Quantitative Characterization of Ligand Binding*, Wiley-Liss, NY.
19. Gibbons, I. R., Gibbons, B. H., Mocz, G. and Asai, D. J. (1991) *Nature* 352, 640-643.
20. Mocz, G. and Gibbons, I. R. (1996) *Biochemistry* 35, 9204-9211.
21. Mocz, G., Helms, M. K., Jameson, D. M. and Gibbons, I. R., (1998) *Biochemistry*, in press.
22. Griep, M. A. and McHenry, C. S. (1990) *J. Biol. Chem.* 265(33), 20,356-20,363.

# Da Vida e suas Explicações – Estereoquímica e Vitalismo<sup>1</sup>

A. M. AMORIM DA COSTA\*

*“Na sua natureza última, a Vida é incompreensível”*  
(H. Spencer, 1898)

## I. INTRODUÇÃO

Em 1898, F. R. Japp subordinou a sua Lição inaugural do LVII Encontro da Associação Britânica para o Avanço da Ciência, celebrado em Bristol, ao tema “Stereochemistry and Vitalism”<sup>1</sup>. O tema era, mais do que nunca, um tema acutilante, na sequência dos estudos então suscitados pela actividade óptica enantiomérica, a estereoselectividade no domínio da química orgânica e a síntese da ureia, em Laboratório, por Wölher, sem recurso a qualquer agente de origem animal<sup>2</sup>. Nessa Lição, Japp interrogava-se muito directamente: será que os fenómenos da vida são inteiramente explicáveis em termos da Química e da Física?. Cem anos se passaram e a interrogação continua de pé.

De acordo com os melhores dados de que a ciência actual dispõe, a vida terá surgido pela primeira vez na Terra há cerca de 3.500 milhões de anos, três evos e meio.

Mas o que é a vida? A ciência que nos diz que ela surgiu na Terra há cerca de 3.500 milhões de anos só o pode fazer dispondo de um critério que lhe permita distinguir entre o que é ou pôde ter sido um ser vivo do que o não é nem nunca o pode ter sido.

No contexto das mais generalizadas teorias actuais sobre a vida, e como ponto de partida, aceitaremos que o primeiro organismo vivo terá sido aquele que pela vez primeira foi capaz de utilizar a luz solar e as moléculas do meio envolvente para produzir a sua própria réplica<sup>3</sup>. Segundo N. Horowitz do Instituto de Tecnologia da Califórnia, a replicação de um organismo nestas condi-

ções é indissociável de duas outras propriedades que, por isso mesmo, devem também ser tidas como essenciais na caracterização do ser vivo: a catálise e a mutabilidade<sup>4</sup>.

Como apareceu ele? Em que estado se encontrava a Terra antes da sua aparição? Responder satisfatoriamente a estas perguntas é o primeiro passo para se poder explicar a sua origem. De facto, não é possível compreender os fenómenos da vida sem conhecer minimamente a química das moléculas que determinam a estrutura, o funcionamento e o desenvolvimento dos seres vivos. E esses fenómenos são tão extraordinários que o homem, durante séculos, não teve para eles qualquer outra explicação que não fosse uma interpretação espiritualista. Um *élan* vital de natureza espiritual seria a razão de ser de tudo quanto fosse vida. A sua origem e desenvolvimento não caberiam nos quadros de qualquer explicação mecânica.

Essa interpretação espiritualista da vida é o cerne e a essência do chamado vitalismo. Contrapondo-se-lhe, a interpretação mecânica da origem e desenvolvimento da mesma vida constitui ela própria o cerne do reducionismo, assim chamado por se propor uma explicação que se “reduz” à explicação que se busca para todo e qualquer outro fenómeno natural, na base das mesmas forças que actuam na Natureza material.

No sistema do mundo explicado pela Física de Newton, com as correcções que lhe foram introduzidas pela Física Quântica, não há lugar para qualquer diferenciação do espaço, nem para a constituição de limites naturais, ou para a aparição de um funcionamento organizado, como é o caso dos processos que o desenvolvimento de um ser vivo implica<sup>5</sup>. Nascido no séc. XIX, o conflito, no seio da cultura científica, entre reducionismo e anti-reducionismo continua a dividir a comunidade científica<sup>6</sup>.

Enquanto para Stahl, pai do vitalismo moderno e criador do primeiro sistema químico coerente e fecundo - o flogismo - as leis universais se aplicam ao ser vivo apenas no sentido em que são elas que o destinam à morte, não se aplicando, todavia, ao “princípio de conservação” que nele existe, responsável pelo equilíbrio social harmonioso da textura e estrutura do seu corpo, um “princípio permanente e imanente”, estranho às leis da matéria inanimada que luta sem cessar contra a corrupção sempre actuante<sup>7</sup>, para o reducionismo, na Natureza não há forças especiais responsáveis por uma categoria própria de fenómenos que constituiriam um reino à parte, o reino espiritual.

Na complexidade dos processos reais, a descrição da diversidade e singularidade dos comportamentos da vida, o corpo vivo pode ser “reduzido” aos “tranquilos mecanismos e à calma das leis universais”<sup>8</sup>.

O impulso principal do pensamento científico ocidental decorrente da Física newtoniana durante os três últimos séculos, tem sido reducionista, assumindo um predomínio científico cada vez maior, particularmente a partir do século XIX, com o desenvolvimento da actual teoria atómica e das teorias neo-darwinistas da evolução, de tal modo que “nos nossos dias, nenhum biólogo<sup>9</sup> confessará que é vitalista. O neo-darwinismo adaptacionista é apresentado como uma teoria não-vitalista, e a Biologia Molecular, integrada no neo-darwinismo, limita-se a reforçar este aspecto não vitalista. Não impede isto que, mesmo involuntariamente, vestígios de vitalismo se exprimam como certas formas de apresentar as coisas, incluindo, muitas vezes, o caso dos biólogos moleculares”<sup>10</sup>. De facto, não é raro encontrar em textos de biólogos que negam o vitalismo, o mesmo tipo de vocabulário empregado por Stahl, quais sejam, por exemplo, explicações do tipo: é a “luta” das enzimas contra a degra-



dação que permite retardar a morte de um corpo a que está inexoravelmente votado pela Física. Para muitos destes biólogos, o "princípio vitalista" foi substituído pela sucessão improvável das mutações que o código genético conserva, mas não visualizam a conservação e o desenvolvimento das estruturas activas em termos das leis da Física de modo a que a organização apareça como um processo natural.

## 2. A ALMA UNIVERSAL DO MUNDO

Os átomos que constituem um organismo vivo não são em nada diferentes dos átomos da mesma espécie que existem fora dele. E uma das principais funções metabólicas de que o organismo vivo dispõe consiste em adquirir novas substâncias do meio que lhe é exterior e expelir as substâncias degeneradas ou indesejáveis, também elas em tudo iguais às substâncias da mesma espécie com outra proveniência. É, todavia, óbvio que a Vida não é um fenómeno cumulativo; não pode ser reduzida, pura e simplesmente, a uma propriedade do conjunto de átomos que se encontram agregados formando o organismo vivo. Não deixa mesmo de ser paradoxal que uma colecção de átomos inanimados possa ser animada.

A braços com o paradoxo, quem defende ser impossível construir a vida a partir do que não é vivo, necessariamente defende a existência dentro de todos os seres vivos, de um "ingrediente adicional", não material, uma força vital, a "chama vital" de tudo quanto é vivo. Na sequência da narração bíblica do Génesis, a origem dessa chama seria, em última instância, Deus. Aceitando de bom grado a natureza alegórica dessa descrição, sem foros de narração de facto histórico inquestionável, os defensores dessa "chama vital" aceitam-na como a afirmação clara de que a

Vida não pode ser considerada como o resultado de qualquer actividade Física e química puramente natural, nem como o produto final de um longo e complexo desenvolvimento evolutivo<sup>11</sup>.

O comportamento teleológico dos seres vivos foi sempre o grande apoio dos defensores das mais devotadas correntes vitalistas. Daí que tenha sido o desenvolvimento das diversas teorias sobre a evolução dos seres vivos que mais tenham contribuído para o seu apagamento progressivo. O tempo da generalizada aceitação do mais ortodoxo fixismo por parte dos homens de ciência foi também o tempo da aceitação do mais puro vitalismo.

Se como sistema, se pode considerar Stahl como o pai do vitalismo, já muito antes dele a ideia básica que o constitui era crença comum no mundo da ciência. De facto, sem entrar em consideração sobre o carácter hilozoista da filosofia da Antiguidade Clássica que dominou a Europa cultural até à Renascença, a filosofia paracelsiana da prática química dos séculos XVI-XVIII, mais do que nenhuma outra, fez da "força vital", ora tida como uma "chama", ora como um "espírito", a pedra de toque da sua interpretação dos fenómenos relacionados com a vida.

Às tentativas para isolar essa força dedicou R. Fludd (1574-1637) a maior parte do seu tratado "A Philosophical Key"<sup>12</sup>. Igualmente, João Baptista van Helmont (1759-1644) dedicou grande parte da sua vida à destilação contínua do sangue arterial, procurando isolar as suas componentes, entre as quais acreditava encontrar o "arqueu universal", "espírito da vida" ou "aura vital"<sup>13</sup>. Por acreditar que o "espírito vital" era uma das componentes do sangue, van Helmont bateu-se arduamente pela abolição de todas as práticas médicas que recorriam à sangria dos doentes, práticas essas ao tempo muito em voga<sup>14</sup>.

As concepções de van Helmont

sobre o "espírito vital" influenciaram profundamente todo o discurso e prática química dos séculos dezasete e dezoito. Em 1671, John Webster escrevia a este propósito: "os escritos de Van-Helmont são tão intensamente lidos e estudados que agora um Helmonciano parece sobrepôr-se por completo a um comum químico Paracelsiano ou Galenista"<sup>15</sup>.

Francisco van-Helmont (1614-1699), filho de João Baptista van Helmont, foi o primeiro e grande arauto dessas concepções, embebendo-as em densa matriz de filosofia e prática da Cabala<sup>16</sup>. Becher (1635-1682), Stahl (1660-1734), W. Charleton (1620-1701) e R. Boyle (1627-1691), os grandes fautores da química pré-lavoisieriana, espelham, em suas obras, a influência marcante dessas mesmas concepções.

Para Becher, a analogia entre os mundos animal, vegetal e mineral seria perfeita, reproduzindo em si a analogia microcosmo / macrocosmo do sistema de Paracelso. Todo o sistema sanguíneo dos animais estaria informado por um espírito vital, como o estariam também o sistema dos líquidos circulantes nos vegetais e a vasta rede de canais tubulares do mundo mineral em que circulam as águas subterrâneas<sup>17</sup>.

Embora uma das grandes características de toda a obra de Stahl, no domínio da filosofia química, seja a clara rejeição de grande número das explicações químicas apresentadas por muitos dos seus antecessores, as diferentes explicações com que avançou mais radicalizaram as suas posições vitalistas. Admitindo a existência de um fosso profundo entre os seres vivos (dotados de uma alma espiritual) e o mundo inorgânico, Stahl rejeitou a existência do "arqueu universal" afirmado por van Helmont, substituindo-o por um princípio imaterial, incorporal, uno e indivisível, cuja acção se manifesta pelo movi-

mento que confere aos seres que informa, os seres vivos<sup>18</sup>. Por identificar o "princípio vital" com uma "alma" sensitiva e imaterial, à sua filosofia vitalista se chamou o "animismo" de Stahl.

O animismo de Stahl conquistou facilmente para a sua causa um grande número de fiéis discípulos, nos mais diversos países, a partir da Universidade de Halle, onde ensinou<sup>19</sup>.

W. Charleton e R. Boyle foram dois dos mais notáveis defensores das teorias corpusculares que, a partir do século XVII, tentaram uma explicação dos fenômenos Químicos em termos dos princípios da atração universal da Física de Newton. As "experiências mecânicas da Química" foram preocupação-chave de seus vastos estudos neste domínio científico.

Em ambos é patente um nítido evoluir do sistema helmonciano para uma posição mecanicista, claramente influenciada pelos escritos de Copérnico, Galileu, Mersenne, Descartes e Harvey.

Charleton acreditava convictamente num "espírito vital" solar<sup>20</sup>. Por sua vez, Boyle reconhecia explicitamente que a existência de átomos nunca seria suficiente para explicar muitos fenômenos, entre os quais incluía a regularidade que ocorre nos cristais, o crescimento dos minerais e todos os processos relacionados com a vida cuja compreensão pressupõe, nas suas próprias palavras, o "conhecimento do princípio seminal que os regula"<sup>21</sup>.

Todavia, com a crescente aceitação das teorias corpusculares, acentuou-se o debate entre o mecanicismo e o vitalismo. As muitas posições que este debate suscitou são mesmo uma das mais importantes notas marcantes da evolução do pensamento científico do século XIX, com repercussão intensa até nossos dias, centrado nas relações entre o corpo, a vida e o pensamento, num confronto aberto das ideias

iatroquímicas helmoncianas com as "ideias iatromecanicistas", como alguém lhe chamou<sup>22</sup>. Jöns J. Berzélius (1779-1848), Paul J. Barthez (1734-1806), Xavier Bichat (1771-1804) e François R. Buisson (1776-1805), nos princípios do século XIX, e, mais adiante, Jean B. Biot (1774-1862), Louis Pasteur (1822-1895) e Francis R. Japp (18-48-1925) são, porventura, algumas das mais notáveis figuras desse debate.

Para Berzélius, a formação de substâncias orgânicas não obedeceria a quaisquer proporções determinadas de combinação de átomos, verificando-se um número quase infinito de combinações possíveis, ao contrário do que acontece, como regra geral, com as substâncias inorgânicas. Face a esta peculiaridade da natureza das substâncias orgânicas, admitiu, em 1827, a existência duma força vital peculiar que interviria na formação dos compostos orgânicos e que tornaria muito difícil, senão mesmo impossível, a sua preparação em laboratório. Todavia, Berzélius entendia que os resultados da química inorgânica deviam ser usados como guia no estudo do "modo de combinação dos elementos nos compostos orgânicos", crenco numa "força vital" sujeita às leis naturais<sup>23</sup>.

Esta posição de Berzélius traduzia uma crença popular com foros de crença científica comungada pela generalidade dos cientistas da época, não importa sob que diferenças conceptuais, de tal modo que quando, em 1828 (menos de um ano decorrido sobre a afirmação de Berzélius), Friedrich Wölher relatou ter preparado ureia sem recorrer a qualquer material de origem orgânica, a reacção de muitos cientistas foi de total descrença.

Barthez, durante longos anos mestre incontestado na Universidade de Montpellier, apesar de acérrimo inimigo de qualquer dogmatismo filosófico, defendeu com toda a intransigência que a identidade das leis que regem os fenômenos da

vida, patente em toda a experiência, pressupõe a existência de um princípio único de que dimanam, presente nos seres vivos e ausente nos mortos, sendo indiferente que lhe chamemos alma, arqueu, princípio vital, ou simplesmente, x, y ou z, à semelhança das incógnitas dos géometras. Para ele, não importa saber se esse princípio vital é espiritual ou material, nem sequer se tem ou não uma existência substancial, posto que, mesmo num sistema de matéria, "Deus pode fazer com que os movimentos automáticos das suas partes concorram mecanicamente para a formação e separação do todo"<sup>24</sup>. Não deve é identificar-se esse princípio vital com a alma da fé das crenças religiosas, pois seria admitir que a própria doença deva ser tida como um erro da alma e não seria fácil conciliar a unidade e simplicidade da alma com a infinidade de movimentos e sentimentos diversos que existem em cada ser vivo, ao longo dos anos de sua existência. Nomeadamente, na sua unidade e simplicidade, a alma humana, no caso de ser ela o princípio da vida do ser humano, deveria possuir várias vontades já que o homem é frequentemente sede de diversas tendências opostas.

Distinto da alma, o "princípio vital" não deveria ser confundido nunca com a matéria, pois que nem sempre a morte pode ser identificada com o resultado de uma alteração grave desta, provando que ele não pode ser o simples resultado do funcionamento mecânico do organismo. Distinto do corpo, como distinto da própria alma, o "princípio vital" dos seres vivos, com a morte destes, tanto poderá perecer com o próprio corpo, como passar, mercê dum processo de metempsicose, para outros corpos que irá vivificar.

Na mesma altura, na Escola de Paris, Bichat, tido frequentemente como o fundador da Fisiologia moderna, desenvolvia uma teoria da vida que pretendia distanciar-se



quer do animismo de Stahl, quer do tipo de vitalismo afirmado por Barthez, em Montpellier. A sua doutrina, revista e corrigida por seu primo Brisson, viria a ser considerada como uma espécie de pluri-vitalismo, com significativo impacto nas teorias que a todo o custo procuravam uma explicação para os fenómenos da vida.

Segundo Bichat, a Fisiologia dever-se-ia afirmar como uma ciência totalmente independente da Física e da Química, posto que os factos que estuda não são susceptíveis de cálculo matemático rigoroso e preciso. Não sendo possível reduzir os fenómenos da vida pura e simplesmente ao domínio da Física e da Química, seria de igual modo impossível explicá-los satisfatoriamente por simples recurso a um princípio imaterial abstracto, consignado numa alma espiritual ou em qualquer outro tipo de arquetipo. Para Bichat, a vida deveria ser definida como "o conjunto das funções que resistem à morte", devido a "um princípio permanente de reacção que preserva da destruição os corpos organizados"<sup>25</sup>. Quanto mais forte for esse princípio, mais intensa será a vida. Não é possível reduzi-lo às leis mecânicas, muito embora possa ser considerado como soma ou resultante de todo o conjunto de acções do mesmo género existentes em cada um dos elementos que compõem o ser vivo.

A vida como fenómeno global do ser vivo encontra-se particularizada em cada um dos tecidos simples de que são constituídos os seus diferentes órgãos<sup>26</sup>. Qualquer tecido vivo é dotado de propriedades que lhe são devidas enquanto vivo, e de propriedades que lhe são devidas enquanto tecido. A caracterização das propriedades de qualquer tecido enquanto vivo terá de distinguir entre vida animal e vida orgânica, diferenciadas fundamentalmente pelo facto de a primeira implicar nas suas funções o próprio relacionamento do animal com o mundo

que lhe é exterior, enquanto a segunda se confina às funções de nutrição e reprodução no interior do organismo vivo.

Esta diferenciação reforça as características pluri-vitalistas da sua teoria, antes de mais nada conotadas com o facto de ter admitido que a vida de um ser vivo constar de uma multidão de vidas particulares que informam os diversos elementos que o constituem.

Os estudos de Biot e Pasteur lançaram as bases da estereoquímica. E rapidamente se descobriu a especificidade estereoquímica da acção dos organismos vivos. A produção abiótica duma mistura de enantiómeros era invariavelmente uma mistura racémica, com iguais quantidades do isómero levógiro e do isómero dextrógiro. O mesmo se verificou não acontecer se o processo fosse mediatizado por organismos vivos ou por substâncias de origem biológica. De facto, neste caso, as transformações bioquímicas iniciadas com reagentes racémicos levariam à formação de apenas uma das formas alternativas dos enantiómeros possíveis.

A verificação de que neste caso as transformações operadas pelos agentes biológicos não eram simétricas, preferenciando uma das formas enantioméricas sobre a outra, rapidamente foi relacionada com o possível princípio específico da vida. Os seres vivos eram agentes de reacções assimétricas. Consequentemente, a vida deveria estar relacionada com a própria assimetria existente no Universo.

Confrontadas com esta realidade, a Física e a Química rapidamente passaram do campo das meras considerações metafísicas a denodadas tentativas no sentido de perceberem qual a possível razão da acção assimétrica dos organismos vivos. As interrogações sucederam-se em catadupa: qual o princípio ou princípios primários que na constituição de um qualquer ser vivo poderiam explicar a estereoselecção?

A luz, a electricidade, o magnetismo, o calor? E qual a possível relação entre esse(s) mesmo(s) princípio(s) primário(s) e a própria essência dos fenómenos vitais?

Foi fazendo-se eco de todo este tipo de questões que o escocês F. R. Japp, em 1898, como referimos acima, na abertura do LVII Encontro da Associação Britânica para o Avanço da Ciência, em Bristol, subordinou a sua lição ao título "Stereochemistry and Vitalism"<sup>27</sup>. Como também dissemos, nela, Japp, depois de se ter referido ao insucesso das tentativas feitas para obter sínteses totalmente assimétricas, interrogava-se: "será que os fenómenos da vida são inteiramente explicáveis em termos da Química e da Física?"

A sua opinião ia no sentido do mais estrito vitalismo: a matéria que compõe o mundo inorgânico, a matéria não-viva, é uma matéria simétrica cuja interacção, sob a influência de forças simétricas ou assimétricas, para formar compostos assimétricos, leva sempre à formação de misturas racémicas, caracterizadas por igual número das diferentes formas enantioméricas produzidas. Assim sendo, a origem absoluta de misturas não-racémicas de enantiómeros nos organismos vivos seria um mistério tão profundo quanto o é a origem absoluta da própria vida.

Nas malhas desta conclusão, Japp concluía que quando a vida apareceu pela vez primeira foi sob a acção duma força directora exercida por um operador inteligente que, no exercício da sua vontade, seleccionou uma das formas enantioméricas e rejeitou a sua oposta. Uma tal selecção seria sempre fruto de um acto consciente, semelhante à acção do cientista que munido de uma pinça e um microscópio separa pacientemente as formas dextróginas das formas levóginas de uma mistura racémica. E esse acto consciente seria necessariamente uma acto específico de um "princípio vital".

A posição de Japp foi conotada com uma apetência natural dos escoceses para concepções metafísicas<sup>28</sup>. De facto, Japp depois de afirmar que só a assimetria pode originar a assimetria, remetia-se, na sua explicação da estereoselectividade verificada nos fenómenos relacionados com a vida, para posições do mais puro deísmo, afirmando a presença necessária de Deus na origem e manutenção do mundo. A estereoselecção biológica seria necessariamente uma acção de Deus que nenhum mecanismo natural só por si poderia explicar.

### 3. A HARMONIA DO PROCESSO VITAL

A publicação na íntegra do texto da lição de F.R. Japp pela revista *Nature* tornou-se de imediato fonte de acesa polémica sobre as possíveis origens da actividade óptica e, com ela, da própria vida. Entre outros, intervieram nesta polémica Herbert Spencer<sup>29</sup>, Clement Bastrum<sup>30</sup>, Giorgio Errera<sup>31</sup> e Karl Pearson<sup>32</sup>.

As explicações apresentadas pelos principais opositores de Japp, como alternativa a uma explicação baseada numa força vital de origem divina, baseavam-se em fenómenos com origem em flutuações estatísticas, com argumentos muito próximos dos argumentos usados por L. Boltzmann, pouco anos antes, na tentativa de conciliar a visão apocalíptica implícita no Segundo Princípio da Termodinâmica com a ordem e a teia de regras que regem o mundo natural<sup>33</sup>.

Claramente, embora insatisfeitos com as teorias vitalistas, os homens de ciência de então não acreditavam que o mecanicismo pudesse explicar nem os fenómenos vitais, nem a selectividade estereoquímica que se lhes aparecia indissociavelmente a eles ligada. Do seu ponto de vista, o desenvolvimento da vida aparece desenquadrado do evoluir natural do Universo onde, de acordo

com o Segundo Princípio da Termodinâmica que regula as mudanças de ordem, a desordem aumenta sempre. No desenrolar da história da Terra, os sistemas vivos evoluíram para formas cada vez mais elaboradas e complexas, com um aumento do nível da ordem. E isto sem pôr em causa a validade geral do Segundo Princípio da Termodinâmica, atendendo a que um aspecto essencial dos sistemas vivos é a sua "abertura" ao meio. A vida não desafia as leis fundamentais da Física, o que não quer dizer que as leis da Física a expliquem facilmente. De facto, o comportamento colectivo do ser vivo pode não ser compreensível em termos das partes que o constituem. Dando como adquirido que a matéria viva e a matéria não-viva obedecem ambas às mesmas leis da Física, o mistério está em saber como um único conjunto de leis pode induzir comportamentos tão basicamente diferentes: no ser vivo, a matéria evolui para estados progressivamente mais ordenados; no ser não-vivo, ressalvada uma mão cheia de conhecidas excepções, genericamente, para estados cada vez mais desordenados, embora num caso e noutro os constituintes básicos sejam exactamente os diversos tipos de átomos<sup>34</sup>.

A compreensão da vida em termos das leis da Física pressupõe, pois, que elas possam explicar a auto-organização espontânea. Essa possibilidade é, hoje, muito mais uma confissão de fé no poder da ciência do que um dado adquirido. A estrutura auto-organizada em que se consubstancia o ser vivo não é a mera soma das suas partículas, como uma melodia não é a simples soma dos sons que a compõem.

A Ilya Prigogine, laureado com o prémio Nobel em 1977, se deve o mais intenso estudo sistemático dos sistemas "espontaneamente" auto-organizados, tentando descobrir os mecanismos da auto-organização que neles ocorre e tentando descrevê-los rigorosamente em termos matemáticos. As suas teorias sobre

"estruturas dissipativas" recolhem hoje alargado consenso entre os homens de ciência: a ordem complexa dos sistemas biológicos tem a sua origem em processos físicos altamente desequilibrados do ponto de vista termodinâmico de cuja instabilidade resulta uma organização espontânea em larga escala, sem necessidade de qualquer força vital específica.

Atingido um nível muito elevado de complexidade, os sistemas constituídos são susceptíveis de incorporar não só uma vastíssima quantidade de informação de forma estável, incluindo a capacidade de armazenar a cópia necessária à sua replicação, como também os primeiros meios para levar a efeito a mesma replicação<sup>35</sup>. Durante milhões de anos, foram-se formando moléculas de complexidade cada vez maior até que, ultrapassado um certo limiar, a vida se terá formado a partir da auto-organização aleatória de complexas moléculas orgânicas.

Este é o cenário da origem da vida a partir duma "sopa prebiótica primitiva" formada na Terra, há muito mais de 3.500 milhões de anos, constituída por grande abundância de água enriquecida por uma série de compostos orgânicos simples formados a partir de reacções químicas na atmosfera. A célebre experiência de Miller-Urey<sup>36</sup>, em 1953, veio dar um grande apoio a este cenário. Formada a referida sopa prebiótica, sobre ela terá tido lugar uma sequência de reacções auto-organizadoras cada vez mais complexas, devido a uma sequência exterior que modificou o seu equilíbrio termodinâmico, cujo produto final teria sido o DNA (o ácido desoxi-ribonucleico), essa complexa molécula que transporta o código genético.

A experiência de Miller-Urey é crédito bastante para a verosimilhança da "sopa prebiótica primitiva" admitida pelo mencionado cenário. A travessia do limiar da vida a partir dela continua, todavia, a ser um mis-

tério, e continua objecto de contenda. Não exige, todavia, uma “chama da vida” saída ou não das mãos de um deus. O estudo emergente dos sistemas auto-organizados é compatível com uma versão mecanicista da biogénese.

\* Dept. de Química  
Universidade de Coimbra  
3000 Coimbra

<sup>1</sup> F. R. Japp, “Stereochemistry and Vitalism” – Report of the LXVII Meeting of the British Association for the Advancement of Science, 1898, pp. 813-828; reprod. in *Nature*, 58 (1898), 452-460; P. Palladino, *Stereochemistry and the Nature of Life – Mechanist, Vitalist, and Evolutionary Perspectives in Isis*, 81 (1990), pp.44-67.

<sup>2</sup> J. H. Brooke, *Wölher’s Urea and its vital force? – A verdict from the chemists in Ambix*, 15 (1968), pp. 84-114; P. S. Cohen e S. M. Cohen, *Wölher’s Synthesis of Urea: How do the Textbooks report it?* In *J. Chem. Educ.*, 73 (1996), pp. 883-886.

<sup>3</sup> J. E. Lovelock, *Gaia, Um novo olhar sobre a Vida na Terra* (Edições 70, Lisboa, 1989, col. Universo da Ciência, nº 15) pg. 30.

<sup>4</sup> J. P. Ferris, *The Chemistry of Life’s Origin in Chemical & Engineering News*, 62 (1984), 22-35. Trad in *Bol. Soc. Port. Quím.*, nº 22 (1985), pp.5-14.

<sup>5</sup> I. Prigogine e I. Stengers, *A Nova Aliança* (Ed. Gradiva, Lisboa, 1987, Col. Ciência Aberta, nº 14), pp.135-136.

<sup>6</sup> *Idem*, p.150.

<sup>7</sup> G. E. Stahl, *Véritable distinction à établir entre le mixte et le vivant du corps humain in Oeuvres Médico-Philosophiques et Pratiques* (Pitrat et Fils, Montpellier, 1861) vol.II, pp.279-282.

<sup>8</sup> I. Prigogine e I. Stengers, *O. Cit.*, p.138.

<sup>9</sup> No contexto em que aqui o referimos, consideramos biólogo todo aquele que se ocupa do estudo dos seres vivos e, como tal, busca uma explicação para a origem e desenvolvimento da vida.

<sup>10</sup> H. Atlan e C. Bousquet, *Questões sobre a Vida – Entre o saber e a opinião* (Instituto Piaget, Lisboa, 1996, col. Epistemologia e Sociedade, nº 45), p. 59.

<sup>11</sup> P. Davies, *Deus e a Nova Física* (Edições 70, Lisboa, 1986, Col. Universo da Ciência, nº 1), cp.V.

<sup>12</sup> R. Fludd, *A Philosophical Key* (Trinity College, Cambridge, 1619, Ms. 1150); A. G. Debus, *The Chemical Philosophy – Paracelsian Science and Medicine in the Sixteenth and Seventeenth Centuries* (Science History Publications, New York, 2. Vols, 1977), vol.II, pp. 205-293.

<sup>13</sup> J. B. van Helmont, *Ortus Medicinæ* (Ludovicus Elzevir, Amesterdão, 1648), sect.12, pp.197-199; A. G. Debus, *Op. cit.*, vol.II, pp.366-368.

<sup>14</sup> J. B. van Helmont, *De Febribus in Opuscula Medica Inaudita* (Ludovicus Elzevir, Amesterdão, 1648) cp. IV. A. G. Debus, *Op.Cit.* vol.II, pg 367.

<sup>15</sup> J. Webster, *Practitioner in Physik and Chirurgery, Metallographia* (A.C. for Walter Kettilby, Londres, 1671), p.34; A. G. Debus, *Op. Cit.* vol. II. pp.447, 457.

<sup>16</sup> C. Merchant, *The vitalism of Francis Mercury Van Helmont: its influence on Leibniz in Ambix*, 26 (1979), pp.170-183.

<sup>17</sup> J.J. Becher, *Physica Subterranea* (Weidmann, 3ª Ed., Leipzig, 1738), 28; A. Debus, *Op. Cit.*, p. 462-463.

<sup>18</sup> A. G. Debus, *O. Cit.*, vol.II pp.464-469; D. Oldroyd, *An Examination of G. E. Stahl’s Principles of Universal Chemistry in Ambix* 20 (1973) 36-52; L. S. King, *Stahl, a study of Eighteenth Century Animis in J. H. of Medicine and Allied Sciences*, 19 (1964) 118-130; A. Lemoine, *Le Vitalisme et l’Animisme de Stahl* (Paris, G. Baillièrre, 1864).

<sup>19</sup> Apraz-nos registar aqui a “*Historologia Médica Fundada e Estabelecida nos Princípios de G. E Stahl*” publicada em Portugal, em 1733, (Lisboa Occidental, Off. da Musica), da autoria de J. Rodrigues d’Abreu., em que o autor assume por completo o “animismo” de Stahl. Ao referi-la aqui, permitimo-nos transcrever o testemunho de Martinho de Mendonça no Prólogo que para a mesma escreveu: «V. m. não somente é o primeiro que em Portugal segue o Systema stahliano, mas também o primeiro que, dando à luz a sua *Historologia Médica* com nobre impaciência se afasta da Filosofia Escolástica que neste País é a fortaleza da autoridade Peripatética» (cf. *Historologia Médica*, Proemio).

<sup>20</sup> N. Rattner Gelbart, *The intellectual development of Walter Charleton in Ambix*, 18 (1971), 149-168.

<sup>21</sup> R. Boyle, *Some Considerations Touching the Usefulness of Experimental Natural Philosophy in Works* (J. and F Rivington et al., London, 6 vols, 1772), vol.II, p.4;

A. G. Debus, *Op. Cit.*, vol.II, p.477.

<sup>22</sup> J. Caseneuve, *La Philosophie Médicale de Ravaisson* (PUF, Vendôme, 1957).

<sup>23</sup> J. J. Berzelius, *Låbork I Organiska Kemien* (Estocolmo, 3 vols., 1827 – 28-30), vol.IV, (3) (a); Ann., 1833, vol. 6, p. 173; J. R. Partington, *A History of Chemistry* (The MacMillan Press, Londres, vol. IV, 1972), pp.252-253.

<sup>24</sup> P. J. Barthez, *Nouveaux Éléments de la Science de l’Homme* (Paris, 1806), vol. I, p.109, 106.

<sup>25</sup> X. Bichat, *Anatomie Générale Appliquée à la Physiologie et à la Médecine* (Paris, 1801) vol. I - Considérations gerais.

<sup>26</sup> *Idem*, *Op. Cit.*, vol. I, §6.

<sup>27</sup> F. R. Japp, *loc. Cit.* (1898).

<sup>28</sup> Times (Londres), 19.Sept. 1898, p.12.

<sup>29</sup> H. Spencer, *Nature*, 58 (1898), pp.592-593.

<sup>30</sup> C. Blastrum, *Nature*, 58 (1898) p.545.

<sup>31</sup> G. Errera, *Nature*, 58 (1898) p. 616.

<sup>32</sup> K. Pearson, *Nature*, 58 (1898) p.545.

<sup>33</sup> L. Boltzmann, *Nature*, 51 (1895), pp.413-415.

<sup>34</sup> P. Davies, *Op. Cit.*, p.76.

<sup>35</sup> *Idem*, p.78.

<sup>36</sup> Interrogando-se sobre as diferentes possibilidades do aparecimento da vida à face da Terra, Harold Urey da Universidade de Chicago admitira que ela poderia ter ocorrido pela primeira vez, numa atmosfera reductora ocasionalmente formada em algumas regiões do nosso planeta. Para pôr à prova esta sua ideia, em 1953, em colaboração com Stanley Miller, misturou metano, amoníaco, hidrogénio e vapor de água e fez passar sobre a mistura uma descarga eléctrica, tentando reproduzir assim uma situação que poderia ter ocorrido pela primeira vez, em uma qualquer região da Terra, há muitos muitos nos. Na sua experiência, Miller e Urey obtiveram, com êxito, aminoácidos. Desde então foi demonstrado por grande número de experiências a possibilidade de formação de aminoácidos e outros compostos orgânicos por sujeição das possíveis atmosferas terrestres primitivas, a referida “sopa prebiótica”, a um certo número de diferentes fontes de energia.



# O Espaço-Tempo dos Laboratórios na Química Europeia (1789-1939)

ANA LUÍSA JANEIRA \*

Olhando à volta, pergunte-se ao acaso: O que determinará o fazer-querer-saber e o fazer-querer-fazer, nos limites do poder-fazer e não-poder-fazer, vinculados à organização espacial de um Laboratório de Química?

As zonas onde não se pode passar, quando as há, como equivalem a não se poder saber o que lá se passa?

De que modo a dinâmica social, inerente ao tipo de relação e de interacções, favorece a constituição de um actante colectivo, a equipa de investigação?

Como é que as regularidades vigentes na Química actual e a configuração epistémica englobante condicionam tudo isto?

Continuando a perguntar: o que foi acontecendo nos Laboratórios de Química da Europa entre 1789-1939? <sup>1</sup>

A síntese dos textos apresentados no «Workshop on Chemistry Laboratories, Instruments, New Technologies and Spaces (1789-1939)» (Segovia, Cristalera, November 1994) e no «Workshop on Chemistry Laboratories, Instruments, New Technologies and Education (1789-1939)» (Lisbon, Science Museum of the University of Lisbon, November 1996)<sup>2</sup>, pretende situar os principais aspectos relevados na produção do discurso, quando se visam os laboratórios numa perspectiva espaço-temporalizante, ou seja, como espaços fundamentais, complexos e dinâmicos, no interior da Química correspondendo a uma configuração geográfica e histórica bem delimitada e precisa: a Química na Europa entre 1789-1939.

Logo, os laboratórios surgem como um conjunto de termos integrados num determinado sistema de relações, e abrigam ainda lugares próprios, de índole vária (agentes, equipamento, funções, etc.), tudo

isto inserido num processo temporal. Assim sendo, o *topos* estabelece relações privilegiadas com o *logos*, de onde retira, aliás, as suas condições de existência e de transformação. Por isso, quando acontecem mudanças no *topos* é preciso situar as alterações no *logos*.

Sendo que as unidades espaciais funcionam como relações entre termos (diferença, distância, oposição, proximidade, semelhança, convergência, filiação), há ainda a distinguir ritmos e sequências dominantes, tendo presente quanto o construído é uma, entre outras formas, incluindo formas precisas de relacionamento interpessoal.

Além disso, o pressuposto de que estes lugares não terão revestido sempre as mesmas concretizações, nem os mesmos sentidos, implica especial atenção às discontinuidades associadas às mudanças ocorridas nos sistemas epistémicos. Neste sentido, a hipótese de que os laboratórios materializam condições de possibilidade inerentes à lógica da Química que os suporta, sendo por ela sobre-determinados, determina este processo: das espacialidades passa-se às regularidades químicas inerentes, e procurando os sistemas configurantes, por fim.

Simultaneamente, por que recobre conhecimentos onde o saber é transformado em fazer, mediante formas de saber-fazer, importa perceber como se efectua a aprendizagem ao nível do ensinado e investigado (transmitido pelo dizer e(ou) apreendido através da prática).

É preciso reconhecer os papéis assumidos pelos dispositivos espaciais (sintaxe) e o significado do investimento nos lugares (semântica). Isto é, aceitar que a manifestação discursiva permite detectar valores e suas alterações, porquanto os efeitos do sentido são reveladores de um sentido e as manifestações apontam para estruturas subjacentes e dinâmicas.

Com efeito, segundo esta concepção teórica, a sintaxe materializa a semântica, reactivada aqui e agora pela acção (dimensão imanente) e a semântica integra determinações ci-

entíficas, associadas a outras de natureza social e cultural pré-existent (dimensão transcendente). A análise sintática conduz ao semantismo do discurso, enquanto que a análise semântica vai identificar o recebido, *a priori*.

O laboratório concretiza, pois, e muito especialmente, regras e regulações decorrentes do conceito de Ciência, nomeadamente da Química, e do modo como são consideradas as tensões entre teoria e prática ou entre áreas disciplinares que nele coexistem e predominam, e a lógica da sociedade onde está inserido.

Veja-se, seguidamente, o que a produção do discurso oferece no interior destes textos, quando se segue este modelo descritivo. Ou seja, como enuncia a mudança nos dispositivos espaciais, as regularidades químicas e os sistemas epistémicos.

## ESPAÇOS

### FORMAS RELEVANTES NAS DESCRIÇÕES ESPACIAIS DOS LABORATÓRIOS DE QUÍMICA —» 1830s

#### ORIGEM

- evoluindo de cozinhas, oficinas, forjas (Knight) e espaços de tradição alquímica (Costa)
- espaço adaptado (Lico) ou criado de raiz (Ferraz)
- realidade laboratorial concreta desarticulada do discurso legislativo (Lico, Maia)

#### SUPERFÍCIE

- pequena e média escala
- constituído por uma só, pequena ou grande sala (Knight), ou até mais (Seligardi 1<sup>3</sup>)
- tendo associado um apartamento (Bret) ou anfiteatro (Rambaldi)

#### SITUAÇÃO

- lugar privado ou público, situado em casa particular ou palácio académico (Dolza, Brooks)
- portátil (Knight)

#### DESTINO

- vocacionado para abrigar operações químicas e servir para reserva de colecções e equipamento

(Bret), semelhante a especialidades da História Natural - museu (Ferraz)

- usado para preparação de demonstrações experimentais apresentadas durante as lições (Rambaldi), para averiguações e aplicação de conhecimentos e produção de reagentes ou medicamentos (Ferraz), semelhante a especialidades da Farmácia - botica (Meinel)
- ligado a interesses militares
- demonstrando separação entre teoria e experiência (Ferraz)
- ao serviço de projectos individuais (Seligardi 1) ou colectivos

**DESCRIÇÃO EM**

- livros e revistas (Knight)

**FORMAS RELEVANTES**

**NAS DESCRIÇÕES ESPACIAIS**

**DOS LABORATÓRIOS DE QUÍMICA 1830s—»**

**ORIGEM**

- edifício antigo (Gavroglu) ou novo, com hall imponente e esplêndida sala de baile (Meinel), possuindo apartamentos para o director (Meinel) e professores (Brooks), e ainda salas técnicas (Meinel)

**SUPERFÍCIE**

- média e grande escala (Bret)

**SITUAÇÃO**

- público (Janeira) ou semi-privado (Faulque), nacional (Bret)

**DESTINO**

- orientado para o ensino - industrial (Cruz) ou universitário (Filgueiras)
- com capacidade para acolher alunos (Pigeard), separado (Gavroglu) ou não do laboratório e demais salas para professores (Maia)
- abrigando investigação original (Gavroglu), passível de se organizar em programas e grupos (Meinel), identificado com um centro de investigação (Ordoñez), ligado a experiências profissionais (Cruz), associado à indústria em geral (Faulque) ou à indústria química em particular (Meinel), e ao controle de qualidade (Bret)

**ESPECIALIZAÇÃO**

- individualizado por servir a Química Geral, Química Mineral, Química Orgânica, Química Orgânica



Fig. 1 - O Laboratório de Liebig em Giessen (1842)

Aplicada à Fisiologia, Química Biológica, Análise Qualitativa e Quantitativa (Faulque)

**DESIGNAÇÃO**

podendo já ser chamado de Instituto (Meinel)

**DESCRIÇÃO EM**

- relatórios (Faulque) e manuais para o ensino secundário (Lico)

**CHEMICO-PHARMACEUTICAL INSTITUTE, GIESSEN**

**Justus Liebig**

- «primeiro a considerar a prática laboratorial como essencial no ensino da Química na universidade» (Kritsman)
- « (...) isolamento prático de compostos químicos purificados a partir de substâncias naturais; (...) estudo dos métodos de análise elementar de substâncias naturais e compostos orgânicos; (...) estudos das propriedades químicas de compostos químicos extraídos e suas reacções (...) trabalho científico independente em Química Orgânica» (Kritsman)
- o aluno passa a poder executar trabalhos que necessitavam de pessoas experimentadas até então, isso acontecendo porque se seguem « métodos de rotina mais eficientes, rápidos e mais dignos de confiança para determinar a composição de uma substância dada, através da análise gravimétrica dos produtos da sua combustão» (Meinel)

- o director projecta e controla o plano geral, reúne e interpreta dados finais; com os investigadores, dedica-se à vertente de investigação; alunos e amanuenses executam o trabalho rotineiro das composições elementares; logo, a divisão do trabalho entre director, investigadores, funcionários e alunos cria condições de possibilidade para a existência de um grupo de investigação (Meinel)
- o instituto de investigação segue o modelo de uma fábrica (Meinel)

**EQUIPAMENTOS**

**LUGARES EMERGENTES**

**NAS DESCRIÇÕES**

**DOS LABORATÓRIOS DE QUÍMICA —»1830s**

«We can find more details in a general inventory of 1797. The cabinet consisted in two rooms. In the first room there were about 18 pieces of glassware and one chemical furnace; in the second room there were 13 furnaces, devoted to different chemical operations; moreover, there were two mortars, a grinder, 85 pieces of glassware, but only one scale.» (Seligardi 1)

«A l'occasion de ces mentions d'expériences ou lors de la description des pratiques du métier, plusieurs instruments de laboratoire sont cités dans ce project de dictionnaire. La seule mention explicite d'une balance

concerne l'essai du salpêtre pour mesurer son titrage en salpêtre pur, mais les tableaux indiquant des poids et volumes disent bien son usage généralisé et celui du gazomètre – non explicitement mentionné – dont Mégnic construisit un second modèle par Lavoisier entre 1785 et 1787. Ce dernier fait en revanche des références explicites à l'emploi du verre ardent, du fourneau à réverbère, de cornues de verre et de porcelaine. Et si le calorimètre est également absent, il l'a pourtant utilisé pour étudier la "détonation" (déflagration) du nitre, avec le charbon d'une part, avec le soufre d'autre part, sans que les produits de ces réactions fussent ensuite analysés, faute d'avoir récupéré les gaz.

L'instrument privilégié dans cette série d'articles est l'aréomètre, dont on connaît l'importance chez Lavoisier. Devenu l'instrument obligé non seulement des laboratoires associés aux raffineries de la Régie, mais aussi des ateliers de salpêtriers, il est à ce titre le seul instrument qui fasse l'objet d'un article séparé du projet d'*Encyclopédie méthodique*, ou il est considéré davantage comme un instrument de contrôle professionnel que comme un instrument de laboratoire. Mais cet instrument-roi de la rationalisation des méthodes de fabrication de salpêtre, fabriqué exclusivement par le constructeur d'instruments scientifiques de l'Académie des sciences, Mossy, est sans doute à la fois le premier instrument passé du laboratoire académique à l'atelier industriel et le premier instrument étaloné et dûment garanti par une institution relevant de l'État, la Régie des Poudres et Salpêtres. En ce sens, il est le symbole précurseur d'un transfert appelé à se développer.» (Bret)

«Le laboratoire de Brianchon occupe, au rez-de-chaussée de l'un des pavillons du château de Vincennes, deux pièces contigües, assez "spacieuses pour les travaux particuliers d'une école d'artillerie", avec une porte de communication.

La première salle, une pièce presque carrée (env. 655,5 m<sup>2</sup>) "spécialement destinée aux opérations

chimiques", comprend l'ensemble des fourneaux. Le sol en est pavé, et quatre fenêtres assurent à la fois l'éclairage naturel et une bonne aération en cas de dégagement accidentel de vapeurs nuisibles.

Son organisation est fondé sur le système de ventilation par cheminées d'appel "employé si heureusement par M. Darcet, pour assainir les forges des doreurs, les cuisines, les souffroirs et les latrines" et au laboratoire des essais de la Monnaie. Darcet lui-même en a réglé "toutes les dispositions". Au mur de séparation entre les deux salles s'adossent les fourneaux pratiqués dans une paillasse en briques, dans le prolongement de la porte de communication. Ils sont recouverts par la hotte du manteau de la vaste cheminée principale, qui reçoit les quatre cheminées particulières. La clef du système est le fourneau central: la porte de son cendrier fermé, il sert de fourneau d'appel car il dispose d'une cheminée spéciale qui, partant du cendrier, permet une combustion à flamme renversée destinée à échauffer la partie supérieure de la cheminée générale pour en activer le tirage. Une fois assuré le tirage régulier par les quatre systèmes d'appel secondaires il peut être utilisé comme un fourneau évaporatoire normal.

Dans le fond de l'âtre sont suspendus des couvercles convexes qui servent, selon le sens où on les pose sur les fourneaux, d'étouffoirs ou de bain de sable, sur le flanc gauche de la paillasse, jouxtant la porte de communication, se trouve le "fourneau à vent" ou fourneau de fusion à haute température, servant "notamment pour les travaux de métallurgie et les essais docimastiques". Au flanc opposé, un autre fourneau dispose d'un "bain de sable" à double bac, "ce qui donne deux profondeurs de sable, appropriées aux diverses capacités des matras qu'on y met en expérience". Dans le coin voisin se trouve le "fourneau d'alambic, où se fait la distillation de l'eau". Outre deux grandes cavités basses servant de charbonniers, la paillasse elle-même comprend une forge à soufflet, quatre fourneaux

évaporatoires, une étuve et un fourneau d'étuve chauffant également une grande plaque de fonte pour faire sécher les filtres.

L'équipement du laboratoire comprend encore une fontaine dans un coin, à côté d'un égouttoir "formé d'une planche horizontale percée de trous", un évier "dans l'embrasure d'une croisée", une enclume, un établi avec un étau dans l'embrasure voisine, une lampe d'émailleur et un fourneau mobile en terre cuite. L'ameublement se compose d'un placard, d'une armoire et d'une table. Des "cuves pneumatiques", des terrines, creusets et vases, tous ustensiles non métalliques, sont à demeure dans la pièce, disposés sur l'entablement du manteau de la cheminée et sur le cours de tablettes situé au dessus, ou rangés à même le sol sous l'égouttoir.

Tout le reste du matériel prend place dans la seconde salle, au sol en parquet. Plus petite (env. 653,5 m<sup>2</sup>), elle "renferme les collections, les balances, les machines, les ustensiles métalliques et les instruments de prix", qui devaient rester à l'abri de l'humidité et des gaz corrosifs du laboratoire lui-même. Ecclairée par une fenêtre unique, elle comporte aussi un "vasistas" carré une hauteur (2,5 m du sol), "pour établir un courant d'air, ou pour déterminer le tirage du poêle". Ce dernier, "dont le recouvrement est creusé en bain de sable, et dont le four sert d'étuve", est un élément important du dispositif général puisque, à travers le mur de séparation, son tuyau d'évacuation "débouche en un point élevé de la cheminée générale du laboratoire, dont il avive le tirage en y raréfiant l'air par la chaleur qu'il apporte". L'ameublement se compose, outre un large cours de tablettes d'appui, d'une table à tiroirs et de deux armoires vitrées à portes coulissantes. Le contenu de ces dernières – pompes pneumatiques, instruments de mesure (balances, aréomètres et eudiomètres assurément, gazomètre peut-être), etc. – n'est malheureusement pas détailler par l'auteur.» (Bret)



«W. T. Brande in his *Manual of Chemistry* has a splendid fold-out frontispiece of the Royal Institution's Laboratory (now a museum); and he also shows as plate I a portable laboratory for the analysis of mineral waters; but the plate appears to be an extra one, and there is no description to accompany it. It includes a box with stoppered bottles of reagents, standing above a bigger box or deep tray with various vessels, spirit lamps, a thermometer, one of Wollaston's slide rules for computing equivalent weights, calipers and tongs, filter funnels, blowpipes and retort stands. It would clearly have been useful to anybody doing any kind of chemistry. The plate bears the signature M F delin.; it would be nice to think that Michael Faraday did it.»

(Knight)

«A notion of the most necessary furniture of a small laboratory, or of one to be comprised, in cases of necessity, on the surface and within the drawers of a single table, may easily be gathered from the manipulatory parts of the present work. If the want of time, or other circumstances, should necessarily limit the chemical pursuits, the author would advise a person so situated to begin by providing a spirit-lamp, a pair of pliers, some platinum foil and wire, a platinum capsule, a few Florence flasks, a chemical lamp, a few evaporating basins, a few pieces of quill glass tube, and two or three dozen bottles; with some of the most useful chemicals, as the acids and alkalis, and six or eight of the most important tests; and to purchase another things as the necessity for them may arise.»

(Faraday *apud* Knight)

«An important part of Faraday's apprenticeship has been his visit to France, with Davy and a portable laboratory, in 1813. He reports their work on what Davy was to christen "iodine", writing on 23rd November that "Sir Humphry Davy made various experiments on it with his travelling apparatus": these included

volatilizing it, dissolving it in alcohol, rubbing it with zinc filings, heating it with potassium, then with phosphorus, and finally with mercury. On 1st December we learn more about experiments Davy had been doing on that and the previous day; but on 3rd December they went to M. E. Chevreul's laboratory at the Jardin des Plantes (where Faraday was not much impressed with the facilities) to do more work. One could not do everything with a portable laboratory; on 11th December they borrowed a voltaic pile from Chevreul.

At Montpellier on 2nd February 1814 Davy is reported as having been working further on iodine, analysing Mediterranean plants. In Genoa on 4th, 5th and 6th March they examined and dissected torpedoes; but in Florence they used the laboratory of the Accademia on 21st March and subsequent days, when Davy burned a diamond. They did the same in Rome on 16th April: on 26th October when they analysed some gas bubbling up from the ground, they did it "at home" and thus with the portable laboratory.»

(Knight)

#### LUGARES EMERGENTES NAS DESCRIÇÕES DOS LABORATÓRIOS DE QUÍMICA 1830s—»

«In a letter from Montignoso (22 February 1852) Bertagnini wrote to Cannizzaro: "I easily imagine the numberless difficulties that you must have overcome in the establishing of a Lab., being in a town where there is nothing, and nobody is found". Actually by then Cannizzaro's laboratory was in almost full order. He had a chemical laboratory divided in three rooms: one for the preparation of the experimental demonstrations for the lessons, one for the personal work, and the last one for the chemical preparation. The balance and the pneumatic machine were in a clear and dry room, that sheltered the machines (*macchine*) of physics.»

(Rambaldi)

«... Massimo D'Azeglio, a pro-

tagonist of the political life in the Kingdom of Sardinia. The private laboratory of Bertagnini had only very poor furniture, no more than a few cases that had been used for the transport of the chemical products in that retired spot of the chemical world, but, when Cannizzaro returned in Alessandria, so far from his own family and Country, he felt in a dramatic way the nostalgia of Montignoso.»

(Rambaldi)

«Now we know exactly the stock on hand of Cannizzaro's laboratory at the end of his mandate in Genoa, in fact it has been luckily recovered the inventory of the laboratory of General Chemistry, compiled by professor Finollo, the successor of Cannizzaro on the Genoa Chair, when assumed the responsibility of the whole equipment. In the inventory the different kinds of objects are listed with great precision: pieces of furniture, books, instruments, gas and coal stoves, tools in platinum and silver, glass-ware, chemicals, and so on; For any item it is reported a number of pieces. By confronting this inventory with the purchase bills sent by the firms producing the apparatus and the laboratory tools, it has been possible to get a picture of the instrument equipment of the laboratory wanted and directed by Cannizzaro in that period. Moreover, the recent retrieval in Alessandria of book-keeping documents relative to Cannizzaro's activity shows further on, and confirms, the typical implements of a middle nineteenth century chemical laboratory. We find not only phials, funnels, flasks, gres ritorts, Warrentrap's tubes, Drummond's burners, Volta's eudiometers, etc., but also a remarkable variety of chemical products with the relative quantities present in the laboratory. The documentation found in Alessandria has given also the names and the specialisation of some supplying firms (Lizè & Clech, Charle Jest, Domenico Marcellino), and it has confirmed the specialisation of Giuseppe Buscaglione that in his headed paper defined himself "master

**«Inventory of jewels, effects and furniture of this literary university  
and inventory of didactic materials of laboratories and departments. 1850**

**Objects of Chemistry department  
(Laboratory and porter's office)**

204 different sizes glass retorts	2 iron mortars
40 different sizes clay retorts	10 different sizes bell jars, to collect gasses
15 porcelain retorts	12 bent tubes with glass balls
1 iron retort	53 safety S-bend tubes
27 glass adapters	5 double siphons
10 still head (called More's head)	4 water pneumatic tanks
93 different sizes three-necks flasks	45 different sizes porcelain recipients to evaporation (10 of them with handle)
400 wide-necked bottles	18 reverberator kilns
200 different sizes narrow-necked bottles	3 copper stills (with their boilers)
2 measuring matrasses (one litre)	13 different sizes pans
353 different capacities matrasses	1 bellows
76 different sizes glasses (some of them with spout)	1 box with different sizes cupels
11 bottle (with a neck S-bend)	2 Volta dry cells
21 different sizes glass funels	2 balances
7 porcelain mortars	1 enamelled lamp
1 marble mortar (Edreira)	

**« Apparatus for Chemistry which were listed in previous inventories  
but not listed in the inventory drawn up in 1850  
(It's possible that these apparatus were placed in Physics Laboratory)**

Gay-Lussac chlorometer	2 spirit lamps
Chlorometer with arsenous acid	36 glass flasks (glass balls)
Lead flask to fluoric acid	15 beakers
Gay-Lussac still for the trial of wine, with graduated test-tubes	Brass-lead apparatus to fill globes with hydrogen
Gay-Lussac pump	Barruel blowpipe
Bertholimeter for whitening	8 wire netting (iron and brass)
2 Guiton de Morveau apparatus	Roman beam
Sulphitemeter	2 silver pans
2 acidimeter, 2 salt densimeter	1 silver crucible and 2 platinum crucibles
2 alcoholometers	6 Hess crucibles
Universal areometer and urine densimeter (Edreira)	Crook-bit tongs

mason and stove-setter (*stufista e fumista*).»  
(Rambaldi)

«Two years later already the Chemical Institute of the university of Berlin surpassed its predecessor by magnitudes. It boasted three large laboratories for beginning and advanced students, spectroscopy rooms, clean-up, weighing and titration

chambers, metallurgical and forensic laboratories, mechanical workshops and a roomy private laboratory for the director. Hofmann was now able to pursue a research programme along the broadest possible front.»  
(Meinel)

«Un laboratoire de physique est associé au laboratoire de chimie que Kekulé dirige. Ce laboratoire de chimie est constitué de trois grandes salles de manipulation réservées res-

pectivement à chacune des trois catégories d'élèves, les débutants, les élèves plus avancés puis les jeunes chimistes. C'est dans le troisième que s'effectuent les véritables recherches; Il est bien différent des laboratoires d'enseignement. Chaque salle possède dix tables accueillant chacune deux « pratiquants ». Chaque table possède des tiroirs pour receler les objets appartenant aux élèves et fermant à clé ainsi que des armoires sur les côtés. Il existe une niche pour l'évaporation creusée dans l'épaisseur du mur. La division en trois grandes salles permet une surveillance plus facile, et la mise à disposition des ressources spéciales qu'exige le genre particulier de travail auquel l'élève se livre.

Outre les salles d'expériences, le laboratoire comporte des salles réservées aux grandes opérations et qui requièrent des appareils compliqués. Il existe aussi des salles spécifiques. Une salle de cours de 200 personnes contient trois tables d'expérience avec tiroirs et armoires et un laboratoire annexe donnant sur cette salle par une ouverture dans le mur. Des niches sont creusées dans le mur pour l'évaporation; des rails permettent d'amener une table chargée de matériel dans la salle de cours, qui n'est pas un amphithéâtre. Il existe aussi un cabinet de conservation d'objets divers (instruments, modèles, tableaux, collections.

Enfin, une bibliothèque est mise à la disposition du personnel et des élèves. Wurtz est frappé par la qualité recherchée dans l'admission de la lumière, dans l'éclairage en général, dans l'aération des locaux, par l'aspect fonctionnel des différentes parties du bâtiments. Tout est fait pour que ceux qui le fréquentent s'y sentent bien. La structure des autres laboratoires modernes est basée sur le même principe. Pour Vienne dont la disposition d'ensemble est semblable à celle de Bonn, Wurtz détaille la fonction d'une série de petites pièces situées entre deux salles. Chacune a une destination spécial en rapport avec les travaux qui doivent être exécutés dans les grands laboratoi-

res. Ainsi d'un côté, une chambre pour les balances, une chambre pour les analyses organiques; de l'autre, une pièce pour l'hydrogène sulfuré, une autre pour les analyses spectrales, une troisième pour les analyses de gaz; au milieu, une bibliothèque. On reste confondu devant une telle abondance de réalisation de rêves d'expérimentateurs chimistes.» (Fauque)

«For example, the Central Chemistry Laboratory of the Ministry of Finance was asked by the Supreme Commander of the Medical and Evacuation Forces in March 1916 whether this laboratory could prepare needed medical and pharmaceutical supplies. The Director of the laboratory responded:

We are experiencing a very difficult time with respect to the lack of materials and equipment. We have spent nearly the entire time after receiving your request in the search for the materials needed to prepare these supplies. It turned out that it was simply impossible to acquire many compounds, while we were not able to purchase others due to their extremely high price. We can prepare supplies containing iodine or silver only if we are given iodine or silver.»

(Brooks)

## REGULARIDADES QUÍMICAS

### REGRAS LEGITIMANTES NAS DESCRIÇÕES DISCIPLINARES DOS LABORATÓRIOS DE QUÍMICA —» 1830s

#### CONTEXTO DISCIPLINAR

- Química ao serviço da História Natural, Medicina e Farmácia (Ferraz)
- Química dos Gases
- fronteiras ténues entre Química e Física (Seligardi 1) modelo: Física Experimental de Newton (Ferraz)
- separação entre teoria e experiência (Filgueiras)

#### OPERAÇÕES

- análises e sínteses, predomínio de análises (Dolza, Mierzecki): águas, etc (Ferraz)

## APLICAÇÕES

- Química relacionada com interesses militares (Bret) e docimásia (San Filippo)
- Química aplicada às Artes e Ofícios (Lico): salitre, pólvora, tinturaria, aclimação de plantas (Giormani)
- Química útil ao progresso (Filgueiras)

### REGRAS LEGITIMANTES NAS DESCRIÇÕES DISCIPLINARES DOS LABORATÓRIOS DE QUÍMICA 1830s —»

#### CONTEXTO DISCIPLINAR

- Química Orgânica (Fauque)
- «os resultados analíticos mudam de sentido», o «argumento químico» passa a significar «caracteres numa linguagem de fenómenos» (Meinel)
- Pesos Atómicos (Aragón de la Cruz)
- Espectroscopia (Aragón de la Cruz)

#### TEORIA E PRÁTICA

- sobre(des)valorização da teoria face à prática: teorismo ou experimentalismo (Fauque)
- atomismo ou não-atomismo, organicismo ou não-organicismo
- dificuldades perante a vertente teórica (Rambaldi)
- possibilidade teórica de prever compostos (Meinel)
- novos materiais (Meinel)
- importância do modelo alemão (Seligardi 2)
- instrumento como veículo para a recepção de um novo campo científico, seu papel na recepção de inovações por parte de uma comunidade periférica: caso da radioatividade (Palló)
- emergência de escolas (Costa, Pigeard)

#### QUÍMICOS

- sentido da identidade profissional (Brooks), o perito (Ramuni)
- primeiros engenheiros químicos (Bret)
- presença de mulheres
- importância das viagens e estadias de estudo (Lico, Ordoñez)

#### RELAÇÕES COM A INDÚSTRIA

- nova forma de aliança (Meinel) ou conflitos entre instituições de ensi-

- no-investigação e indústria (Cruz)
- no caso das medidas de precisão, devido à necessidade de cada aluno manipular, o ensino da Física retira da Química formas de aprendizagem por prática directa (Brock)

## SISTEMAS EPISTÉMICOS

### CONFIGURAÇÕES SIGNIFICANTES NAS DESCRIÇÕES GLOBAIS DOS LABORATÓRIOS DE QUÍMICA —» 1830s

#### SOCIEDADE E ECONOMIA

- sociedade rural (Lires)
- o mercado nacional está habituado a comprar no mercado internacional, por isso não resulta fabricar produtos para a indústria local (Ferraz)
- POLÍTICA
- vicissitudes políticas e económicas acabam com os avanços científicos (Filgueiras)

### CONFIGURAÇÕES SIGNIFICANTES NAS DESCRIÇÕES GLOBAIS DOS LABORATÓRIOS DE QUÍMICA 1830s —»

#### SOCIEDADE E ECONOMIA

- segunda revolução industrial
- profissionalização (Brooks)
- associativismo (Brooks)
- POLÍTICA
- situação de periferia ou de centro (Brooks, Galló, Rambaldi)
- repressão e ocupação políticas agem sobre o movimento científico (Mierzecki, Salkauskas)
- desequilíbrio entre o discurso legislativo e a realidade laboratorial (Lico)

#### CULTURA TÉCNICA E CIENTÍFICA

- transferência de conhecimentos a nível nacional e internacional; interações microsociais entre cientistas e relações macrosociais com comunidades mais alargadas (Rambaldi)
- influência das Grandes Exposições e Museus (Rambaldi, Cruz)
- as guerras ganham-se porque se sabe mais (Brooks, Ordoñez)
- influência da Alemanha (Seligardi 2)



## PENSAMENTO

- humanismo contra cientismo (Lico)
- conceito de *Bildung* definido por Humboldt (Meinel)

## CONCLUSÃO

## —» 1830s

Afastada a harmonia pré-estabelecida entre sujeito e objecto do conhecimento, em vigor até ao Renascimento, os fenómenos naturais passam a estar integrados em representações com estigmas de finitude. O nexos entre significante e significado procura superá-los, entrando por esquemas e mecanismos, onde culminam desafios impositivos e controversos na articulação do homem com a natureza.

Assim, a partir de então, mas com maior incidência depois do século XVIII, findas as harmonias e as analogias para sempre perdidas, a razão estabelece uma distância ambígua com a natureza e até com a humanidade. Por isso, fala de um pólo subjectivo valorado, mas coloca um referente objectivo marcado por inacessibilidades, no seu limite.

Esta situação favorece a necessidade de colmatar incertezas por mecanismos de segurança, procurados nomeadamente por via do conhecimento científico.

Na sua globalidade, o pensamento setecentista acordou um lugar especial ao conceito de ordem. Na verdade, as figuras (filosóficas, científicas, artísticas) que emergem estão sempre associadas a ideias relacionadas com marcha ou combinatória, dado que: há necessidade de expressar a sucessão, o encadeamento e hierarquias entre dados sensoriais ou imagens, e é preciso exprimir o sistema, a subordinação e a classe entre os seres.

Por isso, os naturalistas enchem as suas descrições e análises com frequentes pormenores, visando estabelecer regras e dependências entre estruturas lógicas e processos de conhecimento, no interior dos três reinos. Por isso, os enciclopedistas

dão a conhecer as cadeias entre acontecimentos passados e os mecanismos perceptivos que condicionam o nosso relacionamento com o mundo exterior.

Neste contexto global, o primado da Metafísica dos factos e das relações materiais (Bacon, Locke, Condillac) sobre a Metafísica do espírito e causas últimas (Descartes, Leibniz), por um lado, e o primado da Gnoseologia sensualista e empirista em desfavor do essencialismo e racionalismo, por outro, condicionam uma lógica individualizada: a representação inclui regularidades entre a ordem do conhecer (observação) e a ordem do ser (fenómeno), entre a ordem do sentir (sensação) e a ordem do pensar (indução). Se perspectivarmos os jogos do entendimento, no interior de uma dialéctica com dois termos - objecto do conhecimento e sujeito do conhecimento - poderemos estabelecer, ao gosto da época, intenções que procuram sistematizar números e cálculos ou coordenar sinais de semelhança e diferença.

A correspondência entre as formas e lugares dos espaços, bem como as regularidades químicas analisadas até 1830s são possibilitadas pelo sistema epistémico que passo a definir: a ordem da ciência tem de se basear na ordem da natureza, e esta precisa de ser experimentada; a articulação entre fenómenos (natureza) e ideias (ciência) pressupõe uma articulação entre análise e síntese (método), precisão e exactidão, usando balanças; o saber químico pressupõe um léxico disciplinar, impondo ensino e aplicabilidade social.

A seguir, o sistema epistémico veícula, pelo que nega (perspectiva negativista) e propõe (perspectiva positiva), um descrédito face à erudição livresca e uma expectativa prestigiança perante as ciências experimentais. Para tal entusiasmo concorrem principalmente o lugar ocupado pela Física e a importância atribuída aos novos aparelhos e técnicas.

Apesar do fulgor remanescente de Newton e Lavoisier, assumidos através das teses experimentalistas, e defendendo ideias transformadoras, continua a manter-se um debate de

fundo, muitas vezes adiado, nomeadamente nas instituições universitárias: qual é o lugar da teoria e da prática no avanço do método experimental? qual é a importância dos *a priori* e dos *a posteriori* na teoria do conhecimento?

Prova disso, é o facto da valorização laboratorial e da experimentação não levar a manipulação química aos alunos. Basta-lhes olhar, observar e ver, de longe. O ensino está consignado ao anfiteatro e é marcadamente descritivo. Continuam sem beneficiar do período crítico de Kant, nomeadamente na definição do juízo sintético *a priori*, que colocou a questão e o debate no seu devido lugar.

É neste contexto, onde predominam ainda resquícios de debates entre fisiocracia e mercantilismo, que a Química começa a revelar-se capaz de contribuir, também ela, para organizar, controlar, gerir, capitalizar o espaço e o tempo requeridos pelo assumir da modernidade.

## 1830s —»

Na sequência de um processo onde a razão e a ciência procuram desde sempre formas de optimização, os percursos englobantes do avanço científico e industrial criam condições e requerem meios, para compreender o grau de maturação de certos discursos ou para legitimar a emergência de outros.

Com efeito, seja porque as ciências exactas e experimentais atingem características de previsão e aplicabilidade, seja porque as ciências sociais e humanas já balbuciam dificuldades de existência, o imperativo de as fundamentar assume formas novas e peculiares, desde o século passado. A circunstantia geral é promissora de mais saber e poder no futuro. Todavia, os tempos comportam sucessos e indecisões. Humanismo contra cientismo, até.

O impacto das ciências, técnicas e tecnologias implica o modo como elas recebem, concretizam e transmitem pelo ensino e investigação determinados valores, de acordo com as circunstâncias materiais onde se

constróem e os efeitos sociais que têm em vista, no decurso da sua evolução interna, ou de mudanças para o exterior do universo teórico e experimental. O progresso é aferido em termos optimistas. A pertinência desta forma de enquadramento acentua problemáticas associadas a fins cognitivos e pragmáticos, interesses económicos e políticos, meios institucionais e grupais, com implicações no universo axiológico e ético.

Por um lado, adquiridos espectaculares.

Por outro, complexidades cada vez maiores.

Ligada ao transcendentalismo kantiano e ao idealismo alemão sequente, a teoria é valorizada, enquanto que os mais ligados ao positivismo apregoam a matriz experimentalista. Grandes guerras.

Tornar visível e perpetuar o êxito, expô-lo com majestade plástica, corresponde a uma configuração, onde as retóricas do saber e do poder protagonizam opulência. Mostrar ciências, técnicas e tecnologias com visibilidade espectacular, produtos bem sucedidos e efeitos sociais marcantes é mister que a modernidade foi fazendo seu. Exibí-las, rodeadas por auras de imaginário e de fantástico, qual melhor entre os mundos possíveis, faz parte da sua estratégia, há mais de um século.

As Grandes Exposições recobrem características que favorecem tais intuítos, através de uma certa estratégia de popularização. Implementam-se presenças com cunho (inter)nacionalista. Com elas, é facultada uma representatividade, cada vez maior, para os efeitos económicos, técnicos, científicos ou artísticos, actuando no quotidiano da população mundial, com registos destacados durante as Exposições Universais: Londres (1851, 1862), Paris (1855, 1867, 1878, 1889, 1900), Viena (1873), Filadélfia (1876), Barcelona (1888), Chicago (1893), Bruxelas (1897). Elas servem para ilustrar, informar, divulgar as surpresas maiores da produção química e sua aplicabilidade: das indústrias que dependem da Química ao fabrico dos

produtos químicos.

A investigação original, diferente das averigações no horizonte da confirmação, materializa-se em Institutos, imponentes até. Os programas de investigação correspondem a núcleos teóricos e sociais que podem transformar grupos em escolas: especificidades entre objectos, métodos e teorias. Os sucessos conseguidos passam pelas fábricas e oficinas. O público apercebe-se disso. Os governos também.

O carácter promissor da Química comporta problemáticas de fundo implicando identidade epistemológica, institucionalidade social e responsabilidade industrial. Neste contexto, as surpresas trazidas pelos avanços da Orgânica e a implementação do modelo saxónico comportam grandes mudanças. Entretanto, o mundo químico e químico-industrial passa cada vez mais a abrigar uma aplicabilidade galopante. Passa a abrigar ainda o reconhecimento e a profissionalização do químico, com estatuto e instâncias de legitimação.

As implicações no ensino - superior e secundário - fazem-se sentir. Deixar de ficar limitado ao espectáculo do anfiteatro, na passividade da escuta e visão, ser autorizado a entrar num laboratório, poder percorrê-lo, dá ao aluno uma experiência da realidade que passa pelas mãos, mesmo se isso pode estar ligado ao preço desumanizante do taylorismo científico ou até à perda da visão global, que se pode vir a pagar pela especialização.

Não se reduza o significado da mudança. É mesmo uma mudança radical, momento avançado de um processo com origem muito atrás: ouvir e ler, transmissão centrada sobre o autor, a autoridade e o comentário, olhar e ver, conhecimento dependendo da via perceptiva e de certo formalismo conceptual, observar e experimentar, inteligibilidade inserida num dispositivo teórico e numa estrutura lógica e matemática. Avanço que os séculos XIX e XX apregoam continuando a tradição «poli-técnica».

Espectroscopia. Radioactividade.

Passam os tempos, os químicos começam a lidar com quantidades de matéria demasiado pequenas para poderem ser pesadas. Algumas das inovações evidenciam a importância da perícia humana. A revolução neutrónica exige grandes mudanças. A *big science* impõe-se, impondo a necessidade de máquinas sofisticadas, muito dinheiro, gestão pesada, apoios financeiros por parte da indústria, da estrutura militar e da comunicação social. Saber e poder intrincados como nunca se vira antes. Uma nova ruptura vem aí, às portas da Segunda Grande Guerra.

Descrevendo os Laboratórios de Química na Europa entre 1779-1939, esta introdução espera ainda ter contribuído para afirmar como a Filosofia das Ciências permite identificar as condições de existência que possibilitam as relações entre saberes e ciências.

Logo, importa delimitar o modo de ser da instância perceptiva-cognitiva e suas modalidades enunciativas; especificar a tática operatória actuando no exercício e através do fazer; dilucidar as estratégias em jogo nas práticas, efeitos e produtos obtidos.

Caso particular da maneira como o devir psicológico do conhecimento e o processo histórico contrariam a mesmidade, as relações com o mundo natural e físico não têm tido a mesma identidade e expressão, ao longo dos tempos, colectivos ou individuais.

Com efeito, não só apresentaram, desde sempre, mudanças nos comportamentos e agir, como também representaram vários ritmos no universo teórico e experimental, a partir da modernidade.

ANEXO

**EUROPEAN SCIENCE  
FOUNDATION PROGRAMME  
THE EVOLUTION  
OF CHEMISTRY IN EUROPE**

1  
*WORKSHOP ON CHEMISTRY  
LABORATORIES, INSTRUMENTS,  
NEW TECHNOLOGIES AND SPACES  
(1789-1939)*

Segovia, November 1994

Cristalera

2

WORKSHOP ON CHEMISTRY  
LABORATORIES, INSTRUMENTS,  
NEW TECHNOLOGIES AND  
EDUCATION  
(1789-1939)

Lisbon, November 1996  
Science Museum of the University of  
Lisbon  
(58, Rua da Escola Politécnica, 1200  
Lisbon)

## PARTICIPANTES E COMUNICAÇÕES

### SEGOVIA

Palmira Fontes da Costa and  
A.M. Nunes dos Santos (P)- *A Preliminary  
Tour on the History of Chemical  
Laboratories*

Natalie Pigéard (F)- *Un Alsacien à  
Paris: Charles Adolph Wurtz (1817-  
1884), son Ecole, ses Laboratoires*

Raffaella Seligardi (I)- *The Labo-  
ratory of Giacomo Ciamician at the Uni-  
versity of Bologna (1890-1921)*

Javier Ordoñez (E) - *The Physics  
and Chemistry Laboratories of the Junta  
para Ampliación de Estudios (Madrid,  
1907-1938)*

Kostas Gavroglu (G) - *The Chemi-  
cal Laboratories and Chemical Educa-  
tion in Cambridge (1853-1914)*

Márcia H.M. Ferraz (P) - *La Cré-  
ation du Laboratoire Chimique de l'  
Université de Coimbra à la fin du XVIII.e  
Siècle*

Isabel Garcia Lico (P) - *Le Labo-  
ratoire de Chimie dans les Lycées Portu-  
gais: des Discours Théoriques aux Espaces  
Pratiques (1886-1936)*

Isabel Cruz (P) - *The Chemical  
Laboratory at Lisbon Industrial Institute:  
Paths of Laboratorial Practice in Che-  
mistry from 1864 to 1892*

Ana Luísa Janeira (P) - *The Che-  
mical Laboratory of the Faculty of Scien-  
ces of the University of Lisbon: Organiza-*

*tion of Spaces, Production of Discourses,  
Epistemological System*

Isabel Serra (P) - *Professor Branca  
Edmée Marques and the Radiochemical  
Laboratory of the Faculty of Sciences of  
the University of Lisbon*

### LISBOA

Luisa M. Dolza (I) - *The Dyeing  
Laboratories of Turin in the Eighteenth  
Century: History of Their Projects and  
Failure*

Raffaella Seligardi (I) - *Teaching  
Pneumatic Chemistry at the Istituto delle  
Scienze di Bologna*

Paolo Amat di San Filippo (I) - *Chemistry  
Laboratories in Sardinia bet-  
ween 1750 and 1850*

Virgilio Giormani (I) - *La Chimie  
et ses Applications: Quelques Episodes  
dans la République de Venise*

Mari A. Lires and José Tojo (E) - *Science  
and Industry in Galicia During  
the Enlightenment*

Roman Mierzecki (PL) - *Experi-  
mental Practice and Teaching in Che-  
mistry in Partitioned Poland in XIX c.  
and After the Regained Independence*

David Knight (RU) - *Portable La-  
boratories in the Early 19th Century*

Patrice Bret (F) - *Laboratoires et  
Instruments de la Recherche sur les Pou-  
dres et Explosifs en France, de Lavoisier à  
Burlot (1789-1939)*

Nathan M. Brooks (EUA) - *Chem-  
istry Laboratories in Russia: 1700-1917*

Viktor A. Kritsman and Otto P.  
Krätz (A) - *Justus Liebig's Laboratory:  
Cradle of the Russian Chemistry of the  
19th Century*

Carlos Alberto Filgueiras (B) - *The  
Evolution of Chemistry in Portugal  
from the 18.th to the 20.th century - an  
Appraisal*

Elisa Maia (P) - *The Mineral Che-  
mistry Laboratory of the Polytechnic*

*School of Lisbon in its Age (1884-1894)*

Gabriella Rambaldi and Luigi  
Cerruti (I) - *Cannizzaro's Laboratory  
Life. The Troubled Making of a New Ex-  
perimental Tradition, 1851-1862*

Francisco Aragón de la Cruz (E)  
- *The Introduction of the Periodic System  
of the Chemical Elements in Spain*

Danielle Fauque (F) - *Organisa-  
tion des Laboratoires de Chimie à Paris  
sous le Ministère Duruy (1863-1869):  
Cas du Laboratoire de Chimie de Frémy  
au Muséum d'Histoire Naturelle*

Christoph Meinel (A) - *The Rese-  
arch Laboratory and the Teaching of  
Chemistry in Nineteenth-Century Ger-  
many*

Rafael Sisto Edreira, M. R. Ber-  
mejo Patiño and A. Bugallo Rodrí-  
guez (E) - *University of Santiago de  
Compostela Chemistry Laboratory. Crea-  
tion and Consolidation (1845-1857)*

William H. Brock (EUA) - *The  
Chemical Origins of Practical Physics*

Gábor Palló (H) - *Laboratory Me-  
thods on the Peripheries: Radioactivity  
Measurement Instruments in Hungary at  
the Beginning of the 20th century*

Mudis Salkauskas (L) - *Chemistry  
revival and growth between the two  
World Wars in Lithuania and other Bal-  
tic States*

Burghard Weiss (A) - *From Arts  
and Crafts to Big Science: Nuclear Che-  
mistry Laboratories*

E - Espanha, G - Grécia, PL - Polónia,  
RU - Reino Unido, EUA - Estados Unidos  
da América, B - Brasil, A - Alemanha,  
H - Hungria, L - Lituânia P - Portugal,  
F - França, I - Itália.

## PUBLICAÇÕES

Demonstrar ou Manipular?  
O LABORATÓRIO DE QUÍMICA MI-  
NERAL DA ESCOLA



POLITÉCNICA DE LISBOA  
NA SUA ÉPOCA (1884 - 1894)

edição bilingue

Livraria Escolar Editora  
Lisboa 1996

**Conteúdos**

1. A Escola Politécnica de Lisboa (1837-1911):

organização do espaço, produção do discurso e sistema epistémico

Ana Luísa Janeira, Universidade de Lisboa, Agregação em Filosofia das Ciências

2. Semiótica do espaço: o Laboratório de Química

José Augusto Mourão, Universidade Nova de Lisboa, Doutoramento em Teoria Literária

3. O curso prático no ano lectivo de 1889-1890

Maria Luísa Alves, Escola D. Fernando II, Sintra, Doutoranda em História das Técnicas

4. Um director «poli-técnico»

Alexandre Manuel de Oliveira, Universidade de Lisboa, Estagiário em História da Química

5. O final do século XIX português visto através dos 28 anos de vida pública de José Júlio Bettencourt Rodrigues, Ana Maria Cardoso de Matos, Universidade de Évora, Doutoramento em História.

6. Portugal 1884-1894 - ideias e ideários em circulação. Imagens fotográficas de Progresso, Fátima Nunes, Universidade de Évora, Doutoramento em História.

Centro Interdisciplinar de Ciência, Tecnologia e Sociedade da Universidade de Lisboa (CICTSUL)

European Science Foundation Scientific Program on The Evolution of Chemistry in Europe

Space Organisation and Production of the Scientific Discourse: Chemistry Laboratories in Portugal

Divórcio entre Cabeça e Mãos? LABORATÓRIOS DE QUÍMICA EM PORTUGAL (1772-1959)

edits.: Estela Guedes, Pedro Sousa Dias, Raquel Gonçalves

edição multilingue

Livraria Escolar Editora  
Lisboa 1998

**Conteúdos**

**Introdução**

P - texto de Raquel Gonçalves

1

P - O Laboratório da Casa da Moeda de Lisboa - Márcia Ferraz

P - Le Laboratoire de Chimie de l'Université de Coimbra - Márcia Ferraz

P - texto sobre relações entre Química e Farmácia - Pedro Sousa Dias

P - síntese - texto de Ana Cardoso de Matos

2

F - Les Laboratoires de Chimie dans les lycées portugais: des discours théoriques aux espaces pratiques (1836-1936) - Isabel Lico

E - Permanência ou mudança: que lugar para a prática laboratorial de Química no primeiro liceu português? - Isabel Lico

I - The Chemistry Laboratory in the Instituto Industrial de Lisboa (1869-1898) - Isabel Cruz

E - O Laboratório Químico do Instituto Industrial de Lisboa: conflitos entre ensino e produtos da ciência aplicada - Isabel Cruz

P - síntese - A Química em Institutos Industriais e Liceus portugueses: acções e intenções (1836-1892) - Isabel Cruz e Isabel Lico

3

P - texto sobre Laboratório de Química na Universidade de Coimbra - Amorim da Costa

I - O Laboratório de Química da Escola Politécnica de Lisboa - Elisa Maia

P - Os Laboratórios de Química nas Politécnicas portuguesas. A Filosofia inerente aos discursos regulamentares - Ana Luísa Janeira

P - Análise semiótica de um espaço laboratorial: o Laboratório Municipal de Química do Porto (1884-1907) - Isabel Marcos

I - O Laboratório de Química da Faculdade de Ciências de Lisboa: organização do espaço, produção do discurso e sistema epistémico - Ana Luísa Janeira

I - Branca Edmée Marques e o Laboratório de Radioquímica da Faculdade de Ciências de Lisboa - Isabel Serra

P - Os Laboratórios de Química do IST (1911-1955) - M. Berberan e Santos, Miguel Castanho

Conclusão

I - The Evolution of Chemistry in Portugal from the 18th to the 20th century - an Appraisal - Carlos Alberto Filgueiras

E - inglês, F - francês, P - português

\* Coordenadora, com o Professor Javier Ordoñez, da secção *Chemistry Laboratories, Instruments and New Technologies* do European Science Foundation Programme *The Evolution of Chemistry in Europe* (1789-1939), no âmbito do qual se realizaram os Workshops de Segóvia e Lisboa, onde foram apresentados os textos, asinalados em anexo.

Professora Associada do Departamento de Química e Bioquímica da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa

Rua Ernesto de Vasconcelos, 1700 Lisboa

tel. 351.1.7573141, fax 351.1.7500088

Coordenadora Científica do Centro Interdisciplinar de Ciência, Tecnologia e Sociedade da Universidade de Lisboa (CICTSUL)

Rua da Escola Politécnica 56, 1200 Lisboa

tel 351.1.3961521/2/3 fax 351.1.3909352

<sup>1</sup> Comunicação apresentada no EUROPEAN SCIENTIFIC PROGRAMME ON EVOLUTION OF CHEMISTRY IN EUROPE, FINAL CONFERENCE, Delfos, 1997 e na V REUNION HISTORIA DE LA MATERIA MÉDICA: EUROPA-AMÉRICA, Buenos Aires, 1997.

<sup>2</sup> Enquanto não forem publicados nos Estados Unidos da América, o que acontecerá brevemente, estes textos podem ser consultados no CICTSUL

<sup>3</sup> Seligardi 1 = texto apresentado em Lisboa  
Seligardi 2 = texto apresentado em Segóvia.

# Um exemplo de utilização de produtos regionais em aulas experimentais de Química Orgânica: a castanha de caju

ANTÔNIA MARIA DAS GRAÇAS LOPES CITO, JOSÉ MACHADO MOITA NETO e JOSÉ ARIMATÉIA DANTAS LOPES\*

A substituição de experimentos clássicos por experimentos em que se utilizam materiais mais ligados ao dia-a-dia do aluno, leva a um substancial aumento do interesse, da participação e, por consequência, do aprendizado destes alunos. Isto foi confirmado quando utilizou-se, como sistema de estudo no curso de química orgânica experimental, a castanha de caju e seu óleo (LCC), materiais abundantes em nossa região e bem familiares aos alunos. A castanha de caju foi utilizada no experimento em que se estudou a técnica de extração e o LCC foi utilizado no experimento em que se estudou a polimerização.

## INTRODUÇÃO

Apesar de todo avanço teórico da química, esta ciência permanece ainda eminentemente experimental. O ensino de química nos cursos de graduação demonstra este caráter empírico através de disciplinas com carga horária didático-científica centrada em atividades laboratoriais. Nestas disciplinas experimentais, o objetivo principal é desenvolver habilidades nos alunos para o domínio das diversas técnicas. Um caso típico é a disciplina Química Orgânica Experimental I, ministrada aos alunos de Licenciatura e Bacharelado em Química da Universidade Federal do Piauí (Brasil). O conteúdo da disciplina prevê o domínio de algumas técnicas muito importantes para um químico orgânico, tais como a extração, destilação, etc. e o conhecimento de reações químicas clássicas de uso frequente. Muitos são os textos de química orgânica que podem dar apoio aos cursos experimentais destas disciplinas, pois apresentam as técnicas e as principais reações, trazendo inclusive roteiros adequados a determinados sistemas. Contudo, quando os sistemas estudados estão mais próximos da realidade diária dos alunos, espera-se um crescimento do interesse destes na execução

das atividades laboratoriais exigidas na disciplina. Um exemplo análogo à célebre frase *Eva viu a uva* das cartilhas de alfabetização<sup>a</sup> era a prática de extração de trimiristina a partir da noz moscada, pois a noz moscada não é produzida em nossa região e é desconhecida da maioria dos nossos alunos.

Neste trabalho apresentamos a utilização da castanha de caju no domínio da técnica de extração e o líquido da castanha de caju na reação de polimerização por condensação fenol-formaldeído.

## Motivação

O cajueiro é uma planta nativa do Brasil, é encontrada nas regiões tropicais e sub-tropicais, principalmente no litoral do Nordeste, na Amazônia e nos Cerrados do Piauí, Mato Grosso e Goiás. Embora existam várias espécies de cajueiros a de maior importância e comumente encontrada é a *Anacardium occidentale*. O caju, pseudo fruto do cajueiro, é muito apreciado *in natura* e na forma de doce, suco e cajuína. A castanha de caju é beneficiada industrialmente para a retirada da amêndoa que é comestível. Um subproduto desta indústria é o líquido da castanha de caju que encontra-se na casca da castanha<sup>b</sup>. O Piauí é um dos maiores produtores de castanha de caju, atingindo uma produção de aproximadamente 30 mil toneladas em 1994<sup>1</sup>.

O líquido da castanha de caju (LCC), conhecido internacionalmente como *Cashew Nut Shell Liquid* (CNSL) é constituído de uma mistura de compostos fenólicos com cadeia alquílica de 15 carbonos na posição

meta à hidroxila do anel aromático. Esta cadeia lateral pode ter até 3 insaturações. Os principais componentes do LCC natural são os ácidos anacárdicos e os cardóis.

A composição dos componentes fenólicos no LCC natural foram estudadas por diversas técnicas<sup>2</sup>. Um sumário dos resultados encontrados estão mostrados na tabela 1.

Tabela 1: Composição dos componentes fenólicos do LCC natural

Componentes fenólicos	LCC natural (%)
ácido anacárdico	71 - 82
Cardanol	1,2 - 9,2
Cardol	13,8 - 20,1
2-metil cardol	1,6 - 3,9
Outros	0 - 2

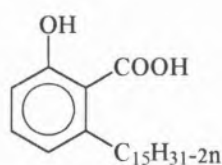
A cromatografia de camada delgada do LCC permite a separação dos três principais componentes: cardol, ácido anacárdico e cardanol.

O líquido da castanha de caju pode ser polimerizado por diversos caminhos<sup>3</sup>, sendo os mais comuns: a produção de resinas alquílicas através da polimerização por adição na cadeia lateral e a produção de resinas fenólicas através da polimerização por condensação com aldeídos.

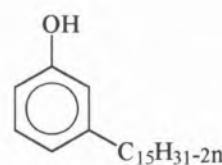
Na polimerização por condensação com formaldeído, o cardol apresenta maior reatividade devido à presença de duas hidroxilas no anel aromático. Este fato favorece a polimerização seletiva dos monômeros fenólicos do LCC<sup>4</sup>.

## Roteiro de Prática

Os alunos recebem um roteiro onde estão os principais etapas do

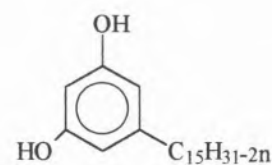


Ácidos anacárdicos



n = 0, 1, 2, 3

Cardanóis



Cardóis

protocolo de laboratório a ser seguido. As demais orientações são fornecidas pelo professor no decorrer da experiência. Este roteiro está apresentado em caixa.

### Extração contínua

A obtenção do LCC é feita a partir da extração da casca da castanha de caju madura ou imatura (verde). A coleta das amostras é feita no próprio Campus Universitário, pelos alunos. No primeiro semestre letivo usam-se castanhas maduras, no segundo semestre castanhas verdes, pois é a época em que elas surgem.

O processo de separação das cascas, tegumento e amêndoa é mais fácil para as castanhas verdes, que podem ser cortadas com faca. No caso das castanhas de caju maduras, a imersão em nitrogênio líquido, durante aproximadamente 5 minutos, torna a casca quebradiça, facilitando a separação. Após o processo de separação da casca, realiza-se uma extração contínua, durante 6 horas, em aparelhagem Soxhlet, utilizando n-hexano como solvente. O extrato é concentrado em evaporador rotatório. O produto bruto é analisado por espectroscopia no infravermelho e cromatografia em camada delgada utilizando sílica gel como adsorvente e  $\text{CHCl}_3/\text{AcOEt}/\text{H}_3\text{CCOOH}$  (95:5:2) como eluente e comparados com a literatura<sup>5,6,7</sup>.

### Polimerização

Utilizando o LCC obtido no experimento anterior, formaldeído e hidróxido de sódio, como catalisador, nas proporções 1:2:0,35, realiza-se a polimerização a 45 °C, durante 30 minutos. Observa-se, por CCD, que nestas condições apenas o cardol polimeriza, formando a resina I.

Dando prosseguimento, realiza-se a extração do cardanol e ácido anacárdico do meio reacional, em aparelhagem Soxhlet, com acetona, sob refluxo (extrato I). O extrato I não reagente é evaporado sob vácuo. O resíduo obtido é submetido a uma nova polimerização, com os reagentes nas proporções anteriores, em tolueno ou xileno, durante 5 horas. A polimerização gradativa do cardanol (resina II) pode ser acompanhada através de CCD, utilizando as mesmas condições anteriores. A extração com acetona do material não reagente, extrato II, mostra que sobra, sem reagir, o ácido anacárdico.

### RESULTADOS

A discussão pós-laboratório com os alunos versa sobre: a composição do LCC, a reatividade dos monômeros fenólicos e sobre o tipo de resina fenólica<sup>8,9</sup> produzida (novolac ou resol, linear ou tridimensional).

### Roteiro de Laboratório

#### 1 - EXTRAÇÃO DO LCC

- Coletar cerca de 100 castanhas;
- Separar as cascas;
- Cortar em pequenos pedaços e pesar;
- Colocar em aparelhagem Soxhlet;
- Extrair durante 6 horas com hexano;
- Evaporar o solvente;
- Pesar o LCC obtido;
- Realizar cromatografia em CCD, utilizando sílica gel G como adsorvente e  $\text{CHCl}_3/\text{AcOEt}/\text{H}_3\text{CCOOH}$  (95:5:2) como eluente;
- Comparar os resultados com a literatura.

#### 2 - RESINA CARDOL-FORMOL

- ◊ Pesar cerca de 8,0 g do LCC em um béquer de 100 mL;
- ◊ Aquecer o LCC à cerca de 45°C, em banho-maria;
- ◊ Adicionar aproximadamente 4,0 mL de formaldeído e 4,0 mL de hidróxido de sódio 2,2 mol/L, sob agitação;
- ◊ Acompanhar a reação a cada 10 minutos, durante 30 minutos, por Cromatografia em Camada Delgada (CCD), utilizando sílica gel como adsorvente e  $\text{CHCl}_3/\text{AcOEt}/\text{H}_3\text{CCOOH}$  (95:5:2) como eluente;
- ◊ Observar o desaparecimento da mancha na placa cromatográfica do constituinte mais polar, o cardol;
- ◊ Comparar estes cromatogramas com o material de partida (LCC);
- ◊ Extrair com acetona, os constituintes que não reagiram, durante 6 h; utilizando aparelhagem Soxhlet;
- ◊ Filtrar, pesar a resina cardol-formol e calcular o rendimento;
- ◊ Evaporar a acetona e reservar o resíduo não reagente.

#### 3 - RESINA CARDANOL-FORMOL

- ◆ Pesar o resíduo não reagente;
- ◆ Adicionar formaldeído e solução de hidróxido de sódio, mantendo a proporção resíduo/formaldeído/NaOH igual a 1:2:0,35 mol;
- ◆ Adicionar o solvente: xileno ou tolueno;
- ◆ Acompanhar a reação de hora em hora por cromatografia em CCD;
- ◆ Observar, ao final da reação, o desaparecimento da mancha relativa ao cardanol;
- ◆ Extrair com acetona, em aparelhagem Soxhlet, cerca de 6 horas, o ácido anacárdico que não reagiu;
- ◆ Filtrar e pesar a resina cardanol-formol e calcular o rendimento;
- ◆ Evaporar a acetona e pesar o ácido anacárdico.

Tabela 2. Absorções no infravermelho do LCC

Número de ondas, $\text{cm}^{-1}$	Intensidades	Atribuições
3364	forte	O-H (estiramento)
3009	médio	C-H aromático (estiramento)
2926	forte	C-H alifático (estiramento)
2855	forte	C-H alifático (estiramento)
1647	forte	C=O (estiramento)
1607	forte	-C=C-anel (estiramento)
1452	forte	-C=C-anel (estiramento)
1259	média	C-O fenol (estiramento)
1154	média	C-O fenol (estiramento)
992	fraca	-CH <sub>2</sub> olefina (def. assimétrica)
912	fraca	-C-H alceno (deformação)
780	fraca	-C-H anel 3H adj. (deformação)
694	fraca	-C-H alceno dissub. (deformação)



O tempo total gasto nestas atividades é cerca de 16 horas incluindo a discussão dos relatórios por eles elaborados.

Uma lista com cerca de 25 artigos sobre o líquido da castanha de caju é fornecida aos alunos que podem utilizá-los para comparar as cromatoplasas e o espectro no infravermelho, além de encontrar outros subsídios para a preparação do relatório.

A tabela 2 mostra as principais absorções do LCC no espectro na região do infravermelho. A espectroscopia no infravermelho não é a técnica mais adequada para a caracterização dessas resinas, uma vez que os grupos funcionais dos fenóis de partida são semelhantes aos grupos funcionais dos produtos poliméricos.

A figura 1 mostra as placas de CCD do LCC e dos extratos I e II obtidos nas preparações destas resinas. Na placa cromatográfica do extrato I não foi observada a mancha do constituinte mais polar, cardol, quando comparado com o do LCC industrial, indicando que todo ele foi consumido durante a preparação da resina I. Esta polimerização ocorreu a uma temperatura relativamente baixa, 45°C, e tempo de reação relativamente curto, quando comparado com a síntese da resina II. Esta diferença é atribuída à presença dos dois grupos OH, no cardol, em posição relativas meta entre si e também pelo fato do OH ser um grupo doador de elétrons, portanto, ativante das posições *orto* e *para* do anel aromático para esse tipo de reação. Assim, na primeira polimerização o produto majoritário é aquele obtido a partir da reação do cardol com formaldeído, o que foi evidenciado por CCD, como mostra a figura 1. Na placa cromatográfica do extrato II não foi observada a mancha do constituinte menos polar, o cardanol, quando comparado com o extrato I, indicando que ele foi o composto consumido durante a preparação da resina II, sobrando sem reagir o ácido anacárdico que apresenta um substituinte (COOH) na posição *orto* ao OH fenó-

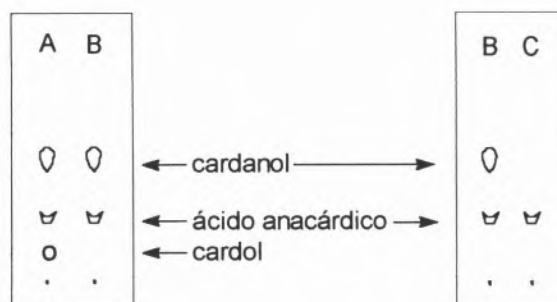


Fig. 1 - Cromatogramas obtidos por CCD: A - LCC, B - Extrato I, C - Extrato II. Fase estacionária: sílica gel. Fase móvel:  $\text{CHCl}_3/\text{EtOAc}/\text{CH}_3\text{COOH}$  95:5:2. Revelador: vapores de iodo.

lico, desativante para este tipo de reação.

O interesse observado durante a execução do experimento e na preparação do relatório é notável, o que nos tem motivado a continuar trabalhando nesta linha de adaptação das práticas laboratoriais a sistemas de que o aluno tenha um conhecimento prévio. Exemplo disso são as perguntas que surgem baseadas na experiência precedente do aluno, como por exemplo: *por que o leite de castanha queima a pele?* ou sobre propriedades medicinais da casca do cajueiro<sup>10</sup>, etc. Em todos estes casos os alunos são incentivados a buscar respostas através da literatura disponível.

## CONCLUSÃO

Pelos resultados alcançados na utilização deste sistema para o estudo dos tópicos de extração e polimerização, acreditamos que possa ser explorado também em outros tópicos do curso de Química Orgânica Experimental I como a sulfonação do anel aromático, a formação de resinas alquídicas, descarboxilação do ácido anacárdico, hidrogenação da cadeia lateral, etc.

\* Departamento de Química da Universidade Federal do Piauí.  
64.049-550 Teresina - Piauí - Brasil

<sup>a</sup> Paulo Freire, educador e pedagogo brasileiro, fazia críticas às cartilhas de alfabetização distribuídas pelo nordeste do Brasil, pois traziam frases como esta, quando na época *uva* era uma fruta desconhecida dos nordestinos e *Eva* era um nome raríssimo.

<sup>b</sup> O primeiro contato que tivemos com este tema foi através da Revista Portuguesa de Química (ref. 3)

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Mothé, C. G.; Castro, S. M.; Ganem, M.; Silva, T. C.; *Rev. Quim. Ind.* **1996**, nº708/709, 19-23.
2. Gedam, P. H.; Sampathkumaran, P. S.; *Progress in Organic Coatings*, **1986**, 14, 115-157.
3. Gonsalves, A. M. D'A. R.; Costa, A. M. B. S. R. C. S.; Costa, M. F. G. S.; *Rev. Port. Química*, **1980**, 22, 97-102.
4. Moita Neto, J. M.; Citó, A. M. G. L.; Lopes, J. A. D.; Lima, S. G.; Macedo, A. O. A.; *An. Assoc. Bras. Quim.*, **1997**, 46, 220-223.
5. Murthy, B. G. K.; Samban, M. A. S.; Aggarwal, J. S.; *J. Chromatog.*, **1968**, 32, 519-528.
6. Tyman, J. H. P.; Johnson, R. A.; Muir, M.; Rokhgar, R.; *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **1989**, 66, 553-557.
7. Gonsalves, A. M. D'A. R.; Costa, A. M. B. S. R. C. S.; *J. Chromatog.*, **1975**, 104, 225-227.
8. Hesse, W. *et al.*. **Phenolic Resins**. In: Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. vol. A19, B. Elveis *et al.*, editores, VCH Weinheim, FRG, 1991. p. 371-384.
9. Billmeyer Jr., F. W.. **Textbook of Polymer Science**, 3ª Ed., John Wiley & Sons, 1984.
10. Souza, C. P.; Mendes, N. M.; Jannoti-Passos, L. K.; Pereira, J. P.; *Rev. Inst. Med. Trop. S. Paulo*, **1992**, 34, 459-466.

## Importância do Ensino Prático

«Como as Lições Teoréticas nesta Ciência [Química] não podem ser bem compreendidas, sem a prática delas; deverá o Professor (...) [dar] as Lições competentes de Prática no Laboratório; nas quais não fará dos seus Discípulos meros espectadores; mas sim os obrigará a trabalhar nas mesmas Experiências, para se formarem no gosto de observarem a Natureza; e de contribuirem por si mesmos ao adiantamento, e progresso desta Ciência. A qual não se enriquece com Sistemas vãos, e especulações ociosas, mas com descobrimentos reais, que não se acham doutro modo, senão observando, experimentando e trabalhando. O Lente será por isso obrigado a dar por si mesmo aos seus Discípulos exemplo do trabalho, e constância, que se requerem no Observatório da Natureza.»

*dos Estatutos da Universidade  
de Coimbra (1772)*

«Os trabalhos de laboratório, por seu lado, desenvolvem a destreza manual do aluno e as suas faculdades de observação; põem-no em contacto com os factos em que se baseiam as concepções teóricas; levam-no ao conhecimento prático dos processos de investigação científica, dotando-o ainda com o senso crítico que permite avaliar o crédito que merecem as teorias, segundo o número e o rigor das observações em que se baseiam. No espírito do aluno, o facto observado toma então o seu verdadeiro lugar, como parte do alicerce da ciência, e o seu saber deixa de ser um amálgama de coisas imperfeitamente assi-

miladas, para se transformar em parcela integrante da sua individualidade.» (...) «As ciências têm geralmente as suas técnicas especiais, cujo conhecimento prático é tão necessário como o das teorias; estas poderá ainda o aluno conhecê-las pela exposição oral; mas os métodos científicos de investigação, cujo ensino representa a parte mais importante e característica dos cursos superiores, só se adquirem por tirocínio prático sob a direcção de um mestre, porque a educação científica é sobretudo uma questão de contágio [Le Chatelier].» (...) «Outra circunstância que dificulta igualmente a organização do ensino prático profícuo resulta indirectamente do nosso culto mais ou menos inconsciente pelo verbalismo. Aceita-se tacitamente a ideia de que o ensino verbal constitui uma função mais elevada e mais difícil do que ensinar praticamente como se aplicam as teorias a casos concretos, quando é justamente o contrário, na maioria dos casos, o que corresponde à verdade. Este critério errado conduz à tendência nociva de abandonar inteiramente ao assistente o ensino prático, falsamente tido por mais simples, reservando o professor para si, mais ou menos exclusivamente, a exposição oral. A função do professor deveria dividir-se normalmente em duas partes de igual importância: a prelecção, em que expõe os traços gerais da ciência como um todo harmónico, (...) e os exercícios de aplicação dos métodos de investigação científica. É na segunda parte que o bom professor será geralmente insubstituível.»

*A. Bensaúde, in Notas Histórico-Pedagógicas  
sobre o Instituto Superior Técnico (1922).*

# Projecto e construção de um goniómetro de ângulos de contacto

MADALENA DIONÍSIO\*<sup>a)</sup>, JOAQUIM GARCIA<sup>b)</sup>,  
MARGARIDA MONTEIRO<sup>c)</sup>, PEDRO RODRIGUES<sup>c)</sup>,  
JOÃO SOTOMAYOR\*<sup>a)</sup>  
(EM MEMÓRIA DE JOAQUIM GARCIA)

Descreve-se a construção de um goniómetro de ângulos de contacto para interfaces líquido/sólido, podendo o aparelho ser igualmente utilizado para medir ângulos de contacto entre dois líquidos imiscíveis. Os resultados obtidos são comparados com os valores encontrados na literatura, e com medidas efectuadas num aparelho comercial. A reprodutibilidade dos valores obtidos é comparável à observada no aparelho comercial, com a vantagem do aparelho construído ser substancialmente mais económico.

## 1 - INTRODUÇÃO

O interesse do estudo de fenómenos de superfície como molhabilidade e adesão, tem sido alargado a diferentes áreas da Ciência, nomeadamente à Ciência de Materiais e Ciência de Superfícies, sendo de grande importância no que respeita a aplicações tecnológicas. Assim, a compreensão de fenómenos daquele tipo pode resultar em que propriedades como a aderência ou hidro-repêlência em tintas e tecidos<sup>1</sup>, a detergência em tensoactivos<sup>2</sup>, a compatibilidade em biomateriais<sup>3</sup>, e ainda as características topológicas de uma superfície sólida<sup>4</sup>, sejam modeladas e optimizadas.

A par da evolução da Ciência de Superfícies, surge o desenvolvimento de técnicas espectroscópicas, em paralelo com técnicas de ultra alto-vácuo, cada vez mais sofisticadas. Neste universo de tecnologia tão específica, a medida de ângulos de contacto surge com um método analítico relativamente simples, aliando o seu interesse na determinação de propriedades fundamentais, como a tensão superficial, à sua componente pedagógica.

Quando uma gota de líquido é depositada sobre uma superfície sólida, a forma que adopta resulta do

efeito simultâneo de três forças: a tensão superficial da interface sólido-vapor,  $\gamma_{SV}$ , a tensão superficial da interface líquido-vapor,  $\gamma_{LV}$ , e a tensão superficial da interface sólido-líquido,  $\gamma_{SL}$ , definindo-se, **ângulo de contacto**,  $\theta$ ,



Fig. 1 - Balanço de forças numa gota de líquido sobre a superfície de um sólido.

(ver Fig.1), como o ângulo entre a superfície sólida e a tangente à superfície da gota no ponto de contacto desta com o sólido (ângulo entre  $\gamma_{SL}$  e  $\gamma_{LV}$ ). Assim, quando um líquido é colocado sobre uma superfície sólida assumindo forma de gota, o seu ângulo de contacto com a superfície relaciona-se com aquelas tensões através da **equação de Young\*\***:

$$\gamma_{SV} - \gamma_{SL} = \gamma_{LV} \cos\theta \quad (1)$$

onde  $\theta$  pode variar entre 0 e 180°. O lado esquerdo desta equação é um parâmetro de adesão, que descreve a tendência de um líquido para se espalhar sobre a superfície do sólido, isto é, a **molhabilidade**. Um líquido molha completamente o sólido se  $\theta = 0^\circ$ , ou parcialmente se  $0^\circ < \theta < 90^\circ$



Fig. 2 - Líquidos com diferentes molhabilidades: a) o líquido molha parcialmente a superfície,  $0^\circ < \theta < 90^\circ$  b) o líquido não molha a superfície,  $\theta > 90^\circ$ .

(exemplo: benzeno sobre teflon,  $\theta = 46^\circ$  <sup>7</sup>, ver Figura 2a)). Líquidos cujos ângulos de contacto são superiores a  $90^\circ$  diz-se que não molham a superfície sólida (exemplo: mercúrio sobre teflon,  $\theta = 150^\circ$  <sup>7</sup>, ver figura 2b)).

Um ângulo de contacto de  $180^\circ$  corresponde a uma situação ideal em que o líquido não molha o sólido.

Dupré define **trabalho de adesão**,  $W_{SL}$ , para a interface sólido-líquido como o trabalho necessário para separar uma unidade de área da interface sólido-líquido em duas interfaces sólido-vapor e líquido-vapor, sendo dado por:

$$W_{SL} = \gamma_{SV} + \gamma_{LV} - \gamma_{SL} \quad (2)$$

A equação (2) é designada por **equação de Young – Dupré**. O trabalho de adesão, atendendo à equação (1), pode ser igualmente dado por<sup>\*\*\*</sup>:

$$W_{SL} = \gamma_{LV} (1 + \cos\theta) \quad (3)$$

Assim, conhecendo a tensão superficial do líquido e medindo o ângulo de contacto entre uma gota de líquido e a superfície sólida, é possível determinar o trabalho de adesão para a interface líquido-sólido e que será tanto maior quanto maior a molhabilidade, isto é, maior a afinidade do líquido para a superfície. Quando o líquido possui forças coesivas fortes, caso do mercúrio, tem pouca afinidade para a superfície (ex. vidro) e o trabalho de adesão ou, visto de outra forma, o trabalho para o separar do sólido, é menor.

Como foi referido, a técnica de determinação de ângulos de contacto não requer instrumentação muito complexa. A relativa facilidade de manuseamento, aliada à componente pedagógica deste tipo de medidas, torna a técnica de medidas de ângulo de contacto um apoio experimental ideal, nomeadamente para estudantes de licenciatura.

No presente artigo descreve-se um goniómetro de ângulos de contacto, construído por um de nós (J. Garcia), que conduz a resultados comparáveis aos de um goniómetro comercial (p.e, da firma Ramé-Hart), sendo consideravelmente mais económico.



## 2 - DESCRIÇÃO DO APARELHO

O goniómetro utilizado neste trabalho foi construído de raiz, sendo constituído pelos seguintes componentes: base, microscópio, retículos para medição de ângulos, plataforma para suporte do porta amostras e sistema de iluminação do porta amostras. A Figura 3 mostra o aparelho construído e identifica algumas das suas partes mais importantes.

### Base ou estativo

A base é uma peça em forma de T construída em perfil de alumínio, tendo nas suas extremidades parafusos que permitem proceder ao seu nivelamento.

### Microscópio

Sobre a base encontra-se solidamente aparafusada a parte do instrumento destinada a poder proporcionar a observação microscópica da gota. Este componente é constituído por elementos mecânicos e ópticos que passamos a descrever:

### Elementos mecânicos

Uma estrutura prismática truncada é encimada por um tubo desti-

nado a receber a ocular do microscópio (1 da Fig.3). Essa estrutura é composta por duas partes que deslizam entre si por meio de um dispositivo mecânico que permite o ajuste de focagem (2 da Fig.3) dos elementos ópticos. A parte superior da estrutura é oca, destinada a receber um espelho e a servir de suporte à objectiva do microscópio (3 da Fig.3).

### Elementos ópticos

A objectiva está montada horizontalmente, para que se possa observar o perfil da gota. À objectiva segue-se um espelho plano (espelha-gem à face), o qual permite desviar o trajecto do feixe óptico numa direcção tal, que a ocular se apresente para o observador numa posição confortável.

A escolha desta combinação de elementos ópticos teve em vista a possibilidade de observar a gota com a concavidade virada para cima, apresentando sómente uma inversão direita esquerda do bordo, sem qualquer inconveniente para a observação. É assim muito mais agradável e intuitivo visualizar uma imagem em posição direita e não invertida, como em alguns instrumentos comercializados.

Optou-se por elementos ópticos

com as seguintes características: uma objectiva de 40mm (4X) e f:0.1, e uma ocular de 20mm (12.5X), o que perfaz um valor de ampliação do microscópio de 50 aumentos (50X), permitindo uma distância de trabalho de 37mm.

A objectiva é um simples doublet acromático. A ocular é uma kellner com uma lente de olho acromática e uma lente de campo simples. A ocular foi mecanicamente modificada a fim de poder comportar no seu plano focal um dos retículos (retículo em cruz), que tem movimento rotativo para poder proporcionar a leitura dos ângulos (4 da Fig.3).

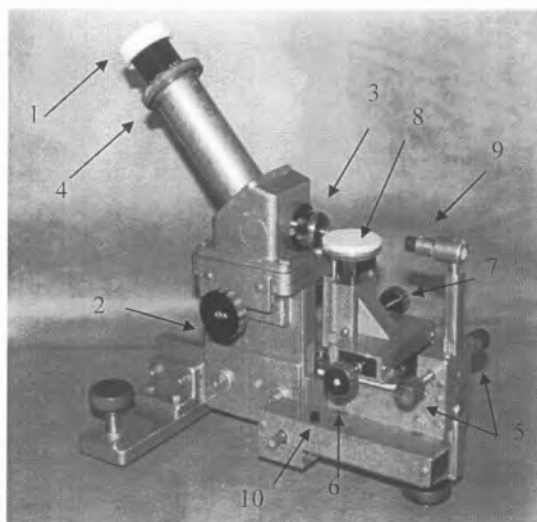
O segundo retículo, graduado de 0 a 360°, é fixo. Encontra-se montado no interior do tubo do microscópio e justaposto ao primeiro retículo à distância de 0.05mm, de modo a obter-se focagem para o conjunto.

### Plataforma para suporte do porta-amostras

Três estruturas paralelepípedicas sobrepõem-se ortogonalmente e estão entre si justapostas por meio de calhas que lhes permitem movimentos longitudinal, transversal e vertical em relação à base do instrumento.

A primeira das estruturas a contar da base está sólidamente aparafusada nesta, e tem no seu interior um dispositivo para deslocamento longitudinal de todo o conjunto (5 da Fig.3). Trata-se de um sistema mecânico constituído por um parafuso de passo fino (2 espiras/mm), accionado por uma roda dentada e senfim, proporcionando um factor de desmultiplicação de 10X. Desta forma dispõe-se de um movimento micrométrico de movimentação lenta, que permite focagens de grande precisão.

Justaposta a esta primeira estrutura e solidária com ela, encontra-se uma segunda que apresenta um dispositivo de deslocamento segundo um eixo transversal. Este movimento é obtido por rotação de um parafuso, que não apresenta desmultiplicação a fim de se conseguir um movimento rápido (6 da Fig.3).



### LEGENDA:

- 1- Ocular
- 2- Focagem
- 3- Objectiva
- 4- Anel de ajuste do retículo em cruz
- 5- Focagem fina ou deslocamento longitudinal
- 6- Deslocamento transversal
- 7- Deslocamento vertical
- 8- Porta amostras
- 9- Sistema de iluminação
- 10- Interruptor do LED

Fig. 3 - Configuração geral do goniómetro.

Uma terceira estrutura solidária com as anteriores, é montada de forma a proporcionar movimento segundo um eixo vertical (7 da Fig.3). Na parte superior encontra-se uma plataforma circular de 25 mm de diâmetro, destinada a receber o porta amostras (8 da Fig.3). Foram construídos vários porta amostras em 4 materiais diferentes: *teflon* – politetrafluoroetileno (PTFE), poli (cloreto de vinilo) (PVC), aço inox e vidro. Desta forma é possível medir ângulos de contacto sobre diferentes substratos sólidos.

#### Sistema de iluminação

É constituído por uma estrutura tubular ortogonal através da qual passam os fios eléctricos destinados a fornecer corrente a um LED de alta intensidade luminosa (9 da Fig.3). Este sistema possibilita a movimentação do LED quer na direcção vertical quer em rotação, permitindo regular adequadamente a iluminação da gota. A fonte de alimentação é proporcionada por duas pilhas alcalinas de 1.5 Volt.

O circuito de alimentação consta de: um LED de alta intensidade, duas resistências eléctricas montadas em série (uma fixa de 25 Ohm e outra variável de 0 a 350 Ohm para a regulação da intensidade luminosa) e um interruptor de passagem de corrente (10 na Fig.3). Todo este conjunto foi colocado numa pequena caixa metálica instalada ao longo da base do instrumento.

### 3 – TÉCNICA EXPERIMENTAL

Posiciona-se o porta amostras na plataforma circular e nivela-se o aparelho com o auxílio de um nível de bolha de ar, actuando nos parafusos das extremidades da base. Coloca-se uma gota do líquido a estudar no centro do substrato sólido com uma micropipeta e liga-se o sistema de iluminação. Através dos parafusos dos movimentos longitudinal e vertical, foca-se e posiciona-se a gota, tal que o plano focal (perpendicular ao

plano do substrato sólido) passe pelo centro da gota. Com o parafuso do movimento transversal faz-se coincidir a imagem de uma das extremidades, direita ou esquerda, da gota com o centro dos dois retículos. Roda-se o retículo em cruz de modo a que um dos traços seja tangente à imagem da superfície da gota no ponto de contacto desta com o substrato sólido. Em seguida lê-se o ângulo formado entre a superfície do substrato sólido e a tangente, no retículo angular, no sentido do interior da gota para o seu exterior. Todas as medições são feitas, alternadamente, na extremidade direita e esquerda da gota, três vezes para cada par líquido/substrato.

### 4 – SISTEMAS ESTUDADOS

Já se referiu anteriormente o interesse das medidas de ângulos de contacto na avaliação da molhabilidade de um líquido relativamente a um substrato.

O goniómetro aqui descrito foi manuseado por diversos estudantes, na determinação do ângulo de contacto de alguns líquidos em diferentes substratos. Na tabela I mostram-se os ângulos de contacto para diferentes líquidos sobre *teflon*, lidos neste goniómetro e num goniómetro comercial (*NRL contact angle goniometer*, catalog nº 100-00) da Ramé-Hart.

Apresentam-se igualmente os valores da literatura, para comparação; no entanto, as medidas efectuadas em ambos os goniómetros não foram feitas em ambiente saturado, ao contrário dos valores da literatura.

Como se pode observar na tabela anterior, os valores obtidos e a reprodutibilidade dos resultados do goniómetro descrito, são comparáveis aos lidos no aparelho comercial. Foram ainda lidos os ângulos de contacto dos líquidos que figuram na Tabela I em substratos sólidos diferentes, nomeadamente poli (cloreto de vinilo) (PVC), aço inox, vidro e poli(tereftalato de etileno) (PET). De igual forma foram observados valores e reprodutibilidades comparáveis nos dois aparelhos.

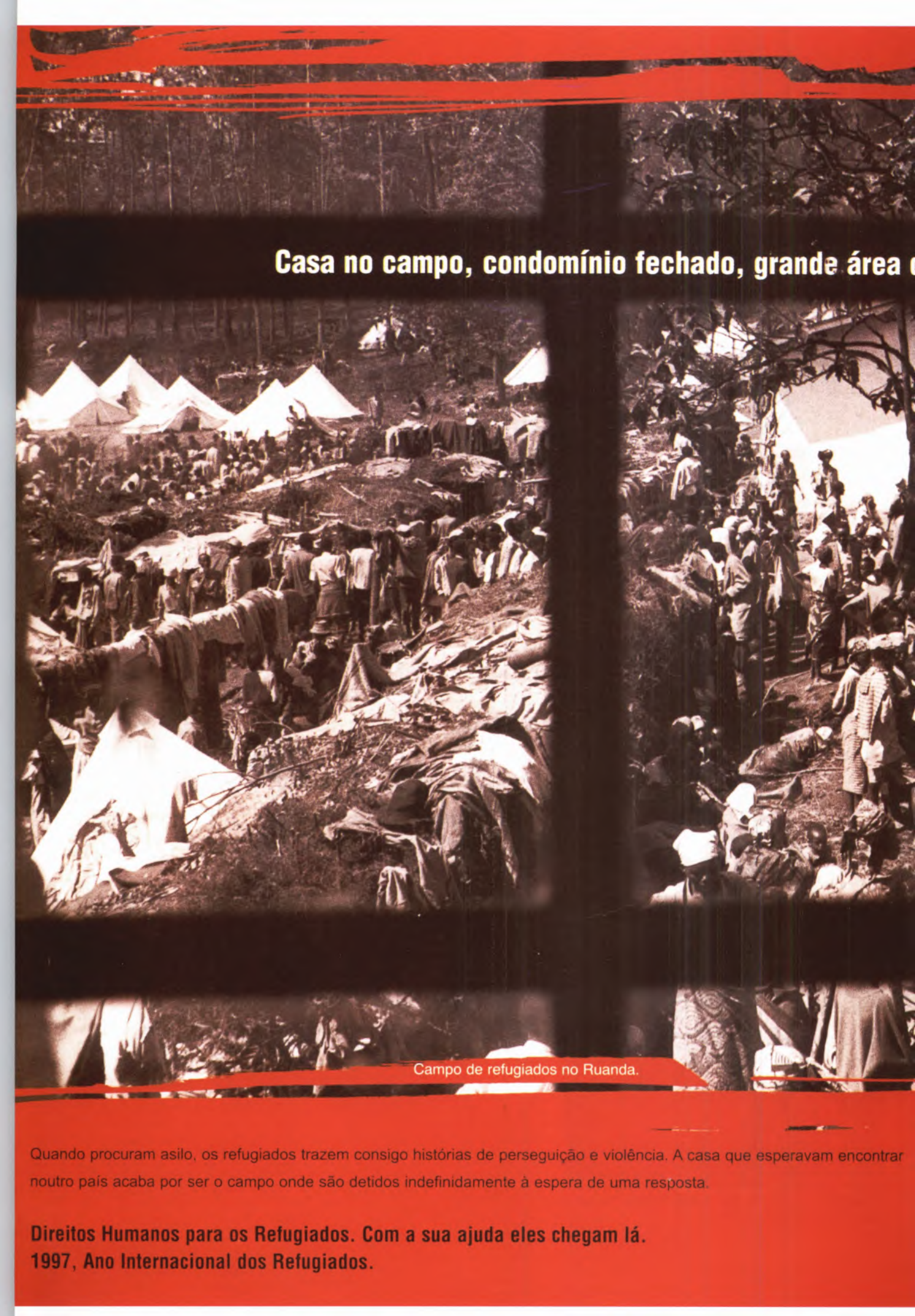
### CONCLUSÕES

Mostra-se neste trabalho que é possível a construção de um goniómetro de ângulos de contacto, que conduz a resultados comparáveis aos de um aparelho comercial, mas de custo significativamente inferior. Além disso, este modelo apresenta melhoramentos face ao aparelho comercial, resultando num modelo compacto (18 cm x 23cm x 28 cm, cerca de metade das dimensões do aparelho comercial) e facilmente transportável, pesando menos de 2 kg sem o estojo de transporte, o

**Tabela I** – Comparação dos valores de ângulos de contacto sobre *teflon*, medidos no goniómetro aqui descrito, com os determinados no goniómetro comercial da Ramé-Hart e comparados com os valores da literatura

Líquido	Ângulo de contacto no goniómetro descrito	Ângulo de contacto no goniómetro Ramé-Hart	Valores da Literatura
Água destilada	107±3	100±5	98 <sup>8</sup> , 108 <sup>7,17</sup> , 112 <sup>9</sup> , 118 <sup>10</sup>
Di-iodometano	77±2	77±3	85 <sup>11</sup> , 88 <sup>12</sup>
n-octano	20±2	21±5	26 <sup>8</sup> , 30 <sup>13</sup>
n-decano	35±1	39±7	32 <sup>13</sup> , 35 <sup>14</sup> , 40 <sup>15</sup>
1-propanol	33±1	35±5	43 <sup>16</sup>
Glicerol	100±3	104±1	101 <sup>10</sup>





**Casa no campo, condomínio fechado, grande área**

Campo de refugiados no Ruanda.

Quando procuram asilo, os refugiados trazem consigo histórias de perseguição e violência. A casa que esperavam encontrar noutro país acaba por ser o campo onde são detidos indefinidamente à espera de uma resposta.

**Direitos Humanos para os Refugiados. Com a sua ajuda eles chegam lá.**  
**1997, Ano Internacional dos Refugiados.**



que, aliado ao facto de possuir fonte de iluminação própria e não depender da rede eléctrica, o torna muito mais prático do ponto de vista de utilização. Mais ainda, a imagem da gota é observada com a concavidade virada para cima e apresentando uma ampliação de 50X, o que facilita a medição do ângulo de contacto relativamente ao aparelho comercial, que apresenta uma imagem invertida e uma ampliação de apenas 23X.

Optou-se na construção, pela escolha de uma objectiva fixa, tal como no goniómetro comercial, ou seja, ausência de um sistema rotativo de objectivas (à semelhança do que acontece num microscópio clássico) para escolha da melhor ampliação da gota, o que simplificou a construção deste aparelho. Desta forma, a ampliação conseguida não é variável, o que representa uma limitação deste tipo de instrumentos.

Encontra-se neste momento em estudo a construção da câmara de saturação de vapor para o porta amostras, de modo a que os ângulos de contacto sejam medidos em condições de equilíbrio entre o líquido e o seu vapor. Para tal, uma caixa cúbica em acrílico (40 mm de aresta) envolverá a plataforma de suporte do porta amostras, estando solidária com esta. A face superior do cubo funcionará como porta de acesso ao substrato sólido. Há ainda a hipótese de se adicionar à caixa uma resistência eléctrica ou simplesmente uma lâmpada, uma ventoinha eléctrica ou um sistema manual de agitação e um termopar ligado à resistência, de modo que seja possível variar a temperatura dentro da câmara de saturação de uma forma controlada.

Com os valores dos ângulos de contacto dos líquidos estudados sobre diversos substratos sólidos e as tensões superficiais dos líquidos puros, é possível através da equação de Young-Dupré (equação (3)) calcular os respectivos trabalhos de adesão líquido-sólido. Mais ainda, assumindo este trabalho como o dobro da média geométrica das tensões superficiais da interface sólido-vapor,

$\gamma_{SV}$ , e da interface líquido-vapor,  $\gamma_{LV}$ <sup>18</sup>, pode prever-se através da equação de Young e da equação (2) o valor de  $\gamma_{SV}$ <sup>19</sup>.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Prof. Manuel Maneira (Dep. Física da FCT-UNL) a cedência do goniómetro de ângulos de contacto da Ramé-Hart, e as proveitosas discussões, conselhos e esclarecimentos prestados pela Prof.<sup>a</sup> Benilde Saramago (CQE-UTL), Eng.<sup>a</sup> Natália Correia (CQFM – UTL), Prof.<sup>a</sup> Anabela Fernandes (CQE-UTL) e pelo Prof. Joaquim Moura Ramos (CQFM-UTL).

- a) Departamento de Química, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa  
b) Planetário Calouste Gulbenkian  
c) Estudante da licenciatura de Química Aplicada na FCT-UNL

## REFERÊNCIAS

1. S. Baxter, A.B.D. Cassie, *J. Text. Inst.*, **36**, T67 (1945); A.B.D. Cassie, S. Baxter, *Trans. Faraday Soc.*, **40**, 546 (1944).
2. A. G. Gaonkar, R. D. Neuman, *J. Colloid Interface Sci.*, **98** (1), 112 (1984); "Solution Behavior of Surfactants", vol.1, K.L. Mittal e E.S. Fendler ed.s, Plenum Press, 1982.
3. A.P. Serro, A.C. Fernandes, B. Saramago, J. Lima, M. A. Barbosa, *Biomaterials*, **18**, 963 (1997); A.P. Serro, A.C. Fernandes, B. Saramago, *Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects*, **125**, 209, (1997).
4. M. E. Schrader, *J. Colloid Interface Sci.*, **100**(2), 372 (1984).
5. Arthur W. Adamson, "Physical Chemistry of Surfaces", 5<sup>th</sup> ed., Wiley & Sons, New York, 1990, cap. X e referências nele contidas.
6. J. J. Moura Ramos, *Langmuir*, **13**(24), 6607 (1997).
7. W. A. Zisman, *Adv. Chem. Ser.*, **43**, (1964).
8. P.Hu, A. W. Adamson, *J. Colloid Interface Sci.*, **59**, 605 (1977).
9. J. R. Dann, *J. Colloid Interface Sci.*, **32**, 302 (1970).
10. C. J. Van Oss, R. J. Good, M. K. Chaudhury, *Langmuir*, **4**, 884 (1988).
11. A. El-Shimi, E.D. Goddard, *J. Colloid Interface Sci.*, **48**, 242 (1974).
12. F. M. Fowkes, D.C. McCarthy, M. A. Mostafa, *J. Colloid Interface Sci.*, **78**, 200 (1980).
13. C. L. Sutula, R. Hautala, R.A. Dalla Betta, L. A. Michel, Abstracts 153<sup>rd</sup> Meeting, American Chemical Society, April 1967.
14. H. W. Fox, W. A. Zisman, *J. Colloid Interface Sci.*, **5**, 514 (1950).
15. A. W. Adamson, *J. Colloid Interface Sci.*, **44**, 273 (1973).
16. J. B. Jones, A. W. Adamson, *J. Phys. Chem.*, **72**, 646 (1968).
17. M. Yekta-Fard, A. B. Ponter, *J. Colloid Interface Sci.*, **126** (1), 134, (1988).
18. N. T. Correia, J. J. Moura Ramos, Benilde J. V. Saramago, Jorge C. G. Calado, *J. Colloid Interface Sci.*, **189**, 361 (1997).
19. M. Dionísio, J. Sotomayor, artigo em preparação.

\* Autor a quem deve ser endereçada a correspondência

\*\* A equação de Young descreve uma situação de equilíbrio para um sistema onde o sólido está em equilíbrio com o vapor do líquido. Este equilíbrio com o vapor é um requisito fundamental para que as medidas de ângulos de contacto sejam correctas e reprodutíveis e tenham significado termodinâmico<sup>5,6</sup>.

\*\*\* Em rigor, o trabalho de adesão nas equações (2) e (3) deveria ser escrito como  $W_{S(V)L}$ <sup>6</sup>. A diferença reside na definição da tensão superficial do sólido. Assim,  $W_{SL}$  refere-se a  $\gamma_S$ , isto é, a tensão superficial do sólido no vácuo, e que difere de  $\gamma_{SV}$  de uma quantidade  $\pi_s$ , a pressão de espalhamento. É frequente encontrar-se na literatura apenas  $W_{SL}$ , mesmo quando se trata de  $W_{S(V)L}$ , daí termos adoptado essa notação.



berta, segurança 24 horas por dia, pronta a habitar.



CONCORDANDO COM A ACÇÃO DA AMNISTIA INTERNACIONAL, É MEU DESEJO:

Contribuir financeiramente, ou de outros modos (como simpatizante) NOME \_\_\_\_\_ IDADE \_\_\_\_\_  
 Ser membro da Amnistia Internacional MORADA \_\_\_\_\_  
 Vir a integrar um dos seus grupos locais C.P. \_\_\_\_\_ TEL. \_\_\_\_\_  
 PROFISSÃO \_\_\_\_\_ Junto envio cheque no valor de: \_\_\_\_\_  
 DONATIVO  QUOTA ANUAL  \$ BANCO \_\_\_\_\_

**Amnistia Internacional**  
secção portuguesa

Rua Fialho de Almeida, 13, 1º - 1070 Lisboa  
Tel: 386 16 52 - Fax: 386 17 82



## O que é Ciência, João Caraça

CIÊNCIA, Difusão Cultural, (Coleção "O que é"), 111 páginas

João Caraça, director do Serviço de Ciência da Fundação Calouste Gulbenkian, aceitou o desafio da Difusão Cultural de escrever 100 páginas, pouco mais ou menos, sobre o tema «Ciência». Tarefa difícil que o autor enfrentou com a mestria que lhe é peculiar. O nome dado ao primeiro capítulo - "A Aventura do Conhecimento Humano" - espelha, estamos em crer, a própria aventura vivida pelo autor durante a escrita deste livro, invulgarmente rico do ponto de vista cultural. Ciência é Cultura, quando analisada e reflectida nos moldes que João Caraça nos propõe; ninguém pode ficar insensível.

Logo no prefácio, o leitor é interrogado sobre a eficácia do conteúdo de cada capítulo. É a minha vez de não me escusar ao desafio. Venham, pois, as questões, em sua ordem, que a todas tentarei responder:

**João Caraça** - *Será que (o leitor) ficará satisfeito com a explanação do primeiro capítulo, que elege a Ciência como um elemento indispensável do diálogo interminável dos homens com o seu mundo?*

**Leitor** - Dentro do "universo instável em que vivemos", é de admitir, como muito bem o faz, diversos modos de pensar, de viver, de agir. O homem sempre interrogou a natureza - e o resumo histórico que nos apresenta, factual e filosófico a um tempo - demonstra cabalmente a presença constante da Ciência como um meio privilegiado de construção duma visão mais clarificada desse mesmo universo.

**J. C.** - *Será que (o leitor) entenderá a Ciência como uma nova «tematização» da Natureza a partir do século XVII, como surge explicitamente no texto do segundo capítulo? Ou, ficar-lhe-á claro, como igualmente no segundo capítulo se propõe, que a Ciência é sobretudo um dispositivo cognitivo, retórico e comunitário de produção de estratégias de sobrevivência na relação com o meio exterior?*

**L.** - Em "Ciência e Técnica", João Caraça distingue e interliga, inovadoramente (mas com influência aristotélica?) a acção - actividade material, espaço-comportamento - e a comunicação - actividade imaterial, persistência-coesão. Combinadas, revelam quatro

domínios no campo cognitivo. Assim, a Técnica, por exemplo, é um conhecimento tácito de combinação dos factores persistência e espaço. E, de novo, a história do conhecimento, dos saberes: "o milagre grego", o surgimento das disciplinas, a emergência da Ciência moderna. Sim, a nova visão do mundo, de Newton, de da Vinci, e, mais tarde, de Comte, de Darwin, até aos primórdios do século XX, renascem vivificadas pelo «fazer com saber» do autor.

**J. C.** - *E, numa outra linha de raciocínio, não seria melhor para compreender o que é Ciência considerá-la simplesmente como o conjunto dos conhecimentos validados respeitantes às disciplinas cujo objecto radica na interacção com o mundo «natural» (terceiro capítulo)?*

**L.** - No terceiro capítulo - As Disciplinas Científicas - dá-nos a conhecer os grandes objectivos das várias "linguagens" de descrição da natureza: da Matemática, da Física, da Química, da Biologia... É um facto que a Ciência é constituída pelo conjunto dos conhecimentos acumulados - e validados - pelas diferentes disciplinas, suas especializações e interdisciplinaridades. Muitas páginas se têm escrito sobre esta temática (restritiva) da Ciência. Outro facto, porém, é que João Caraça não se limitou a esta perspectiva. Conhecer Ciência não pode ser simplesmente uma descrição cronológica de acontecimentos científicos.

**J. C.** - *Ou antes (não seria melhor para compreender o que é Ciência considerá-la) como o conhecimento que circula na comunidade científica no decurso da sua actividade profissional (capítulo quarto)?*

**L.** - Iguamente importante para compreender Ciência é saber como circula o conhecimento científico entre pares. Em "A Cultura da Ciência", foi dada palavra aos instrumentos científicos (objectos, máquinas de precisão elevada), à comunicação em Ciência (as revistas, os congressos); por fim, às instituições científicas (o laboratório, a universidade). O manancial de conhecimento que circula na rede da comunidade científica poderia, por si só, constituir "a" Ciência; mas, a estrita comunicação entre cientistas, eliminando a sociedade em geral, na tentativa de simplificar a sua compreensão, disminu-



ía-a. A divulgação, como a «Ciência» de João Caraça, é disso prova.

**J. C.** - *Ou ainda (não seria melhor para compreender o que é Ciência considerá-la) como a «mola» do progresso material da sociedade moderna (capítulo quinto)?*

**L.** - Tenho sempre muito cuidado em distinguir "progresso" e "civilização". O primeiro termo significa "marcha ou movimento para diante", enquanto que o segundo tem a força do "desenvolvimento que se dá por cuidados assíduos às faculdades naturais". Após ter lido "O Progresso Científico", não me restou qualquer dúvida que a Ciência de João Caraça faz parte do "progresso que se dá por cuidados assíduos às faculdades naturais". Senão, como entender frases como: *a fé no futuro de uma sociedade aparece [...] pela importância dos melhoramentos técnicos realizados? Ou o progresso científico é [...] a geração de capacidade para formular respostas às questões centrais que dizem respeito à sobrevivência das sociedades no decorrer da sua evolução no universo?*

No sexto e último capítulo, "A Ciência e os seus Limites", a linguagem, a comunicação, surge como peça fundamental no entender (e dar a entender) científico do mundo que habitamos; e, como seria obrigatório, o financiamento da investigação não *miope*.

O que o futuro reserva? Comungando do optimismo de João Caraça - ele diz: *devemos ter confiança*; eu digo: é lícito ter esperança - é evidente que a valorização da Ciência, em boa articulação com os outros saberes, permite-nos escolhas justas e respeitadas para o Homem e para o Universo.

Sabe bem, ler a «Ciência».

Raquel Gonçalves  
FCUL



**A. HANNA**



**A1. Medidor Portátil para Análise da Água: Mede Turvação, pH, Cloro, Bromo, Ferro, Iodo e Ácido Cianúrico**

Na vasta gama de produtos Hanna Instruments, encontra-se este medidor portátil para análise da água, especialmente vocacionado para águas de abastecimento público, capaz de medir os parâmetros mais importantes de uma forma rápida e eficaz.

Efectuar medições no terreno - Turvação, pH, Cloro Livre e Total, Bromo, Iodo, Ferro e Ácido Cianúrico - com resultados equivalentes aos obtidos no laboratório e em poucos segundos, com o C102 passou a ser uma tarefa simples.

Para efectuar medições de turvação, o operador pode seleccionar o factor de calibração pré-programado calibrando assim o instrumento com as amostras e medindo a sua concentração ou absorvância relativa.

A memória do C102 permite armazenar até 25 valores de amostras medidas, juntamente com a hora e a data. A presença do "relógio" interno permite recuperar em qualquer momento os dados da última

calibração, em conformidade com as normas GLP, garantindo o bom desempenho do instrumento e confiança nos resultados.

A alta tecnologia presente no C102 tornou possível a realização de um instrumento verdadeiramente portátil, com uma relação preço/qualidade insuperável e altamente competitiva.



**A2. HI 964400 Medidor de Oxigénio Dissolvido de Bancada**

Actualmente, efectuar medições com alto grau de precisão e registar dados, são duas exigências fundamentais nos laboratórios. A resposta a estas exigências é o novo instrumento da Hanna, o HI 964400: um medidor de oxigénio dissolvido, de bancada, com microprocessador, registo de dados e interface RS232C. Com o HI 964400 as medições são directas, em ppm ou em %, o mostrador é largo (o que facilita a leitura), a calibração é automática para o oxigénio dissolvido e a temperatura (demorando apenas alguns segundos) e o instrumento reconhece automaticamente o valor de calibração.

O HI 964400 tem capacidade para registar até 8000 amostras divididas em 99 lotes e ainda a possibili-

dade de transferir dados para um computador através do interface RS232C.

Este instrumento está em conformidade com as directivas CE, o que garante maior segurança para o utilizador e maior precisão nas leituras efectuadas. O

HI 964400 é sem dúvida uma boa escolha para qualquer laboratório que necessite de controlar oxigénio dissolvido.



**A3. C100 O instrumento ideal para laboratório**

O C100 da Hanna Instruments, é um dos instrumentos mais versáteis no mercado, medindo até 36 dos parâmetros mais importantes para determinação da qualidade da água. Como outros instrumentos desta série, o C100 funciona durante horas com uma pilha comum de 9V. Para além disto pode funcionar continuamente com voltagem de 12-20 VDC. Este instrumento é fácil de utilizar: no painel frontal estão indicados todos os parâmetros por ordem numérica e o mostrador indica essa numeração como referência durante o teste, o que facilita o processo. Considerando que o C100 mede várias dezenas de parâmetros e que pode ser calibrado em poucos segundos, o seu preço é bastante acessível.



**A4. HI 955201/02 Termómetro de alta Resolução com Impressora e gama de -200 a +850 °C**

A Hanna Instruments desenvolveu o HI 955201, termómetro com um canal ou o HI 955202 com dois canais, para satisfazer a necessidade crescente de efectuar medições de temperatura e imprimir dados nas gamas mais altas sem comprometer a resolução. Estes termómetros possuem uma resolução de 0.1 °C na gama de 200.0 a 850.0 °C, e ainda impressora incorporada para imprimir os dados instantaneamente ou em intervalos de tempo. Isto significa que o instrumento pode imprimir as leituras sem necessidade de supervisão por parte do utilizador.

**A5. pHel A vantagem de um medidor de bolso com um eléctrodo profissional**

A maior parte dos problemas dos medidores de bolso são causados pelo facto dos eléctrodos serem pequenos e limitados em termos de desempenho. Por este motivo a Hanna Instruments introduziu no mercado o pHel!

Trata-se de um medidor de bolso com um eléctrodo profissional de dupla junção, o qual permite efectuar medições precisas com leituras estáveis, facilmente visualizadas no mostrador.

De salientar o modelo pHell com corpo em vidro, resistente a temperaturas até 80°C e pressão até 3 bar. Disponível também o modelo com corpo plástico (pHel), resistente a temperaturas até 70°C e pressão até 1.5 bar.



### A6. HI 931002 Simulador, amperómetro e Calibrador versátil de 4-20mA, em um instrumento

O HI 931002 da Hanna Instruments é um simulador portátil com capacidade para controlar e ajustar 4-20 mA em qualquer medidor de processo com ou sem gerador de voltagem.

O HI 931002 pode medir a corrente que entra, fornecer alimentação e simular uma saída de 4-20mA para calibrar o seu instrumento de processo. O mostrador largo visualiza com clareza as leituras. O utilizador pode seleccionar entre a função de medição e a função de execução através do botão

situado no painel frontal, e através de dois discos pode ajustar a corrente.

## B. LABORTEQUE



### B1. Novo sistema para estudos Electroquímicos, RADIOMETER

A Radiometer Analytical acrescentou a sua gama Voltalab com o novo sistema Voltalab 31. Concebido para análise Electroquímica, combina a capacidade de um potenciostato 100 V / 1 A com a flexibilidade do software em ambiente Windows'.

As técnicas disponíveis incluem Pausa, Potencial de circuito aberto, Cronoamperometria, Cronopotenciometria, Voltametrias, Técnicas de Impulsos, F.A.S.T. e Técnicas de Espectroscopia de Impedância Electroquímica. Para total flexibilidade estas técnicas podem ser acopladas em blocos, formando unidades de repetição.

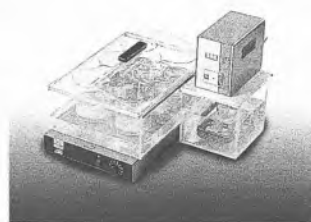
O sistema permite ainda a compensação da queda Óhmica por feed-back positivo, com determinação automática ou manual.



### B2. Novas Centrífugas Centurion

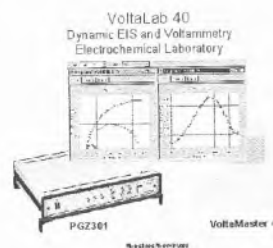
A Centurion Scientific, intro-

duziu nas suas centrífugas a nova tecnologia dos motores de indução, caracterizados por necessitarem de reduzida assistência. Deste modo, é possível reduzir custos de manutenção, mantendo uma elevada qualidade. A gama é agora composta por centrífugas desde 6 000 a 14 000 rpm, com rotores angulares e basculantes com capacidade para tubos desde 0,4 ml a 100 ml. Estão também disponíveis modelos com refrigeração desde -4 a 40° C



### B3. Sistema para digestões enzimáticas, Velp Scientifica

O sistema é composto por agitador magnético Multistirrer, tanque para água em acrílico transparente e termostato de precisão. Permite a digestão simultânea de 6 frascos de 400 ml, sendo a velocidade de agitação regulável de 50 a 850 rpm. A temperatura pode ser controlada desde a ambiente até 60° C.



### B4. A Radiometer apresenta o novo sistema Voltalab 40. ...a imaginação é o limite...

Sistema integrado, que permi-

te, sem necessidades de abertura do circuito ou mudança de software, a combinação das técnicas de Impedância Electroquímica com as de Voltametria, tornando-se um equipamento fundamental para estudos de corrosão, cinéticos, estados transientes, superfícies, etc.

Oferece a possibilidade de realizar experiências em Impedância desde 100 kHz a 1 mHz, em conjunto com as técnicas DC convencionais, permitindo varrimentos até 10 V/s, com uma resolução temporal de 1 ms. Um input A/D sincronizado com a aquisição de corrente e potencial, permite correlacionar valores externos com os dados electroquímicos (p. ex., fotoelectroquímica). O software multifunções, em ambiente Windows' foi concebido de forma a facilitar a sua utilização e inclui técnicas fundamentais, tais como Pausa, OCP, Cronopotenciometria e Cronoamperometria, Voltametria linear e Cíclica e Espectroscopia de Impedância Potenciostatica. Nas técnicas avançadas tem-se, Resistência de Polarização, Corrosão Galvânica e Voltametria Estacionária.

É ainda de referir, como inovação, que este é o primeiro sistema a permitir a compensação da Queda Ohmica através da Impedância Electroquímica.

## C. SOQUÍMICA

### C1. HEWLETT-PACKARD Detector de fluorescência da Série HP1100

- Excelente sensibilidade para os mais baixos limites de detecção
- Multi-sinal para melhor selectividade
- Espectros on-line e livraria de espectros para pes-

quisa e confirmação de picos

- Ferramentas para cumprimento dos requisitos GLP (p. ex. calibração do comprimento de onda).
- Controlo via Chemstation ou Módulo de Controlo HP

### C2. Novo kit para análise de aminoácidos para HPLC 1100 da HP

Inclui: Coluna, pré-coluna, padrões, reagentes e software

### C3. Novo software para Chemstation HP

Software operativo comum às técnicas de GC, LC, LC/MS, CE, UV-Vis e A/D que inclui:

- Controlo de todos os parâmetros do equipamento
- Aquisição e tratamento de dados
- Ferramentas para cumprimento dos requisitos GLP

### C4. ZORBAX Colunas para HPLC da "HP"

- Colunas Zorbax de fase reversa "stable bond"
- Excelente "peak-shape", alta resolução e alta reproducibilidade
- Colunas Zorbax de fase normal
- Colunas Zorbax *eclipse* XDB (*extra densely bonded*)
- Colunas Zorbax Chiral
- Colunas Zorbax SEC/GPC
- Colunas Zorbax Troca Iónica
- Colunas Zorbax "size-exclusion"
- Colunas Zorbax Oligo HPLC

PARA INFORMAÇÕES MAIS DETALHADAS SOBRE OS NOVOS PRODUTOS RECORTE AS FICHAS QUE LHE INTERESSAREM E ENVIE DENTRO DE UM SOBRESCRITO PARA A MORADA RESPECTIVA

#### HANNA INSTRUMENTS

Árvore Industrial, lote 10, Lugar de Varziela, 4480 VILA DO CONDE  
Tels. (02) 637184 – Fax (02) 637185

Pretendo informações sobre o(s) produto(s):

- A.1
- A.2
- A.3
- A.4
- A.5
- A.6

#### LABORTEQUE

Comércio de Equipamentos Laboratoriais, Lda.  
Rua das Chagas 20 1º E, 1200 Lisboa  
Tel: 01 3421758, Fax: 01 3423185  
E-mail: laborteque@mail.telepac.pt

Pretendo informações sobre o(s) produto(s):

- B.1
- B.2
- B.3
- B.4

#### SOQUÍMICA

Soc. de Representações de Química, Lda.  
Rua Coronel Santos Pedroso, 15 - 1500 LISBOA  
Tel. (01) 716 51 60 – Fax (01) 7716 51 69

Pretendo informações sobre o(s) produto(s):

- C.1
- C.2
- C.3
- C.4
- C.5



Nome \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_Morada \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Telefone \_\_\_\_\_

Fax \_\_\_\_\_

Nome \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_Morada \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Telefone \_\_\_\_\_

Fax \_\_\_\_\_

Nome \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_Morada \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Telefone \_\_\_\_\_

Fax \_\_\_\_\_

**C5. Sistema modular HPLC 1100 da "H.P."**

• **Flexibilidade:**  
Possibilidade de configurar o equipamento de acordo com a análise em causa. Grande variedade de escolha entre bombas, amostrador automático e detectores.

• **Produtividade:**  
Controlo e armazenamento de métodos via módulo de controlo ou via HP Chemstation, reduz tempo e documentação e elimina erros. Tutorial "on-line" acelera a familiarização. Manutenção em CD-ROM ajuda na substituição de peças. Requisitos de validação facilitam e tornam mais rápidos os sistemas de validação.

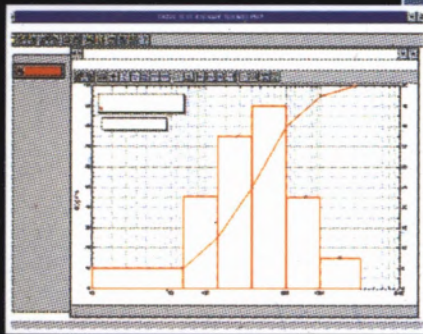
• **Compatibilidade "ano 2000":**  
Usando o software chemstation tem assegurada a rastreabilidade e compatibilidade.

• **Performance:**  
Permite detectar impurezas até 0,1%, tanto com o DAD como com o UV-Vis. Precisão dos tempos de retenção excelente.

• **Regulamentos:**  
O programa de validação HP 1100 em 5 passos cobre todos os requisitos para qualificação de: design, instalação e operação, e tem ferramentas para a qualificação das performances, validação dos métodos, validação de dados e para a rastreabilidade e segurança dos dados do sistema.

# REPRODUTIBILIDADE EXACTA

O agitador de peneiros  
**RETSCH mod. AS 200:**  
três modelos à medida do  
seu orçamento & aplicação



## CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS:

- sistema de fixação, rápido
- baixo ruído, sem manutenção
- compatível com procedimentos de acordo com ISO 9000

**Retsch**<sup>®</sup>  
Internet: <http://www.retsch.de>

EN Equipamentos • Labnorma  
Tel.: +351 (0) 29 48 69 05  
Fax: +351 (0) 14 44 81 00



# Soft Ciências

SPF - Departamento de Física da Universidade de Coimbra  
 3000 COIMBRA PORTUGAL  
 Telef: 039 - 410600 (ext. 524) Fax: 039 - 29158  
 email: softci@feor5.fis.uc.pt  
 Internet: http://www.fis.uc.pt/~spf/soft\_c/soft\_c.html

### Ação Comum das:

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

## PROGRAMAS DE COMPUTADOR PARA O ENSINO DAS CIÊNCIAS

### Omniciência 97

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

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

Apoio do Ministério da Ciência e Tecnologia

### CD-ROM Omniciência '97

- Inclui todos os programas da Ação Comum **Softciências**, o programa Tabela Periódica Multimédia, páginas READCiências e Nonius da Internet e base de dados sobre software para o ensino da Física.

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

#### 6. FQ-FOLHA DE CÁLCULO

Programas em "Excel"

#### 8. FRACTAIS

Um mundo de imagens matemáticas

#### 9. MILLIKAN

Meça a carga do electrão

#### 11. TABELA PERIÓDICA

Tudo sobre os elementos

#### 13. JOGO DAS COISAS

Jogos de fazer pensar (multidisciplinar)

#### 14. EUROCHEM

Elementos químicos na Europa

#### 15. ZERO 2.0

Concepção e correção de testes (multidisciplinar)

#### 16. TESTA FQ / 8-9

800 perguntas de Físico-Químicas (8º e 9º anos) para testes.

#### 17. ÂNGULOS

Trigonometria no computador

#### 18. RLC

Circuitos de corrente alternada

#### NOVIDADE:

#### 19. TESTA FQ 10 / 11

600 perguntas de Físico-Químicas (10º e 11º anos)

#### 20. TESTA Q 12

450 perguntas de Químicas (12º ano)

OS MANUAIS DESTES PROGRAMAS INCLUEM TESTES QUE PODEM SER POLICOPIADOS.

Para solicitar o CD-ROM ou algum destes programas preencha o destacável e envie para:

Sociedade Portuguesa de Física, **Softciências**, Departamento de Física, Universidade de Coimbra, 3000 COIMBRA

**Próximos lançamentos:** OMNICIÊNCIA '98; TESTA F 12; LECHAT 2.0 (simulações em equilíbrio químico); KEPLER 2.0



COLOCAR UMA CRUZ NOS PROGRAMAS PRETENDIDOS

PEDIDO DE PROGRAMAS

NOME DO PROGRAMA	PREÇO	PREÇO *	NOME DO PROGRAMA	PREÇO	PREÇO *
<input type="checkbox"/> CD-ROM OMNICIÊNCIA	5000	4000	<input type="checkbox"/> 14. Eurochem	1500	1000
<input type="checkbox"/> 6. FQ -Folha de cálculo	1500	1000	<input type="checkbox"/> 15. Zero 2.0	1500	1000
<input type="checkbox"/> 8. Fractais	1500	1000	<input type="checkbox"/> 16. Testa FQ / 8-9 **	2000	1500
<input type="checkbox"/> 9. Millikan	1500	1000	<input type="checkbox"/> 17. Ângulos	1500	1000
<input type="checkbox"/> 11. Tabela Periódica	1500	1000	<input type="checkbox"/> 18. RLC	1500	1000
<input type="checkbox"/> 13. Jogo das coisas	1500	1000	<input type="checkbox"/> 19. Testa FQ / 10-11 **	2000	1500
			<input type="checkbox"/> 20. Testa Q 12	2000	1500

\* Sócios SPF, SPQ, SPM

\*\*Inclui testes que podem ser policopiados

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

**Soft Ciências**