

QUÍMICA

BOLETIM DA SOCIEDADE PORTUGUESA DE QUÍMICA



Segurança

em Laboratórios de Ensino ou Investigação em Química

**Espectroscopia de Infravermelho:
Uma Técnica Antiga, Sempre Actual**

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

com o objectivo de se procurar preencher um 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 das algumas ciências e artes que com ela fazem fronteira. Para

tanto 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 de alguns 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 enriquece-

dora, 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 ensino 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, com 5 lições de 60 minutos (marcadas no programa abaixo com *) e 14 palestras de 30 minutos cada. Terminará no dia 25 de Setembro com 2 sessões didácticas e 5 sessões experimentais decorrendo em paralelo.

SETEMBRO 22, DE TARDE: "O Binómio de Newton é tão Belo como a Vénus de Milo*" (A. Lagoa Henriques, E. S. de Belas Artes), "As cores do chapéu da Carmen Miranda" (Eurico de Melo, Inst. de Tecn. Quím. e Biol., UNL, Oeiras), "Cianinas: a cor não visível da fotografia" (Pedro Almeida, Dept. Química, UBI, Covilhã) e "Sistemas que mudam de cor" (Luís M. Carvalho, Dept. Química, UTAD).

SETEMBRO 23, DE MANHÃ: "Fotónica Molecular: Interações entre Luz e Sistemas Moleculares*" (H. Burrows, U. Coimbra), "A cor: dos fotões aos neurónios" (Sérgio Nascimento, Dept. Física, UM, Braga) e "Um olhar químico sobre a visão" (José G. Martinho (Dept. Eng. Quím., IST, Lisboa).

SETEMBRO 23, DE TARDE: "Lição Ferreira da Silva*" (a anunciar oportunamente), "Os corantes, a química e o consumidor" (Jaime R. Gomes, Dept. Eng. Têxtil, UM, Guimarães), "A química na cor do têxtil" (Carlos Travasso, Clariant, Porto) e "O tratamento da cor na indústria das tintas" (José L. Nogueira, CIN, Porto).

SETEMBRO 24, DE MANHÃ: "Pigmentos e Pintura*" (Pierre Laszlo, U. Paris e Liège), "A estética e a utilidade da cor nas plantas" (Isabel Santos, Inst. de Biol. Molec. e Citol., UP, Porto), "As cores do mundo vegetal" (Madalena Pinto, Fac. Farm., UP, Porto) e "Sistemas fotocromáticos para escrever-ler-apagar. Um futuro colorido para a memória?" (Fernando Pina, Dept. Quím. e Eng. Quím., UNL, Almada).

SETEMBRO 24, DE TARDE: "As Bombardas Horrissonas: Uma Introdução à Física e à Química dos Fogos de Artifício*" (Felix Goñi, U. do País Basco), "Porfirinas: da natureza à síntese e à medicina" (Maria da Graça Neves, Dept. Química, UA, Aveiro), "Novas perspectivas de tratamento do cancro: terapia fotodinâmica" (João Moura, Dept. Quím., U. Madeira, Funchal) e "Rochas ornamentais e minerais sintéticos: brincando com a cor" (Clementina Teixeira, Dept. Eng. Quím., IST, Lisboa).

SETEMBRO 25, DE MANHÃ: 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".

Para apresentação em painel (*posters*) serão aceites comunicações sobre qualquer tema de Química; serão no entanto especialmente bem vindas as que versarem sobre o tema do Encontro (a Cor). Os respectivos resumos serão previamente submetidos a 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 Sanches (UC).

A todas as pessoas de quem até ao dia 13 de Junho tenha sido recebida a sua pré-inscrição por meio do boletim que é incluído na parte inferior desta página (ou fotocópia do mesmo) será enviada, na volta do correio, uma 2ª Circular contendo o programa completo do Encontro (científico e sócio-cultural), descrição do formato dos resumos das comunicações, preços de inscrição e outras informações complementares. A data limite para envio dos resumos das comunicações será 17 de Julho; por volta de 25 de Julho reunirá a Comissão Científica de cujas decisões os autores serão informados durante a última semana de Julho. O programa anunciado acima poderá vir a ser alterado em caso de força maior. Por razões de limitação de espaço o número de inscrições no 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:

Cód. Post. e Localidade

Instituição a que pertence

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

- 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.

BOLETIM DA SOCIEDADE PORTUGUESA DE QUÍMICA



Na capa:

Símbolos de Segurança.
Para o significado,
ver Tab. 1, pág. 8.

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 69 - Março-Junho 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>

Directora

Ana Maria Botelho do Rego

Directores-Adjuntos

Ana Margarida Martins, Ana Maria Freire,
Adelino Galvão, Nuno Simões

Direcção Gráfica

Luís Moreira (Lápis Azul - Estúdio Gráfico, Lda.)

Secretária de Redacção

Cristina Campos

Comissão Editorial

Ana Maria Lobo (FCT-UNL)
Irene Montenegro (UM)
Maria Isabel Pinheiro Martins (UA)
Maria José Calhorda (FCUL)
Maria Luísa Sá e Melo (UC)
Mário Nuno Berberan e Santos (IST-UTL)

Colaboradores

António Amorim da Costa (UC)
João Paulo Leal (ITN)
João Luís Silva (IST-UTL)

Publicidade

DIRECÇÃO:
Nuno Simões

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 FECS

3 notícias SPQ

4 notícias IUPAC

5 congressos

artigos

7 Segurança em Laboratórios
de Ensino ou Investigação
em Química

I – Considerações Gerais

M. FERNANDA N. N. CARVALHO

14 Segurança em Laboratórios
de Ensino ou Investigação
em Química

II – Aplicação a Casos Concretos

“On the Rocks...” Em segurança com Rs e Ss!

M. FERNANDA N. N. CARVALHO

e CLEMENTINA TEIXEIRA

23 Origens, Desenvolvimento e Panorama
Actual da Bioquímica da Faculdade
de Ciências da Universidade de Lisboa

R. E. PINTO e I. AMARAL

30 ensino

Exames Nacionais do 12º Ano – 1997
Relatório do CNEES:
Provas de Química
e de Ciências do Ambiente

M. FILOMENA G. F. CRUJO CAMÕES

34 técnicas experimentais

Espectroscopia de Infravermelho
uma Técnica Antiga, Sempre Actual

LAURA MARIA ILHARCO

46 novos produtos

Editorial

A equipa que agora passa a dirigir o "Química - Boletim da Sociedade Portuguesa de Química" congratula-se com a grande evolução que os seus antecessores imprimiram a esta publicação e espera saber manter essa tendência. Para tal contamos com a colaboração dos nossos leitores quer através da apresentação de artigos, quer através de uma secção de correspondência. Constitui ainda prioridade absoluta desta equipa aumentar o peso específico da Educação em Química no Boletim.

Fazer do Boletim um espaço onde se trocam perguntas, experiências, histórias ou desabafos é um dos nossos objectivos. Para tal esperamos que a nova página da SPQ na Internet e o seu link para o boletim sejam catalisadores eficazes desta interacção.

Com efeito, a Direcção do Boletim da SPQ está empenhada em disponibilizar o acesso via Internet aos principais artigos e notícias publicados no Boletim. A consulta à versão

Internet do Boletim será efectuada a partir da página da SPQ, logo que esta se encontre disponível. O presente número será o primeiro a ser digitalizado em HTML e contamos poder manter o texto integral de todos os artigos em linha durante um ano, passando depois a disponibilizar apenas os sumários dos números atrasados.

As relações da Química com outras ciências e com aspectos do nosso quotidiano, abrem o boletim da SPQ a textos de natureza interdisciplinar, de facetas mais técnicas - a que não podemos nem devemos fugir - mas também de facetas divertidas, lúdicas, que devem ser divulgadas sobretudo junto de quem tem por incumbência contribuir para a cultura científica dos jovens, cujo destino pode até não passar pela Química. Se conhecer passatempos, curiosidades - até anedotas - em que o tema principal seja a Química, partilhe-as connosco enviando-as para publicação no Boletim.

A Direcção do Química

n o t í c i a s f e c s

Federação das Sociedades Químicas Europeias

Reunião da Assembleia Geral da FECS

A Assembleia Geral da Federação das Sociedades Químicas Europeias teve lugar a 11-12 de Setembro de 1997 na Universidade Técnica de Viena, Áustria, por convite da Sociedade Química Austríaca (SQA), com organização local do Dr. P. Czedig Eysenberg. O presidente, Prof. Lauri Niinistö (Associação das Sociedades de Química Finlandesas), presidiu e estiveram presentes delegados de 24 sociedades e representantes de Divisões e Grupos de Trabalho (WP) da FECS.

O Presidente da SQA, Dr. W. Unger, deu as boas-vindas

a Viena aos delegados por ocasião dos 100 anos da SQA. Uma lembrança da FECS para marcar o 100º aniversário da SQA já tinha sido entregue numa cerimónia anterior.

Conferência FECS

O Prof. Dieter Oesterrhelt, Max-Planck-Institut für Biochemie, proferiu a Conferência FECS de 1997, sobre o tema "Mudanças de cor numa bomba de iões" a 8 de Setembro, na ocasião da celebração do 100º aniversário da SQA.

A Conferência FECS de 1998 será dada pelo Prof. Alex Johnstone, Universidade de

Glasgow, na First European Conference on Chemical Education, em Budapeste, Agosto de 1998.

Prémio FECS

O Presidente da FECS, Prof. Lauri Niinistö, entregou o prémio FECS de 1997 ao Prof. Ernő Pungor, um dos fundadores dos Grupos de Trabalho em Química Analítica, pela sua valiosa contribuição para o trabalho da FECS ao longo de muitos anos. O Prof. Pungor (n. 1923) teve uma extensa carreira universitária, começando como professor de Química Analítica na Universidade Técnica de Veszprem e depois

em Budapeste. Foi Ministro da Ciência e Tecnologia e é actualmente Director Geral da Fundação Bay Zoltan para a Investigação Aplicada. No âmbito da FECS, foi coordenador do Grupo de Trabalho de Química Analítica no período 1981-87 e organizou a 2º Euro analysis em Budapeste em 1975. Os seus resultados científicos mais famosos incluem a teoria e aplicações de eléctrodos selectivos de iões.

Química e Ambiente

O Grupo de Trabalho da FECS de Química e Ambiente, agora coordenado pelo Prof.

A. Astrup Jensen, Sociedade Química Dinamarquesa, está a desenvolver um programa de acção com novas actividades, incluindo aspectos da química da água. O grupo de Trabalho tem como objectivos criar sub-grupos em áreas especializadas que ajudem a fortalecer redes e envolver outros grupos europeus existentes. Está a ser desenvolvido contacto com a Agência Europeia do Ambiente em Copenhaga. Encoraja-se veementemente a participação de todas as sociedades da FECS.

Químicos mais jovens

Foram acolhidas entusiasmamente as propostas de que

a FECS devia ter mais responsabilidade em ir de encontro às necessidades dos membros mais jovens das sociedades nacionais e demonstrar-lhe claramente o seu interesse em ajudar a promover as suas ideias. Para começar, serão recolhidos dados estatísticos e outras informações sobre o grau de envolvimento dos químicos mais jovens nas sociedades químicas nacionais, a partir dos quais será elaborado um relatório para divulgação e discussão. Ao mesmo tempo, explorar-se-ão modos de promover grupos de discussão na internet e um pequeno grupo de representantes dos químicos mais jovens ajudará neste projecto.

Euchem

A FECS acredita que há uma necessidade urgente de melhorar a sua participação na promoção de conferências, tendo em conta as variadas actividades levadas a cabo, por exemplo, por Eu-chem, Euresco, NATO Workshops e Gordon Conferences in Europe. Desde há vários anos o Eu-chem Committee faz parte integrante da FECS e, portanto, tem um mandato para operar numa escala pan-europeia. O Eu-chem Committee será encorajado a desenvolver a sua interacção com um maior número de sociedades da FECS, aumentando a visibili-

dade dos objectivos da FECS. (Já existe uma ligação entre o Eu-chem Committee e o Euresco.)

Guia dos Museus europeus com colecções de História da Química

O *Guide*, produzido pelo Grupo de Trabalho de História da Química, foi actualizado e reimpresso. Pode-se obter mais informação sobre a nova edição junto do Prof. H. A. Deelstra, Universidade de Antuérpia (UIA), Tel + 32 3 820 2715, fax + 32 3 820 2734, e-mail labrom@uia.ac.be.

Sociedade Portuguesa de Química Fim da Revista Portuguesa de Química

A SPQ, em conjunto com outras sociedades europeias de química, decidiu aderir ao projecto europeu de edição da revista *Chemistry - An European Journal*. O âmbito deste projecto inicial foi alargado com a publicação de mais duas revistas europeias: *European Journal of Inorganic Chemistry* e *European Journal of Organic Chemistry*.

A participação neste pro-

jecto implicou que as sociedades de química dos vários países europeus renunciassem à publicação das suas revistas de química, de âmbito nacional. O mesmo aconteceu com a SPQ: a direcção anterior, na pessoa do seu presidente, decidiu extinguir, a partir de 1999, a Revista Portuguesa de Química.

Igualmente por negociação da direcção anterior, a SPQ

terá uma participação de 5% num capital global de 300.000 ECU, ou seja a nossa quota será de 15.000 ECU. O Ministério da Ciência e Tecnologia e a Fundação para a Ciência e Tecnologia ajudarão a SPQ a viabilizar essa participação.

Segundo as informações de que dispomos até este momento, para além da SPQ aderiram a este projecto as sociedades de química dos seguin-

tes países: Alemanha, França, Bélgica, Holanda, Itália, Espanha e Grécia.

O actual Conselho Directivo da SPQ, em reunião de 22-23 de Maio de 1998, tomou conhecimento das decisões acima referidas. A Revista Portuguesa de Química será editada pela última vez em 1998.

O Conselho Executivo da SPQ

Oportunidades em Química. Hoje e Amanhã

Edição conjunta SPQ – Escolar Editora – À venda na sede da SPQ

Neste livro, George Pimentel - autor de *Química uma Ciência Experimental* - e a sua filha Janice Pimentel, resumem de forma clara e estimulante alguma da excitação que se vive no mundo da química actual e descrevem como os avanços da química podem influenciar o nosso dia a dia, presente e futuro.

Oportunidades em Química.

Hoje e Amanhã é a adaptação de um relatório da National Academy of Sciences (EUA), reescrito tendo em vista uma audiência mais vasta e menos especializada. Os seus leitores preferenciais são os professores do secundário (mas também terciário), bem como alunos pré-universitários e universitários.

O livro divide-se em seis secções cobrindo temas como

as questões ambientais, as necessidades humanas, as fronteiras intelectuais da química, instrumentação química, o balanço riscos / benefícios e carreiras e educação em química. Tópicos como as energias alternativas, novos produtos e materiais, as biotecnologias e o controlo de reacções químicas são analisados em subsecções.

Numa altura em que a

palavra de ordem é a formação de um público cientificamente mais instruído, esta obra é um importante contributo para a divulgação do papel da química na sociedade e para despertar o entusiasmo dos nossos alunos para o estudo desta ciência.

(Preço: Sócio – 2500\$00. Portes de correio a pagar pelo destinatário).

Reestruturação em Curso na IUPAC

A Sociedade recebeu recentemente uma circular do Presidente da IUPAC, Prof. J. Jortner acerca do relatório do SDIC (*Strategy Development and Implementation Committee*) que concluiu os seus trabalhos no princípio do ano corrente. A Comissão Executiva da IUPAC vai propor a adopção deste relatório e das suas recomendações aos órgãos deliberativos da União. Estas recomendações, se forem adoptadas, vão modificar profundamente as estruturas e operações da IUPAC.

A finalidade a atingir é a de habituar a IUPAC a desempenhar um papel mais activo no desenvolvimento da Química no século 21.

Segundo estas propostas as Comissões Directivas de Divisão (presentemente 8) passam a assumir directamente a responsabilidade de iniciar, desenvolver e gerir o trabalho científico da União, sendo cada projecto científico executado por um grupo de acção (*task force*) com um mandato limitado no tempo. Os financiamentos ficarão ligados directamente a projectos individuais definidos com datas pré-estabelecidas para a sua conclusão, após o que o grupo será dissolvido.

Estas propostas pretendem criar um maior dinamismo que o das 37 comissões relativamente permanentes que asseguraram até agora o trabalho científico da União, e cuja extinção total se propõe para daqui a três anos.

Segundo estas propostas sugere-se que, na ausência dum vasto quadro de membros de comissões, a geração de projectos terá de ter outros mecanismos e prevê-se um papel mais activo das organizações nacionais aderentes (no nosso caso da SPQ) na proposta de projectos e na sugestão de nomes de cientistas para trabalharem nos grupos de acção. Também se tecem algumas considerações sobre a forma como, no futuro, iriam intervir os representantes nacionais nomeadamente pelas organizações nacionais aderentes para as 37 Comissões actualmente existentes.

O Presidente da IUPAC convida as organizações nacionais aderentes a dirigirem-lhe comentários sobre o relatório.

Um sumário do mesmo encontra-se disponível no World Wide Web (<http://www.iupac.org>).

Os Comentários:

As propostas acima relatadas integram-se na metodologia da "gestão por objectivos" de empresas. Os objectivos neste caso parecem reduzir-se ao de habilitar a IUPAC a ter uma intervenção

mais activa no desenvolvimento da Química no século 21.

Do ponto de vista das organizações nacionais aderentes que constituem a IUPAC o interesse em pertencer à União em grande parte é o de poder participar nas suas actividades e não apenas de vir a beneficiar do desenvolvimento da Química no século 21.

Essa participação valoriza os membros que são nomeados pela SPQ como representantes nacionais e, por essa via, a própria Sociedade.

Embora o documento aborde o assunto do envolvimento das organizações nacionais aderentes nas actividades da IUPAC dentro das novas estruturas, torna-se evidente que um aumento desta participação não constituiu o objectivo principal do relatório, mas foi apenas tratado como um aspecto secundário.

Por isso, na minha opinião, as propostas em discussão, e sobretudo no caso particular da SPQ põem em risco a intervenção, já de si pequena, que esta tem na vida da IUPAC.

Em 1994 a SPQ tinha 16 representantes nacionais, 5 membros associados e 1 membro titular distribuídos pela maioria das 37 tais Comissões mais ou menos permanentes da IUPAC. Até 1997 4 dos representantes nacionais foram eleitos pelas suas Comissões membros associados. Só quando se é eleito membro titular é que se tem direito a que a IUPAC pague as despesas de deslocação e estadia nas reuniões das Comissões.

Presentemente a SPQ não tem os meios financeiros necessários para financiar as deslocações e estadias dos membros associados das Comissões e dos seus representantes nacionais. Por isso a sua participação nas reuniões destas Comissões infelizmente é esporádica. Embora muitos pertençam a unidades de investigação e/ou participem em projectos de investigação que prevêem subsídios para deslocações ao estrangeiro, muitas vezes não é possível utilizar esses meios porque os objectivos das unidades e dos projectos de investigação não têm muito a ver com as actividades exercidas nas Comissões. Por exemplo, uma pessoa que esteja numa das Comissões de nomenclatura não está naturalmente a fazer investigação nessa área, e deriva antes a sua competência em nomenclatura dum actividade de elaboração de textos didácticos ou de prestação de serviços a entidades públicas. Por isso os financiamentos para investigação são mais frequentemente aplicados em deslocações a

reuniões internacionais para apresentação de comunicações ou para o prosseguimento de trabalho de investigação em instituições estrangeiras. Aqueles membros que não estão em projectos ou unidades de investigação terão ainda maiores dificuldades em financiar as suas deslocações às reuniões das Comissões da IUPAC.

Apesar disso alguns representantes nacionais da SPQ conseguiram vencer as dificuldades e foram assistindo a algumas reuniões. Esses normalmente foram eleitos membros associados, o que em si não lhes traz vantagem nenhuma, salvo um símbolo de reconhecimento da colaboração prestada, uma vez que só os membros titulares têm o direito a terem as suas despesas subsidiadas pela IUPAC.

Todo o processo de eleições cooptativas é agora posto em causa pelas propostas de reestruturação que criticam os seguintes aspectos:

1. A perpetuação de membros das Comissões por auto-selecção com aprovação apenas nominal dos níveis de decisão superiores.

2. A geração de projectos dar-se sobretudo no interior das Comissões de acordo com os interesses dos seus membros.

3. Atribuição de uma grande parte do orçamento da IUPAC à manutenção das Comissões, independentemente da qualidade, quantidade e actualidade dos seus trabalhos.

Por essa razão surgem em sua substituição os mencionados grupos de acção, de mandato limitado no tempo, nomeados pelos órgãos directivos das Divisões.

Sem pôr em causa a justeza destas críticas quando se tem presente o objectivo principal do relatório, vejo com algum cepticismo a possibilidade de membros da SPQ serem nomeados por proposta da Sociedade para trabalharem em grupo de acção.

Para encarregar pessoas de tais tarefas os órgãos directivos das Divisões vão preferir pessoas que conheçam pessoalmente, na medida de assim poderem avaliar melhor o seu potencial.

Enquanto no processo cooptativo usado até agora pelas Comissões isso acontece naturalmente, quando elegem pessoas que já conhecem como representantes nacionais, nas novas estruturas vai ser muito improvável que os membros das Comissões Directivas de Divisão conheçam pessoalmente as pessoas propostas pela SPQ.

Poder-se-ia retorquir que o conhecimento pessoal poderia existir fora das estruturas e actividades da IUPAC através da participação de membros da SPQ em reuniões científicas internacionais. Acontece porém que os assuntos tratados nas Comissões não são tratados em mais nenhuma reuniões internacionais e que, muitas vezes, os assuntos são tratados por um conjunto de pessoas que provém de áreas científicas diversas, em que cada uma tem as suas reuniões internacionais especializadas. Falo por experiência quando afirmo que a maioria das pessoas de certas Comissões nunca tiveram contactos científicos com os seus colegas de Comissão sem ser as próprias reuniões destas Comissões.

Dado que Portugal não pertence ao grupo de países de maior centralidade, quer científica no que respeita a Química, quer geográfica, é mais difícil, para um membro da SPQ com competência nestes aspectos equivalente à dum colega dos países mais centrais, conseguir o mesmo grau de visibilidade. Temo por isso que as nossas oportunidades de colaborar com a IUPAC que neste momento já são pequenas ainda fiquem diminuídas.

Caso a reestruturação seja aprovada tal qual está proposta, coloca-se um desafio sério aos órgãos directivos da SPQ de assegurar com muita iniciativa e criatividade a compensação do "handicap" criado aos seus membros.

Também é possível que na próxima reunião (Berlim, Agosto de 1999) da Assembleia Geral da IUPAC um número de países científica e geograficamente menos centrais se unam para construir alternativas que lhes sejam menos desvantajosas. Pode ser que sintam o mesmo risco de marginalização. Convém que quem for representar a SPQ nessa altura vá com um mandato claro dos sócios da SPQ quanto às posições a defender.

De qualquer das formas, o Presidente da IUPAC está a pedir comentários num prazo mais curto e, por isso seria da maior conveniência a SPQ receber com a maior urgência comentários dos seus sócios, para saber se partilham as preocupações aqui expressas e se terão outros comentários a fazer que possam valorizar uma resposta a ser dada pela SPQ à IUPAC.

Pede-se o envio de comentários para a sede da SPQ ou para o e-mail do autor (herold@alfa.ist.utl.pt).

Bernardo J. Herold

Congressos, Conferências e Reuniões Científicas

FECS (acontecimentos patrocinados pela FECS)

XVth International Symposium on Medicinal Chemistry
Setembro, 6-10, 1998
Edimburgo, UK
Dr. J. F. Gibson
Fax: +44-171-734 1227
E-mail: gibson@rsc.org (evento nº 221).

7th European Symposium on Thermal Analysis and Calorimetry (ESTAC)
Agosto, 30-Setembro, 4, 1998
Balatonfured, Hungary
Prof. G. Liptay
Fax: +36-1-463 3642
E-mail: estac7@ch.bme.hu (evento nº 222).

3rd International Symposium on Advanced Infrared and Raman Spectroscopy (AIRS III)
Julho, 5-9, 1998
Viena, Austria
Dr. Bernhard Lendl
Fax: +43-1-586 7813
E-mail:
sek151@email.tuwien.ac.at (evento nº 223).

Analytical Science into the Next Millenium
Julho, 25-30, 1998
Dublin, Irlanda
Prof. M. R. Smyth
Fax: +353-1-7045 032
E-mail: SmythM@ccmail.dcu.ie (evento nº 228).

6th FECS Conference on Chemistry and the Environment "Atmospheric Chemistry and Air Pollution"
Agosto, 26-28, 1998
Copenhaga, Dinamarca
Dr. Allan Astrup Jensen
Fax: +43 3696 6002
E-mail: aajensen@dk-teknik.dk (evento nº 230).

6th International Symposium on Kinetics on Analytical Chemistry
Setembro, 16-19, 1998
Chalkidiki, Grécia
Prof. M. Karayannis
Fax: +30 651 98407
E-mail: mkaragia@cc.uoi.gr (evento nº 231).

SAFETY 98, INTERNET CONFERENCE
Novembro 2-13, 1998
Ms. E. K. McEwan MA
The Royal Society of Chemistry
Burlington House
London W1V 0BN, UK

Tel.: +44-171-440 3303
Fax.: +44-171-437 8883
E-mail: mcewane@rsc.org
Website: www.safety98.org

Training and Mobility of Researchers Program (TMR)

Summer School on Green Chemistry
Agosto 28 - Setembro 7 1998
San Servolo, Veneza, Itália
Dr. Alvise Perosa
Dipartimento di Scienze Ambientali
Università Ca' Foscari
Dorsoduro 2137
30123 Venezia -Italy
Tel.: +39-41-529 8676
Fax.: +39-41-529 8620
E-mail: alvise@unive.it
Website: <http://www.unive.it/inca/summer/index.htm>

SPQ

XVI ENCONTRO NACIONAL DA SOCIEDADE PORTUGUESA DE QUÍMICA
Setembro, 22-25, 1998
Departamento de Química,
Universidade do Minho, 1998
Guimarães
Portugal

Geral

7ª Conferência Internacional de Engenharia Química
Setembro, 24-26, 1998
Lisboa, Portugal

CHEMPOR'98
Ordem dos Engenheiros,
Secretariado dos Colégios
Av. António Augusto de Aguiar, nº 3-D
1050 Lisboa, Portugal
Tel: +351-1-352 5874
Fax: +351-1-352 4632
E-mail: Ordeng@mail.telepac.pt

XXIII Reunião Ibérica de Adsorção
Setembro, 15-18, 1998
Évora, Portugal
Universidade de Évora, Depto de Química
Colégio Luis António Verney
Rua Romão Ramalho, 59
7000 Évora, Portugal
Tel: +351-66-744616
Fax: +351-66-744971
E-mail:
ria98@ce.uevora.pt

IV Congreso Internacional de Química de la ANQUE, "Química y Tecnología de los Alimentos"
Setembro, 21.25
Lugo, Galiza, Espanha
Secretaria del Comité Organizador
Facultad de Ciencias
Campus Universitario
27002 Lugo, Espanha
Tel: +34-82-253011
Fax: +34-82-224904
E-mail: 4anque@lugo.usc.es
<http://www.lugo.usc.es/~fcien/4anque.html>

V Congreso Internacional de Química de la ANQUE, "Residuos Sólidos, Líquidos e Gaseosos: Su Mejor Destino (III)"
Dezembro, 9-11, 1998
Puerto de la Cruz, Tenerife
Asociación Nacional de Químicos de España (ANQUE)
C/ Lagasca, 85
28006 Madrid, Espanha
Tel: 4310703
Fax: 5765279
E-mail: anquejg@mail.ddnet.es
<http://www.anque.es>

XXIV Congreso Internacional de Químicos Teóricos de Expresión Latina
Setembro, 20-25, 1998
Puebla, México
L. Sandoval
Facultad de Ciencias de la Computación
Buenemérita Universidad Autónoma de Puebla
Apartado Postal 559 Puebla,
Pue. 72001, México
Tel: +52-22-447072
Fax: +52-22-447080
E-mail: quitel@siu.cen.buap.mx
quitel@solarium.cs.buap.mx
<http://148.228.176/congreso.htm>

International Conference on Microwave Chemistry
Setembro, 6-11, 1998
Praga, República Checa
MWCH Conference
Dr. Milan Hájek
Institute of Chemical Process Fundamentals
Acad. Sci. of the Czech Republic
Rozvojová 135
165 02 Prague 6 - Suchdol
Czech Republic
Tel: 420-2-203 90 292
Fax: 420-2-209 20 661
E-mail: MWCH@icf.cas.cz

Conference on Quality and Quantity of Mediterranean Water Resources: Water in the Mediterranean Area
Outubro 11-18, 1998
Sardenha, Itália
Mrs R. Sleiter
Società Chimica Italiana
Viale Liegi 48/C
00198 Roma, Itália
Tel: 06 8549691/8553968
Fax: 06 8548734
E-mail:
soc.chim.it@agora.stm.it

CHEMTEC PRAHA '98
INCHEBA Praha, s.r.o.
Ing. Katerina Huclová
P. O. BOX 555
111 21 Praha 1, Czech Republic
Tel: +420-2-24195237,
24195429
Fax: +420-2-241952286,
24195361

IBERSENSOR '98
I Congreso Iberoamericano de Sensores e Biosensores
Novembro, 9-13, 1998
Havana, Cuba
Dr. José Antonio Rodríguez
Facultad de Física, Universidad de la Habana
San Lázaro y L, CP 10400,
Vedado, C. de la Habana, Cuba
Tel: +537 704270/783471
Fax: +537 333758
E-mail:
ibersensor@ffuh.fmq.uh.edu.cu
jar@ffuh.fmq.uh.edu.cu

Fórum sobre a Universidade Agostinho Neto e o Ensino Superior em Angola
Novembro, 3-7, 1998
Luanda, Angola
Vice-Reitor para os Assuntos Científicos
Reitoria da Universidade Agostinho Neto
Prédio do Hotel Presidente (2º andar), Luanda, Angola
Caixa Postal 815
Tel: +244 2 330517
Fax: +244 2 330520

CARLOS LLOYD BRAGA SYMPOSIUM
Photochemistry, Photophysics and Radiation Physics
Outubro, 2-3, 1998
Braga, Portugal
Corália Braga
Universidade do Minho,
Largo do Paço
4710 BRAGA
Fax: +053 601104
e-mail:
coralia@reitoria.uminho.pt



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**

Segurança em Laboratórios de Ensino ou Investigação em Química I – Considerações Gerais

M. FERNANDA N. N. CARVALHO*

Neste trabalho aborda-se a segurança em laboratórios de ensino ou investigação em química sob os pontos de vista da substância perigosa e respectivo risco e do local de experimentação e do experimentador, com vista à identificação de circunstâncias de risco e selecção de meios de protecção pessoal e ambiental. Alguns dos assuntos discutidos são enquadrados na legislação vigente.

INTRODUÇÃO

A crescente preocupação no que respeita à utilização de substâncias perigosas ou potencialmente perigosas em laboratórios de ensino da química ou investigação, é sobejamente justificada, e deverá traduzir-se numa mobilização, com vista à identificação dessas substâncias e das circunstâncias de risco, com o objectivo de aumentar a segurança dos que a elas estão expostos.

Há alguns conceitos cujo conhecimento, se implementadas as medidas de prevenção e segurança adequadas, diminui substancialmente o risco, mesmo nos casos em que se lida com substâncias muito perigosas. Muitas vezes o desconhecimento, a incúria ou simplesmente algum "facilitismo", estão na base do aumento da probabilidade de que aconteça um incidente ou mesmo um acidente. No que respeita ao ambiente laboral, e podemos considerar-se um laboratório de investigação ou mesmo de ensino um ambiente laboral, há dispositivos legais e medidas concretas de segurança que deverão ser conhecidos e aplicados com vista à diminuição do risco.

É importante que em áreas, como as atrás mencionadas, geralmente independentes em relação às normas aplicáveis aos ambientes de

trabalho, se assegure a aplicação das regras de segurança. Nesse sentido são apresentados e discutidos, de forma não exaustiva, alguns conceitos gerais.

CONCEITOS

O risco

O risco e o perigo não são a mesma coisa.

As substâncias são perigosas devido a possuírem certas propriedades físico-químicas que fazem com que possam produzir efeitos adversos directamente nas pessoas ou no ambiente [1,2,3].

Certas actividades ou operações são também perigosas em si mesmas, independentemente das substâncias que envolvem [4]. Todavia, o risco é algo que reúne: circunstâncias próprias da substância, da operação, do local em que se procede à experimentação e ainda circunstâncias relativas ao utilizador.

O risco, face a uma substância perigosa, pode ser considerado como uma medida da probabilidade de essa substância, usada em determinada operação ou actividade, num certo local, por um dado operador, produzir os efeitos adversos que potencialmente lhe são atribuídos.

No que respeita às características físico-químicas das substâncias, o risco é inversamente proporcional à facilidade com que são detectadas. Assim, o risco na utilização de um gás tóxico, como o monóxido de carbono é enormemente potenciado pelo facto de este ser um gás incolor e inodoro e, portanto, ser apenas detectado pelos sintomas que provoca (dor de cabeça, sonolência, etc.).

Ao contrário do monóxido de carbono, as substâncias de cheiro desagradável, como, por exemplo, as que têm enxofre na sua constituição (à excepção do dissulfureto de carbono que é inodoro), são facil-

mente detectadas. Consequentemente, o risco na sua utilização é francamente menor, pois qualquer fuga é imediatamente detectada sem que se atinjam as quantidades que provocam efeitos adversos nos indivíduos. A proximidade de uma indústria de fabrico de pasta de papel é facilmente detectada pelo cheiro desagradável característico dos gases sulfurados lançados na atmosfera, em teores muito abaixo dos que apresentam perigosidade.

A perigosidade de uma substância pode em geral ser avaliada através do respectivo valor limite de exposição.

Certas operações são francamente mais perigosas que outras. A destilação, por exemplo, quando não tomados os cuidados necessários, pode ser considerada uma operação com risco considerável. O mesmo sucede com o aquecimento, em recipiente aberto, de soluções em que o solvente seja volátil ou o corte de tubo de vidro, com vista ao fabrico de uniões ou ainda o seu estiramento para obter secções de diâmetro mais estreito.

As condições existentes num laboratório de ensino ou investigação, no que respeita à ventilação, eliminação de resíduos e limpeza, equipamento geral de segurança e disponibilidade de equipamentos individuais de protecção, determinam em larga medida o grau de risco aí existente.

A existência de substâncias perigosas, em teores não controlados na atmosfera respirável, ou não identificadas em locais de utilização comum, representa elevado risco e podem levar à classificação do laboratório como *edifício insalubre*.

Para além dos factores objectivos de risco, há factores subjectivos relativos ao próprio indivíduo que manipula as substâncias perigosas. Esses factores não são facilmente mensuráveis nem directamente relacionáveis com a perigosidade da

substância, da operação ou do laboratório, mas podem contribuir para diminuir ou agravar o risco. Assim, pessoas com elevada sensibilidade a alergénios ou aquelas que tenham desenvolvido hipersensibilidade a substâncias específicas têm, à partida, maior risco de desenvolver sintomas resultantes da exposição a substâncias perigosas. Por outro lado, o descuido, o medo, a falta de respeito por si e pelos outros contribuem também para aumentar o risco na experimentação em química.

A SUBSTÂNCIA PERIGOSA

As substâncias são consideradas perigosas porque provocam ou podem provocar dano à saúde humana ou efeitos adversos na propriedade ou meio ambiente [5,6].

Segundo a legislação Portuguesa (Portaria nº 732-A/96 de 11 de Dezembro) as substâncias perigosas classificam-se em: explosivas, comburentes, inflamáveis, nocivas, corrosivas, tóxicas, tóxicas para a reprodução, cancerígenas, mutagénicas e perigosas para o ambiente. A definição das características de cada um dos tipos de perigosidade, bem como a atribuição do respectivo símbolo, e o estabelecimento de níveis dentro de uma mesma categoria, estão também regulamentados na referida Portaria, a qual transcreve diversas Directivas Comunitárias.

Do ponto de vista de segurança, a cada tipo de substância perigosa, associa-se uma designação, um símbolo, um código e muitas vezes uma ou várias frases que completam a informação sobre o perigo.

Na tabela 1, estão listados os símbolos e códigos associados às designações de substâncias perigosas acima referidas.

Num laboratório, de ensino da

Tabela 1 - Classificação^(a) das substâncias químicas perigosas com indicação do respectivo código e símbolo

DESIGNAÇÃO	SÍMBOLO	CÓDIGO
EXPLOSIVA		E
COMBURENTE		O
EXTREMAMENTE INFLAMÁVEL		F+
INFLAMÁVEL		F
MUITO TÓXICA		T+
TÓXICA		T
TÓXICA (para a reprodução)		T+, T ou Xn
NOCIVA		Xn
CORROSIVA		C
IRRITANTE		Xi
SENSIBILIZANTE		R42 e/ou R43
CANCERÍGENA ^(b)		Car
MUTAGÉNICA ^(b)		Mut
PERIGOSA PARA O AMBIENTE		N ou R52, R53, R54

(a) Segundo a Portaria 732-A/96 de 11 de Dezembro.

(b) Estes símbolos não estão definidos na Portaria.

química ou investigação, as substâncias químicas embaladas, adquiridas recentemente, apresentam no rótulo o respectivo símbolo de perigo. Apenas as substâncias obtidas directamente pelos alunos ou alguma substância adquirida anteriormente à actual legislação, ou ainda aquelas substâncias que tenham sido transvasadas sem o devido cuidado de reprodução do rótulo, poderão não estar identificadas quanto ao perigo que a sua manipulação pode envolver. Neste último caso, **é absolutamente necessário que se proceda a uma correcta operação de cópia ou reprodução do rótulo**, com vista à inclusão das informações quanto à perigosidade da substância ou substâncias.

No que respeita a sínteses feitas num laboratório de investigação, é por vezes difícil, senão mesmo impossível rotular devidamente, atendendo ao desconhecimento da perigosidade das substâncias sintetizadas, particularmente quando se trata de substâncias novas. Nestas circunstân-

cias, a forma de diminuir o risco é considerar que em primeira aproximação uma substância cuja perigosidade se desconhece é potencialmente perigosa e proceder em conformidade.

Embora muitas vezes se "facilite", considerando que o assunto é conhecido, é aconselhável que pelo menos a nível dos primeiros anos do ensino da química, os alunos sejam postos em contacto com a necessidade de identificar o símbolo de perigo das substâncias com as quais contactam no laboratório, a fim de aprenderem a seleccionar devidamente o equipamento de protecção a usar e estabelecer as condições de segurança adequadas ao trabalho.

Na tabela 1, para além do símbolo de perigo e da letra (código) aparece em alguns casos uma letra (R) seguida de um número; trata-se de uma frase de risco que completa a informação geral associada ao respectivo símbolo. É o caso, por exemplo, das substâncias perigosas para o ambiente em que o código é N, mas

o perigo pode ser explicitado pelas frases de risco R52 (nocivo para organismos aquáticos), R53 (pode causar efeitos negativos a longo prazo no ambiente aquático) ou R54 (tóxico para a flora).

Na Portaria nº 732-A/96 de 11 de Dezembro, estão listadas sessenta e quatro frases de risco e algumas combinações destas frases (Anexo III). Para além deste tipo de frases existem ainda sessenta e dois conselhos de segurança, referidos pela letra S seguida de um ou dois algarismos. Estão ainda listadas algumas combinações destes conselhos de segurança (Anexo IV). A título de exemplo pode referir-se o conselho S51 - usar só em lugares bem ventilados ou S30 - nunca adicionar água a este produto.

Em qualquer laboratório de ensino ou investigação, a cópia actualizada destas frases, bem como a listagem das designações e símbolos de perigo deverá estar exposta em local visível.

As frases de Risco e as Frases de Segurança obedecem a convénios mundiais e são aceites internacionalmente. A sua listagem completa, conforme a Portaria nº 732-A/96 de 11 de Dezembro, está disponível na referência [7].

A maioria das substâncias de uso industrial, comercial e também laboratorial, foi estudada do ponto de vista de perigosidade, tendo-lhe sido atribuído um determinado valor limite de exposição.

A nível nacional, a Norma Portuguesa nº 1796 do IPQ define o Valor Limite de Exposição (VLE) e lista valores para um considerável número de substâncias.

Segundo a referida Norma, VLE é a concentração de substâncias nocivas, às quais se julga que a quase totalidade dos trabalhadores pode estar exposta, dia após dia, sem efeitos prejudiciais para a saúde. Associado a este, existe outro concei-

Tabela 2 - Valores limite de exposição^(a)

Substância	Valor-limite	
	ppm	mg/m ³
Acetona	750	70
Acetonitrilo	40	
Ácido acético	10	25
Ácido fórmico	5	9
Ácido sulfúrico		1
Bromo	0,1	0,7
Cianamida		2
Chumbo		0,15
Diclorometano	50	175
Dietilamina	10	30
Dióxido de carbono	5000	9000
Hidreto de lítio	200	0,025
Metanol		260
Mercúrio	25	0,05
Monóxido de azoto	50	30
Monóxido de carbono	10	55
Naftaleno	1	50
Nitrobenzeno		5
Pentacloreto de fósforo		1
Pentóxido de fósforo		1
Piridina	5	15
Platina (metálica)		1
Prata (compostos solúveis)		0,01
Tricloroetileno	50	270

^(a) Consoante a Norma Portuguesa 1796 do IPQ. Valores calculados em relação a uma exposição diária de 8 horas.

to, talvez mais concreto, que é **Valor Limite de Exposição - Média Ponderada**, definido como a quantidade de substância expressa em concentração média diária, para um dia de trabalho de 8 horas e uma semana de 40 horas, ponderada em função do tempo de exposição, a que um trabalhador poderá estar sujeito sem que se registem efeitos adversos.

Na tabela 2, referem-se valores de VLE para algumas substâncias comuns em laboratórios de ensino e/ou investigação.

O VLE é um parâmetro de segurança que normalmente se refere à exposição por via respiratória. Há, todavia, valores para as outras vias de exposição (cutânea e oral).

O estabelecimento do valor limite de exposição para uma dada substância resulta de observações

prolongadas em locais de trabalho e ainda de ensaios laboratoriais efectuados em condições bem definidas.

Note-se que as tabelas de valores limite de exposição ficam rapidamente desactualizadas, sendo necessário rever periodicamente os respectivos valores. Substâncias, até há algum tempo, consideradas pouco perigosas poderão, em face de conhecimento acrescentado, passar a ser consideradas muito perigosas. Como exemplo, cita-se o clorofórmio que durante anos foi usado como anestésico hospitalar e que hoje pertence à lista das substâncias suspeitas de ser cancerígenas (classe A2).

Em certas condições, a quantidade de substância poderá exceder em três vezes o valor limite de exposição, por períodos de tempo não su-

periores a trinta minutos, desde que o número de exposições não seja superior a cinco e desde que o valor total diário não seja excedido. A este valor limite de exposição dá-se a designação de **Valor Limite de Exposição de Curta Duração (VLE-CD)**. Daqui resulta que desde que haja um conhecimento prévio das circunstâncias de risco e seja feita a sua correcta avaliação, o uso de substâncias perigosas, mesmo em quantidades superiores ao respectivo VLE, poderá corresponder a um risco aceitável.

Num laboratório de ensino da química, os alunos, pelo que atrás foi dito, dificilmente estarão expostos a substâncias perigosas em teores que ultrapassem os respectivos valores diários de VLE-CD. O mesmo não se aplica aos professores ou investigadores que permaneçam por períodos prolongados no laboratório. Esses terão que analisar devidamente as circunstâncias de risco e proteger-se.

O LABORATÓRIO

Tal com já foi referido, a manipulação de substâncias perigosas, mesmo que fracamente perigosas, pressupõe cuidados que têm a ver com o local de trabalho.

As características do laboratório, no que se refere à organização, ventilação e condições gerais de acesso e emergência são da máxima importância no que respeita à segurança face a substâncias perigosas [8,9,10].

Uma boa prática operativa, por parte dos utilizadores do laboratório, além de uma correcta identificação e arrumação das substâncias perigosas, são essenciais para a organização do laboratório. Dentro do laboratório as substâncias perigosas deverão ser em número restrito e em quantidades limitadas. A fim de que tal não constitua um inconveniente,

Tabela 3 - Relação entre via de exposição, tipo de protecção e fontes de exposição.

Via de exposição	Tipo de protecção	Fonte de exposição
Respiratória	Boa ventilação, câmaras exaustoras, máscara, sistemas respiratórios (com ar comprimido).	Gases, vapores, voláteis, partículas finamente divididas nocivas, tóxicas, carcinogénicas, mutagénicas ou teratogénicas.
Cutânea	Vestuário adequado (bata, avental, fato de trabalho), luvas, equipamento de protecção total.	Substâncias corrosivas, desidratantes (ácidos e bases), tóxicas.
Olhos	Óculos, viseira	Substâncias corrosivas, desidratantes, radiações luminosas (laser, ultravioleta)

ente, anexo ao laboratório deverá existir um armazém, no qual as substâncias não directamente em utilização deverão ser devidamente guardadas. As zonas do laboratório em que se proceda a operações de maior risco deverão estar separadas e sinalizadas.

A existência, e conhecimento por parte dos utilizadores, das fichas de segurança, respeitantes às substâncias em uso no laboratório, é outro dos aspectos importantes do ponto de vista organizativo.

A existência de resíduos perigosos no laboratório é também um dos aspectos que afecta o risco inerente ao mesmo, sendo desejável que se proceda à sua redução, tratamento e/ou eliminação.

Uma boa ventilação geral, associada a pontos de ventilação localizada devidamente dimensionados, pode contribuir de forma eficaz para a segurança na manipulação de substâncias perigosas.

O laboratório deverá ter uma taxa de renovação de ar adequada, para além de possuir *hottes*, isto é, câmaras exaustoras, e/ou extractores em número conveniente.

A diversidade e o número de substâncias, em geral, usadas num laboratório de investigação e mesmo de ensino, constitui um elevado factor de risco, já que na atmosfera res-

pirável, poderão coexistir substâncias com aditividade de efeitos o que poderá potenciar o risco. A diluição, por injeção de ar fresco (não contaminado), do teor de substâncias perigosas na atmosfera respirável é nestes casos de grande importância. A existência de um pé direito adequado e portas e janelas em número conveniente são requisitos essenciais para garantir uma ventilação geral natural ou mista aceitável. Em certos casos poderá mesmo associar-se a este tipo de ventilação um sistema de ventilação forçada, tanto para garantir as boas condições do ambiente de trabalho como para protecção ambiental.

O acesso ao laboratório e saída de emergência devem estar livres e desimpedidos. Devem existir meios de ataque a incêndio, tais como extintores adequados em número conveniente, cobertor e chuveiro.

É também essencial que existam meios de primeiros socorros, como por exemplo, um lava-olhos e uma caixa de primeiros socorros. A caixa de primeiros socorros deverá incluir, para além do convencional, os antídotos específicos para algumas substâncias perigosas (cianeto, por exemplo) usadas no laboratório. Esta caixa deverá ser de fácil acesso por utilizadores credenciados. Todo o equipamento de socor-

Tabela 4 - Resistência^(a) de alguns tipos de luvas a substâncias químicas.

Substância química	Borracha	Neopreno	PVC	Substância química	Borracha	Neopreno	PVC
Acetaldeído	E	E	NR	Formaldeído	B	E	E
Acetona	B	B	NR	Fosfato de amónio	E	E	E
Ácido acético glacial	E	E	NR	Hipoclorito de sódio	NR	E	M
Ácido cítrico	E	E	E	Nitrato de amónio	E	E	E
Fenol	E	E	B	Hidróxido de sódio	E	B	E
Ácido crómico	NR	NR	B	Parafinas	M	B	B
Ácido clorídrico (30%)	E	E	B	Tetracloro de carbono	NR	M	
Água oxigenada	M	B	NR	Tolueno	NR	M	M
Ácido nítrico	NR	NR	NR	Tetra-hidrofurano	M	M	NR
Cloreto de benzilo	M	M	M	Xileno	NR	M	M
Cloro	NR	E	E	Tricloroetileno	NR	N	NR
Éter etílico	M	B	M				

B-bom; E-excelente; F-fraca M-média; NR-não recomendada

^(a) Referências 13 e 14.

ro deverá estar sinalizado e ser de fácil acesso.

A organização, a ventilação e o equipamento de socorro são aspectos importantes no que respeita à promoção da segurança num laboratório de experimentação em química, todavia, não eliminam completamente a probabilidade de que ocorra um acidente. Por isso, é necessário que exista um plano de emergência e evacuação devidamente estabelecido e testado, que evite o pânico e permita uma intervenção local adequada até que os meios de socorro exteriores possam actuar.

PROTECÇÃO PESSOAL

A manipulação de substâncias perigosas requer, da parte do utilizador, um bom conhecimento do tipo de perigosidade que estas apresentam quanto à via ou vias de acesso ao organismo. As vias de exposição a substâncias perigosas mais comuns são: a respiratória, a cutânea ou a oral.

O tipo de protecção adequada é determinado pela via ou vias de exposição, Tabela 3.

Perante uma substância gasosa, vapor ou partículas finamente divididas é necessária uma protecção res-

piratória conveniente, que poderá ser obtida através da utilização de uma máscara adequada ou recurso a uma câmara exaustora. Em ambientes laboratoriais não é, em geral, necessária a utilização de fatos de protecção com equipamento de respiração assistida.

Em casos em que a substância possa aceder ao organismo por absorção cutânea a protecção através de luvas, devidamente seleccionadas, é essencial.

A utilização de *vestuário adequado* (bata de algodão) e *óculos* de protecção são *exigências mínimas* para a

segurança dos que trabalham em laboratórios de ensino ou investigação. Embora em Portugal só agora comece a haver um certo cuidado quanto à utilização de óculos de protecção, em Inglaterra a entrada num laboratório é expressamente vedada a quem não disponha deste tipo de equipamento de protecção.

Não basta usar luvas ou máscara para se estar protegido, é necessário proceder à sua correcta escolha [11].

A escolha de luvas pressupõe a análise de uma tabela de resistência química que permita seleccionar o material de que as luvas são feitas,

Tabela 5 - Classificação de filtros para máscaras consoante a sua utilização

Tipo	Classe	Tipo de substância
Partículas ^(a)	P1	Partículas sólidas
	P2	Partículas sólidas e/ou húmidas
	P3	Partículas sólidas e húmidas
Gases ou Vapores ^(b)	A	Gases Orgânicos / vapores
	B	Gases Inorgânicos / vapores
	E	Gases ácidos
	K	Amoníaco

^(a) Segundo a Norma EN 143. ^(b) Segundo a Norma EN 141.

atendendo ao período de utilização [12,13]. Períodos de utilização superiores àqueles para os quais as luvas estão testadas poderão tornar as luvas ineficazes, mesmo quando a utilização seja a prevista.

Na tabela 4, listam-se três dos tipos de material de luvas com indicação da sua resistência, face a algumas substâncias comuns em laboratórios de ensino ou investigação.

Em alguns dos casos, referidos na tabela 4, a indicação "Não Recomendado" mostra que nenhum dos materiais aí mencionados oferece protecção adequada, havendo por isso necessidade de proceder à selecção de outro tipo de material. É o caso de muitos dos solventes clorados para os quais luvas de borracha (latex) neopreno ou nitrilo oferecem protecção insuficiente. Como exemplo pode referir-se que apenas o viton constitui protecção adequada face ao tricloro-etileno.

De modo análogo, a escolha do filtro para uma máscara requer o conhecimento das características dos gases, vapores ou partículas para os quais se procura protecção, a fim de proceder a uma correcta selecção de entre os diferentes tipos de filtros disponíveis no mercado.

Na tabela 5, estão indicadas algumas classes de filtros bem como as respectivas utilizações. Associada à letra existe ainda uma cor, que tal como aquela, obedece a Normas. Para além da classificação apresentada na Tabela 5, os filtros destinados a gases classificam-se (Norma EN 141) ainda segundo as respectivas capacidades de retenção em: classe 1, classe 2 e classe 3, consoante tem capacidade de reter 0,1% de volume (1000 ppm), 0,5% de volume (5000 ppm) ou 1% de volume (10000 ppm), respectivamente.

Os filtros destinados à retenção de partículas são, em geral, constituídos por carvão activado, enquanto

os destinados a adsorver gases ou vapores têm na sua constituição materiais específicos consoante os casos. Por vezes, há necessidade de combinar dois tipos de filtro na mesma máscara.

É necessário ter em conta que um filtro tem um tempo de vida limitado, o qual não é igual para todos os filtros, e que a sua utilização pode ser totalmente inútil se não se atender à sua durabilidade.

Os meios de protecção pessoal devem estar disponíveis no laboratório.

Segundo a legislação Portuguesa (Decreto-Lei nº 348/93 de 1 de Outubro) a responsabilidade quanto à existência de EPI (Equipamentos de Protecção Individual) no local de trabalho cabe à entidade empregadora a qual deve promover formação quanto à correcta utilização desses equipamentos (Artigo 6º). Por sua vez os trabalhadores têm a obrigação de usar devidamente os equipamentos de protecção (Artigo 8º).

Se bem que os laboratórios de ensino e investigação sejam, muitas vezes, tidos como independentes quanto à aplicação das normas gerais a nível de actividade de trabalho, parece importante que, no que respeita a segurança as normas existentes naquele âmbito sejam aplicadas.

Assim, a protecção pessoal, se bem que seja do interesse do próprio, deverá ser da responsabilidade dos que superintendem ao laboratório, pelo que *a existência de um responsável pela segurança, que conheça e faça respeitar os procedimentos de segurança, permitirá diminuir consideravelmente o risco na manipulação de substâncias classificadas como perigosas.*

PROTECÇÃO AMBIENTAL

Embora, à primeira vista, possa parecer que a protecção ambiental nada tem a ver com a segurança nos

laboratórios de ensino ou investigação, o facto é que a qualidade do ambiente afecta todos e consequentemente é da responsabilidade de todos. É pois necessário desenvolver nos estudantes de química, e não só, conceitos relativos à *preservação das condições ambientais* (ambiente de trabalho e ambiente em geral) *como forma de protecção pessoal.*

ELIMINAÇÃO DE RESÍDUOS

Ao proceder a um ensaio laboratorial usa-se por vezes substâncias perigosas, das quais o utilizador deve saber e poder proteger-se. Contudo, finda a operação é necessário proceder à lavagem do material usado e ao eventual descarte dos reagentes não utilizados e eliminação dos resíduos. O despejo na canalização pode em alguns casos ser uma solução aceitável, mas em muitos outros casos não o é, e por isso, dever-se-á proceder à recuperação ou eliminação dos resíduos produzidos, ou, caso não haja condições para tal, encaminhá-los para quem possa fazê-lo.

Num laboratório de ensino ou investigação em química o volume de resíduos é, em geral, baixo. Além disso, nos laboratórios de ensino a nível do terceiro ciclo e secundário, a maioria dos resíduos, não sólidos, produzidos, é aquoso e tem baixos teores de substâncias perigosas. O carácter ácido ou básico desses resíduos, bem como a existência de alguns metais em solução são, nestes casos, as principais fontes de preocupação.

Em laboratórios de ensino a nível universitário ou em laboratórios de investigação, a este tipo de resíduos acrescentam-se, muitas vezes, solventes e outras substâncias orgânicas e/ou inorgânicas ou organometálicas, cuja perigosidade é variável e pode atingir valores substanciais.

Os resíduos perigosos têm as propriedades das substâncias perigosas que os constituem, e um risco acrescido pelo facto de não lhes ser conferido valor comercial intrínseco, o que significa que a sua eliminação ou tratamento podem ser considerados encargos adicionais e por isso ignorada ou contornada.

Do ponto de vista legal (Decreto-Lei nº 239/97 de 9 de Setembro), os resíduos são: quaisquer substâncias ou objectos de que o detentor se desfaz ou tem intenção de se desfazer, ..., em conformidade com o Catálogo Europeu de Resíduos aprovado por decisão da Comissão Europeia. Resíduos perigosos são: os resíduos que apresentem características de perigosidade para a saúde ou para o ambiente, ..., em conformidade com a Lista de Resíduos Perigosos, aprovada por decisão do Conselho da Comissão Europeia.

Note-se ainda, que, segundo o mesmo Decreto-Lei, a responsabilidade final dos resíduos é de quem os produz, sem prejuízo da responsabilidade de cada um dos operadores na medida da sua intervenção, no circuito de gestão desses resíduos e salvo o disposto em legislação especial (Artigo nº6).

Em termos de investigação e ensino, já se referiu que a quantidade de resíduos produzidos não é muito significativa. O mesmo já não se poderá dizer em relação às características desses mesmos resíduos. De facto, ao contrário da indústria que produz um tipo de resíduos bem determinado, a actividade de ensino e investigação em química produz uma variedade considerável de resíduos, nem sempre totalmente compatíveis. O tratamento específico e eventual eliminação desses resíduos deverá, por isso, ser tanto quanto possível local, atendendo à sua grande variedade e baixa quantidade. Os solventes serão talvez as únicas substâncias que poderão ser encaminhadas

para eliminação em empresas devidamente credenciadas para o efeito, caso a quantidade seja apreciável.

Há processos químicos, físicos e biológicos de tratamento e eliminação de resíduos perigosos [12].

Os processos químicos incluem a neutralização, a precipitação, a oxidação-redução, a permuta iónica e a incineração.

Os processos físicos consistem em concentrar, solidificar, vitrificar ou adsorver os resíduos perigosos.

Os processos biológicos envolvem a acção de microrganismos, os quais usam os resíduos como alimento, convertendo-o por processos metabólicos naturais em substâncias mais simples e menos perigosas. São processos usados correntemente para estabilizar resíduos orgânicos municipais, mas alguns resíduos perigosos podem ser tratados por este método.

Os resíduos perigosos, produzidos num laboratório de ensino ou investigação, poderão na maioria dos casos ser tratados por processos químicos de precipitação, neutralização ou acção redox ou ainda processos físicos de adsorção ou concentração. A recuperação de solventes é também, em muitos casos, possível sem recorrer a acção exterior ao próprio laboratório desde que se proceda a algum tratamento prévio seguido de destilação. O despejo de solventes ou qualquer solução orgânica na rede de esgotos é totalmente desaconselhada.

Tal como se referiu em relação à protecção pessoal, também no que respeita à protecção do ambiente de trabalho e do ambiente em geral são necessárias medidas eficientes de protecção que sejam eficazmente aplicadas, por forma a preservar a segurança dos que se encontram na vizinhança imediata do local de experimentação e em última instância o ecossistema.

* Centro de Química Estrutural, Complexo I,
Instituto Superior Técnico,
Av. Rovisco Pais 1096 Lisboa Codex

REFERÊNCIAS

1. S.E. Manahan, *Toxicological Chemistry*, 2ª ed. Lewis Publishers Inc. U.S.A., 1992.
2. J. Emsley, *The Elements*, 2ª Ed. Clarendon Press, Oxford, 1995.
3. J.J.R. Fraústo da Silva e R.J.P. Williams, *The Biological Chemistry of the Elements*, Ed. Clarendon Press, Oxford, 1991.
4. J.R. Welker e C. Springe, *Safety, Health, and Loss Prevention in Chemical Processes*, Ed. The Centre for Chemical Process Safety of the American Institute of Chemical Engineers, New York, 1990.
5. W. Braker e A.L. Mossman, *Effects of Exposure to Toxic Gases- First aid and Medical Treatment*, Ed. Matheson Gas Products, New Jersey, 1970.
6. C. Baird, *Environmental Chemistry*, Ed. W.H. Freeman and Company, New York, 1995.
7. M.F.N.N. Carvalho, C.Teixeira, Artigo II desta série, Publicado neste número.
8. A. Picot e P. Grenouillet, *Safety in the Chemistry and Biochemistry Laboratory* Ed. VCH Publishers, Inc., New York, 1995.
9. M.J. Baptista, *Segurança em Laboratórios Químicos*, Ed. Universidade Nova de Lisboa, 1979.
10. E.D. Muir, *Hazards in the Chemical Laboratory*, Ed. The Royal Institute of Chemistry, London, 1977.
11. Sérgio Miguel, *Manual de Higiene e Segurança do Trabalho*, Porto Editora, Lda., 1995.
12. J.A. Nathanson, *Basic Environmental Technology*, 2ª E. Prentice-Hall, Inc., 1997.
13. *Guide to Chemical Resistant Best Gloves*, 2ª Ed. Best Manufacturing: Menlo, GA, 1997.
14. *Mapa Professional Chemical Resistance Guide*, Mapa Professional, Willard, OH, 1997.

Segurança em Laboratórios de Ensino ou Investigação em Química II – Aplicação a Casos Concretos

“On the Rocks...” Em segurança com Rs e Ss![†]

M. FERNANDA N. N. CARVALHO*¹ E CLEMENTINA TEIXEIRA*²

INTRODUÇÃO

No primeiro artigo desta série [1] foram introduzidos alguns conceitos cujo conhecimento poderá diminuir o risco em trabalhos experimentais de química, se implementadas as medidas de segurança adequadas.

Atendendo a que a melhor forma de assimilar os conceitos é aplicá-los a casos concretos, passar-se-á à referência a algumas substâncias correntes nos laboratórios de ensino da química, ou usadas em demonstrações com vista a difundir-las, referindo a respectiva perigosidade e as formas de protecção aceitáveis.

O conceito de substância perigosa é muito amplo. A legislação Portuguesa (Portaria nº 732-A/96 de 11 de Dezembro), que em parte resulta da transposição para o direito nacional de várias Directivas Comunitárias, estabelece as seguintes principais classes: explosiva, inflamável, oxidante, corrosiva, nociva, tóxica, tóxica para a reprodução, cancerígena, mutagénica e perigosa para o ambiente.

ANÁLISE CRÍTICA DOS FACTORES DE RISCO NO ENSINO EXPERIMENTAL DA QUÍMICA

O risco e o perigo, tal como já anteriormente se referiu [1], não são sinónimos e o primeiro pode ser substancialmente diminuído, quando tomadas as medidas de protecção adequadas.

A substituição de substâncias perigosas tradicionalmente usadas em experiências para o ensino da química, por outras com menor perigosidade, corresponde a um comportamento de segurança e deve ser implementada. Todavia, nem sempre os objectivos do ensino permitem que se utilizem substâncias isentas de perigo, quer no que se refere à toxicidade, quer no que respeita à possibilidade de inflamação ou explosão.

Actualmente está em desenvolvimento uma estratégia de ensino que aponta para um considerável investimento nos meios audiovisuais e de simulação computacional. Em termos de risco essa é a solução *quase* ideal, pois afasta o operador da matéria de risco. É também um primeiro passo para a optimização do desempenho laboratorial do estudante, que muito pode beneficiar com estes dois meios complementares de ensino. É pois previsível que, num futuro muito próximo, a simulação de experiências envolvendo substâncias perigosas constitua uma alternativa de baixo custo e risco para uma melhor aprendizagem do comportamento a ter face a este tipo de substâncias. De qualquer modo, tal prática constituirá, apenas, uma pálida aproximação ao entusiasmo de *meter mesmo as mãos na massa*.

Neste sentido, uma visita ao Museu da Ciência em Londres é francamente esclarecedora. A evolução no domínio da ciência dos materiais está aí patente e pode ser rapidamente experimentada. Em duas penadas, o visitante pode proceder ao “fabrico” simulado de utensílios de uso corrente, a começar no petróleo e a acabar no “tupperware”, ou no algodão acabando na T-shirt, com estampagem e tudo...

Contudo, a pálida aproximação à realidade pode ser constatada, comparando as imagens obtidas por simulação computacional do naufrágio do Titanic, com as obtidas experimentalmente. Ou será que ainda não viu o filme?

A segurança é cada vez mais um objectivo pessoal, comunitário e ambiental e, em seu nome, é necessário promover uma tomada de consciência que leve a comportamentos que diminuam o risco, para os que utilizam directamente as substâncias perigosas e, também, aqueles que sofrem os seus efeitos, embora de forma indirecta.

A manipulação de uma substância química perigosa, por mais tóxica ou inflamável que seja, pode envolver um risco baixo, se o utilizador observar as normas de segurança. Pelo contrário, perante substâncias fracamente tóxicas ou inflamáveis, o risco pode ser enorme, se o utilizador for descuidado ou não dispuser das condições adequadas. Isto é, **há circunstâncias que potenciam o risco**, tal como as há que o diminuem a um nível muito baixo.

Perante uma substância há essencialmente três factores objectivos a considerar, no que respeita ao risco envolvido, a saber: as características de perigosidade e físico-químicas da substância (**S**); as características próprias da operação (**O**); e as condições do local-ambiente (**L**), em que a experiência decorre.

Há ainda a ter em conta factores não objectivos de risco tais como circunstâncias ocasionais ou subjectivas do próprio operador.

EXPERIMENTAÇÃO LABORATORIAL

A execução de experiências laboratoriais de química constitui um bom treino para o desenvolvimento da capacidade de observação e correlação por parte dos alunos, pelo que tal prática é altamente recomendável.

Associa-se por vezes à experimentação em química um elevado risco. Contudo, esta não deverá ser considerada necessariamente uma actividade perigosa. É, sim, um meio de ensino que permite aprender com prazer, se tidas em conta as medidas

de segurança relativas à exposição ao **S.O.L.** (substância, operação, laboratório).

A experimentação em química, particularmente em química sintética, tal como a exposição ao astro-rei, necessita de protecção, mas, se tidos os cuidados adequados, pode ser uma actividade francamente atraente e sem risco apreciável.

A substância - (S)

A substância, muitas vezes designada por composto, ou mesmo por produto, é a primeira causa de perigo. A identificação da sua perigosidade e conseqüente actuação, segundo as regras de segurança existentes, é exigível a qualquer nível de ensino. Adicionalmente, quanto mais baixo é o grupo etário dos intervenientes no processo de ensino-aprendizagem, maior é o risco relativamente ao perigo intrínseco da substância.

O uso de substâncias muito perigosas no ensino da química é, como já se mencionou, desaconselhado. Todavia, *há substâncias perigosas que podem ou mesmo devem ser estudadas.* É o caso de certas substâncias do nosso quotidiano ou de venda mais ou menos livre, incluindo aquelas que têm alguma utilidade doméstica. O estudo desta classe de substâncias, num laboratório de ensino, poderá ser mesmo pedagógico desde que se proceda ao seu correcto manuseamento, com vista a esclarecer as circunstâncias adequadas para a sua utilização e alertar para o risco envolvido. Por outras palavras, não é ignorando os perigos que se contribui para uma melhor aprendizagem. Pelo contrário, a indicação das matérias de risco e a informação quanto às correctas medidas de actuação são altamente recomendáveis.

A preparação cuidada das circunstâncias em que decorre a experiência, quer seja prática ou demonstrativa, é essencial. Deve atender-se às formas convenientes de protecção pessoal através do uso de vestuário próprio (bata de algodão), luvas adequadas e óculos de protecção e mesmo máscara, se necessário.



Fig. 1 - Protecção pessoal face a substâncias nocivas. (Fotografia reproduzida de vídeo obtido na Escola Secundária Manuel Cargaleiro, Fogueiro, 1997, Programa Ciência Viva [7]).

A experimentação deverá realizar-se tendo em conta a possibilidade de afectar indivíduos não directamente nela envolvidos, o que poderá impor a necessidade de a circunscrever a um local bem definido, como uma câmara exaustora (*hotte*), por exemplo.

Deve atender-se ainda à forma de eliminação dos resíduos decorrentes da realização da experiência, com vista à protecção das condições ambientais restritas ao local em que esta se realiza, mas também tendo em vista a protecção do ambiente no sentido mais geral.

A operação - (O)

O risco numa experiência laboratorial de química não decorre apenas das substâncias manipuladas. Há certas operações unitárias que também envolvem perigo e que, se não forem tomadas medidas de segurança, podem envolver um risco considerável.

A diluição, operação corrente em laboratórios de ensino da química, se bem que uma operação com baixo grau de perigo, pode em alguns casos envolver bastante risco. É o exemplo clássico de preparação de uma solução de ácido sulfúrico, a partir de ácido concentrado. O calor

libertado nesta operação é de tal forma elevado, que pode levar à rápida evaporação de um pequeno volume de água adicionado sobre o ácido concentrado. Nessa rápida evaporação da água são projectadas partículas de ácido que podem atingir o experimentador. Por isso, **nunca se deve adicionar água sobre ácido sulfúrico concentrado.** O procedimento correcto, como é do conhecimento geral, é a adição de ácido sulfúrico sobre água, lentamente, com arrefecimento e agitação.

O simples aquecimento de uma solução, quando haja a possibilidade de formação de suspensão (caso de soluções saturadas) pode levar à formação de zonas de aquecimento diferenciado que provoquem a projecção de parte da suspensão. Daí decorre a necessidade de agitação da solução a aquecer.

Em certas condições, processos que envolvam a libertação de gases podem levar à formação de espumas, as quais facilmente transvazam para além dos limites do recipiente que as contém, constituindo risco para um operador.

Poder-se-iam indicar muitas outras operações que envolvem risco considerável. Contudo, apenas refe-

rimos aqui as que estão directamente relacionadas com a síntese de "minerais sintéticos".

A utilização de óculos de segurança justifica-se sempre, qualquer que seja a operação laboratorial a que se procede, mesmo nos casos em que tal cuidado possa parecer excessivo.

O facto de um acidente possível nunca antes ter ocorrido só aumenta estatisticamente a probabilidade de que ele venha a ocorrer.

O laboratório - (L)

O local em que se procede à execução de experiências de química é o terceiro factor objectivo de risco a ter em conta e não deve ser subestimado.

Embora, por vezes, se pretenda assemelhar a experimentação em química à prática culinária, tal raciocínio é profundamente errado e pode representar elevado risco para quem o tome minimamente a sério. Fazer experiências químicas em casa é sempre um comportamento de risco. A existência de "kits" destinados à experimentação caseira, por parte de crianças, se bem que pretenda constituir um estímulo ao estudo da química, envolve um risco inversamente proporcional à idade da criança, mesmo nos casos em que as substâncias usadas são relativamente pouco perigosas. Como já se disse anteriormente, perigo e risco não são sinónimos, e o risco depende tanto de factores objectivos (**S**ubstância, **O**peração, **L**ocal) como de factores subjectivos e até mesmo pessoais.

O local em que se procede à experimentação química é de enorme importância no que respeita à diminuição do risco.

Um laboratório bem ventilado, em que se controle correctamente o teor de substâncias tóxicas na atmosfera respirável, é essencial para reduzir o perigo de exposição por via respiratória. Assim, para além da conveniente renovação geral do ar, o recurso a câmaras exaustoras é exigível quando se manipulam substâncias tóxicas, carcinogénicas ou mutagénicas. O uso de máscaras de filtro ade-

quado é imprescindível, sempre que se proceda ao manuseamento de substâncias perigosas em ambiente não confinado. Quando em presença de substâncias finamente divididas (pós ou outras partículas inaláveis) o recurso a máscaras de pós é recomendado, mesmo nos casos em que as substâncias não sejam reconhecidas como nocivas.

APLICAÇÃO A CASOS CONCRETOS

"On the Rocks..." versus "Rochas Ornamentais e Minerais Sintéticos"

Desde o final de 1993, tem vindo a desenvolver-se, no Instituto Superior Técnico, um projecto designado por "**Rochas Ornamentais e Minerais Sintéticos**", que visa o ensino experimental da química.

Este projecto centra-se no tema da cristalização, procurando demonstrar como esta técnica pode ser introduzida nos diversos graus do ensino, através da selecção de experiências muito atractivas de crescimento de cristais em suportes rugosos (nucleação heterogénea) e outras, simulando a génese dos minerais na Natureza.

A cristalização de substâncias criteriosamente seleccionadas, entre aquelas que desenvolvem monocristais de grandes dimensões com relativa facilidade, é feita de uma forma por vezes artesanal, com recursos diminutos e ao alcance de todos, mas que permite obter resultados espectaculares. No seu conjunto, as pedras e os cristais sobre elas formados fazem lembrar minerais cristalizados sobre as respectivas rochas de formação, o que levou à tradução do título original "On the Rocks" para "Rochas Ornamentais e Minerais Sintéticos", dada a semelhança aparente com os minerais e gemas naturais.

Ao introduzir uma forte componente lúdica nas preparações e explorando a beleza magnífica dos cristais, consegue-se aumentar a motivação e receptividade dos alunos em relação a grande número de conceitos básicos de química, o que facilita a sua aprendizagem.

A técnica de preparação de rochas ornamentais e minerais sintéticos encontra-se bem descrita [2-7] pelo que aqui não se fará referência ao método de síntese. Contudo, como já anteriormente se referiu [2, 4], a técnica não é isenta de risco.

O objectivo deste trabalho é referir a perigosidade de algumas das



Fig. 2 - Protecção pessoal face a partículas sólidas finamente divididas. (Fotografia reproduzida de vídeo obtido na Escola Secundária Manuel Cargaleiro, Fogueiteiro, 1997 Programa Ciência Viva [7]).

substâncias usadas [2-4], alertando para os principais comportamentos de segurança que permitem reduzir o risco aquando da sua manipulação.

Tratando-se de substâncias sólidas, as possíveis vias de contaminação por parte de quem as manipula são: absorção cutânea, ingestão e respiração.

A contaminação por via respiratória é particularmente preocupante no caso de pós e partículas finamente divididas. Este tipo de substâncias facilmente se difunde no ar podendo atingir taxas de admissão variável no sistema respiratório do utilizador. Neste caso uma protecção pessoal adequada impõe o uso de uma máscara de pós, Figura 2.

Quanto maiores as dimensões das partículas, menor o risco que lhes está associado, já que o sistema de filtração do ar no nariz retém partículas com dimensões superiores a $0,5 \mu\text{m}$.

Sob este ponto de vista os cristais, mesmo os micro-cristais sintéticos, apresentam um perigo irrelevante quando comparados com os pós. Todavia, o perigo pode ser ainda considerável quando as substâncias são eflorescentes, isto é, perdem água de cristalização em atmosferas de humidade reduzida (Figura 3). Nestas circunstâncias os micro cristais ficam reduzidos a pó e o perigo aumenta. O mesmo sucede quando há reacção da solução com constituintes do suporte (rocha ou concha, Figura 4), formando-se então pós de composição e perigo desconhecidos. Nestes e noutros casos, só uma boa ventilação e operações de limpeza e conservação frequentes no laboratório permitem manter a atmosfera respirável, em condições de exposição aceitáveis.

A ingestão poderá ocorrer se não se proceder à cuidada lavagem das mãos, antes de fumar, comer ou beber, após um trabalho laboratorial. Não bastará usar luvas, é necessário proceder a uma correcta forma de as retirar e, mesmo assim, assegurar-se que qualquer possível contaminação é eliminada através da lavagem das mãos.

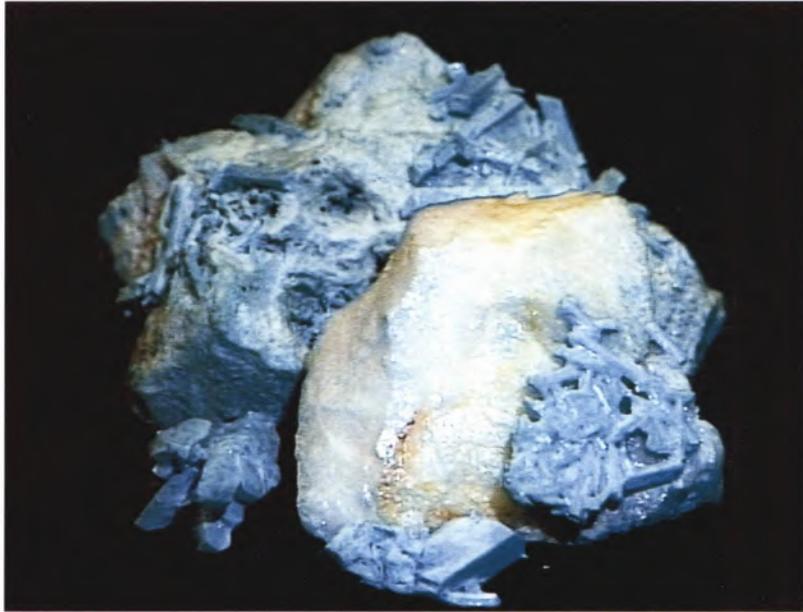


Fig. 3 - Cristais de sulfato de níquel hepta-hidratado que perderam a transparência, devido ao seu carácter eflorescente. Reproduzida de vídeo [5, 6].

A absorção cutânea poderá ocorrer sempre que não se usem luvas, e mesmo no caso em que se usem, deverá ter-se em atenção o seu estado, pois pequenos orifícios podem permitir a admissão de subs-

tância perigosa, a qual, retida entre a luva e a pele, poderá ter efeitos adversos potenciados em relação à simples exposição cutânea.

Uma boa parte das substâncias usadas na síntese dos "minerais sin-

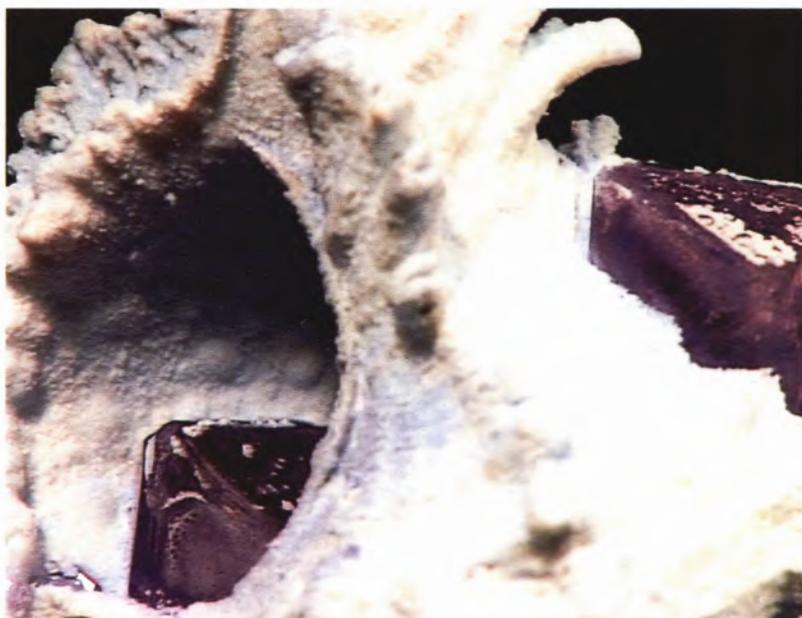


Fig. 4 - Soluções sólidas de alumínio de potássio e de crómio. O búzio Murex utilizado como suporte de cristalização encontra-se coberto de microcristais de composição ainda não determinada. (Fotografia reproduzida de vídeo [5, 6]).

Tabela 1- Substâncias utilizados na preparação de “minerais sintéticos” [2-4], sua perigosidade e conselhos de prudência^a.

Substância	Designação de Perigo	Frase de Risco	Frase de Segurança	VLE mg/m ³
Al ₂ (SO ₄) ₃ · 18H ₂ O	NR	R20/21/22	S36	2
KAl(SO ₄) ₂ · 12 H ₂ O	NR	R36/37/38	S22-36	
CuCl ₂ · 2 H ₂ O	Tóxico	R25-36	S44	
CuSO ₄ · 5 H ₂ O	Nocivo	R22-36/38	S22	
Cu(CH ₃ COO) ₂ · H ₂ O	Nocivo	R20-36/37/38	S22-26-38-36/37/38	
K ₂ Cu (SO ₄) ₂ · 6 H ₂ O	NR			
(NH ₄) ₂ CuCl ₄ · 2 H ₂ O	NR			
(NH ₄) ₂ Cu (SO ₄) ₂ · 6 H ₂ O	NR			
KCr(SO ₄) ₂ · 12 H ₂ O	Nocivo ^b			0.5
CoSO ₄ · 7 H ₂ O	Tóxico/ Carcinogénico ^c	R22-36/38-43-49	S24/25-44-53	0.02
Co(CH ₃ COO) ₂ · 4 H ₂ O	Tóxico/ Carcinogénico ^c	R45-46-20/21/22-43-36/37/38	S53-45-26-36/37/39-22	0.02
(NH ₄) ₂ Co (SO ₄) ₂ · 6 H ₂ O	NR			
(NH ₄) Fe(SO ₄) ₂ · 12 H ₂ O	NR			
K ₃ [Fe(CN) ₆]	NR			
K ₄ [Fe(CN) ₆]· 3 H ₂ O	NR			
MgSO ₄ · 7 H ₂ O	NR	R22-40-42/43	S22-36/37	
(NH ₄) ₂ Mg (SO ₄) ₂ · 6 H ₂ O	NR			
Mn(SO ₄) ₂ · H ₂ O	Tóxico ^d			0.2
(NH ₄) ₂ Mn(SO ₄) ₂ · 6 H ₂ O	Tóxico ^d			0.2
NiSO ₄ · x H ₂ O	Tóxico/ Carcinogénico ^e	R22-40-42/43	S22-36/37	0.05
(NH ₄) ₂ Ni (SO ₄) ₂ · 6 H ₂ O	Tóxico/ Carcinogénico ^e			0.05
K ₂ Ni (SO ₄) ₂ · 6 H ₂ O	Tóxico/ Carcinogénico ^e			0.05
(NH ₄) ₂ SO ₄	NR	R20/21/22-36/37/39	S22-37/39	
NH ₄ Cl	Nocivo ^f	R22-36	S22	10 ^f
K ₂ SO ₄	NR	R20/21/22	S36	

NR - Não Referido.

^a Referências [8,9]. Representa-se por (- traço) a separação entre dois valores de R ou de S.^b Classificado como não carcinogénico, classe A4.^c Não carcinogénico para humanos, classe A3.^d Afecta o sistema nervoso central.^e Actividade carcinogénica confirmada em humanos, classe A1.^f No estado gasoso, a exposição por períodos curtos pode atingir os 20 mg/m³.

téticos” não tem grande perigosidade e mesmo o risco é diminuto, desde que se observem as regras básicas de segurança.

Na Tabela 1, estão listadas algumas das substâncias usadas na síntese de “minerais sintéticos” [2-4], bem como a designação do tipo de perigo que envolvem. Nela estão

ainda referidas, sempre que possível, as frases de risco e os conselhos de segurança associados a cada substância. Os valores limite de exposição (VLE) indicados referem-se, de modo geral, à exposição por inalação. Em alguns casos a exposição cumulativa por via cutânea ou oral pode representar um perigo adicional.

O valor limite de exposição - média ponderada define-se como a quantidade de uma substância, expressa em concentração média diária, para um dia de trabalho de 8 horas e uma semana de 40 horas, ponderada em função do tempo de exposição, a que um trabalhador poderá estar sujeito sem que se registem efeitos adversos

(Norma Portuguesa 1796, IPQ, 1988).

A análise da Tabela 1 mostra que, em boa parte, as substâncias usadas na síntese destes "minerais" são substâncias não referidas como substâncias perigosas. Contudo, algumas são nocivas [$\text{Cu}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$, $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ou $\text{KCr}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$] e há, também, substâncias classificadas como tóxicas [$\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, $\text{Mn}(\text{SO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$, $(\text{NH}_4)_2\text{Mn}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$]. Há também algumas substâncias que são reconhecidas como carcinogénicas, como é o caso dos compostos de níquel.

A atitude perante as substâncias usadas na síntese dos "minerais sintéticos" terá necessariamente que diferir, consoante as suas características.

O uso dos **sais de níquel no estado sólido** requer cuidados especiais e deve ser exclusivo a professores, quando usado a nível do ensino básico ou secundário, pois a sua manipulação exige medidas de segurança adequada, tais como uso de câmara exaustora e equipamento de protecção pessoal. No entanto, as soluções diluídas poderão ser usadas por alunos, mesmo dos níveis atrás referidos, desde que usem o equipamento de protecção mínimo recomendado (bata, luvas e óculos de protecção) e sejam devidamente orientados. A não existência de câmara exaustora poderá não impedir completamente a **manipulação dos sais de níquel, se o local for arejado** e o operador recorrer ao uso de máscara, para além das normais formas de protecção.

É bom recordar que os valores de VLE referidos na Tabela 1 dizem respeito a exposições repetidas, dia após dia, durante semanas, nos períodos normais de trabalho e não correspondem a uma exposição única, ou mesmo repetida ocasionalmente, como a que pode ocorrer ao longo de um ano lectivo. Nessas circunstâncias, os valores mínimos permitidos podem ser excedidos de forma controlada.

O uso, por alunos, de substâncias nocivas como as referidas na Tabela 1, em solução e mesmo no estado sólido, não implica um peri-

go substancial desde que o **local** em que se efectuam as operações de **pesagem e dissolução** seja **bem arejado** e não haja uma exposição muito prolongada ou repetida.

Haverá sempre risco elevado se não forem observadas as devidas formas de protecção pessoal.

Uma boa prática operativa diminui fortemente o risco, sempre que se usam substâncias perigosas. Entende-se por boa prática operativa, não apenas a atitude perante o trabalho "nobre" de manipular as substâncias perigosas, mas também e muito particularmente, a forma como se procede à sua eliminação e limpeza do local de operação.

A contaminação do local de trabalho (bancada) por operadores pouco escrupulosos põe em risco as suas próprias condições de experimentação, para além de fazer perigar as condições de trabalho de quem venha em seguida.

Note-se que o experimentador descuidado volta frequentemente ao local do crime e passa a ser vítima da sua incorrecta prática operativa.

A acumulação de substâncias químicas em locais acessíveis a diferentes utilizadores é um dos factores de risco mais preocupantes, pois para além da quantidade de substância a que este está exposto ser superior ao esperado, podem ainda ser postas em contacto substâncias incompatíveis, cuja reactividade passará a ocorrer de forma não controlada, podendo mesmo levar à formação de produtos mais perigosos que os originalmente abandonados.

Por outro lado, a eliminação de substâncias perigosas nunca poderá à partida ser da obrigação de pessoal não especializado, já que este não estará preparado para o fazer, a menos que devidamente orientado.

A exigência de que, após a execução de uma dada experiência, se proceda à limpeza e arrumação da bancada de trabalho, corresponde a uma correcta prática operativa e diminui francamente o risco.

A rede pública de esgotos só

poderá ser o destino de alguns resíduos laboratoriais, quando estes tenham sido devidamente neutralizados e diluídos. Em muitos casos, os resíduos terão que ser tratados recorrendo a técnicas convencionais antes de poderem ser lançados no esgoto. Há substâncias perigosas que nunca deverão ser lançadas na rede de esgoto (metais pesados, solventes, etc.).

CONCLUSÃO

A abordagem, sob o ponto de vista de segurança, de alguns aspectos relacionados com a preparação de rochas ornamentais e minerais sintéticos, mostra que há aspectos que deverão ser tidos em atenção antes de começar a ornamentar a escola, a casa de habitação ou qualquer outro local com pedras bonitas carregadas de cristais brilhantes.

Estes trabalhos são didácticos e muito compensadores em termos de resultados finais, podendo constituir verdadeiros incentivos ao aprofundamento do conhecimento da química e de outras ciências.

Para que se possam fazer crescer cristais sem efeitos adversos conhecidos, bastará que sejam tomadas algumas medidas de precaução e segurança. Se assim for o risco não deverá atingir valores preocupantes.

No caso das substâncias referidas nas sínteses a que se refere o presente documento, a utilização de sais de níquel deverá ser particularmente cuidadosa. Todavia, em boas condições operatórias, usando pequenas quantidades de substância e recorrendo às formas de protecção pessoal adequadas, não será necessário excluí-la. Devem ter-se em atenção, contudo, alguns aspectos relativos não tanto à substância, mas particularmente ao utilizador. As pessoas que tenham desenvolvido sensibilidade particular ao níquel, ao crómio ou a outros metais, ou ainda, a quaisquer outras substâncias usadas na síntese de "rochas ornamentais e minerais sintéticos", deverão recorrer a formas de protecção parti-

culares, podendo mesmo desaconselhar-se a execução deste tipo de experiências. Em geral, constitui evidência para alergia a certos metais o facto de se desenvolverem sintomas perante o uso de certo tipo de bijuteria.

A conservação, para efeitos decorativos, de "rochas ornamentais e minerais sintéticos" exige medidas de precaução e segurança. Assim, é necessário que estas sejam revestidas a verniz e guardadas em caixas transparentes devidamente rotuladas e fechadas, para evitar a sua desagregação, a qual pode ocorrer com o tempo. No caso de substâncias eflorescentes, a desagregação em pós ou partículas é um processo com elevada probabilidade, pelo que se não estiverem devidamente protegidas, poderão passar a constituir perigo para os utentes. Pelas mesmas razões, qualquer utilização deste tipo de minerais como bijuteria ou outro ornamento representa um perigo muito elevado se o compararmos com o risco da sua preparação.

AGRADECIMENTOS

Clementina Teixeira agradece às entidades financiadoras do Projecto Rochas Ornamentais e Minerais Sintéticos: Programa Ciência Viva, Ministério da Ciência e da Tecnologia, P046, PII147; PRO-DEP II-FOCO, Formação Contínua de Professores.

* Centro de Química Estrutural,
Complexo Interdisciplinar,
Instituto Superior Técnico,
Av. Rovisco Pais 1096 Lisboa Codex

NOTAS

¹ Segurança.

² Experiências interactivas, "Minerais Sintéticos".

BIBLIOGRAFIA

1. M.F.N.N. Carvalho, "Segurança em laboratórios de ensino ou investigação em química. I - Conceitos gerais", Ver número 1 desta série.

2. C. Teixeira, A. Santana, C. Mesquita, "On the Rocks", *Química, Boletim da Sociedade Portuguesa de Química*, **53** (1994) 50-54.

3. C. Teixeira, A.T. Sousa, I. Trigueiros, "Cristalização: Síntese de Sais Lónicos Duplos", *Química, Boletim da Sociedade Portuguesa de Química*, **66** (1997) 25-31.

4. C. Teixeira, *O livro das pedras. Partes I e II*, 2ª edição, Instituto Superior Técnico, Lisboa 1995.

5. C. Teixeira, *As Rochas Ornamentais e Os Minerais Sintéticos, Vídeo nº1*, Instituto Superior Técnico, Lisboa, 1997 (submetido para publicação).

6. C. Teixeira, "On the Rocks", *Crystallization on Rough Surfaces*, Vídeo nº2, Instituto Superior Técnico, Lisboa, 1997 (submetido para publicação).

7. C. Teixeira*, M. J. Rodrigues, S. Matos, N. Lourenço, I. Silva, M. C. Silvério, M. F. Coelho, A. A. Gomes, A. M. Morais, M. F. Soares, G. L. Libânio *As Rochas Ornamentais e Os Minerais Sintéticos, Documentário-Escolas, Vídeo nº 3*, Instituto Superior Técnico, Lisboa, 1997.

8. G.L. Hathaway, N.H. Proctor, J.P. Hughes, *Chemical Hazards of the Workplace*, 4ª ed., ITP Van Nostrand Reinhold, 1996.

9. G. Aylward, T. Findlay, *SI Chemical Data*, 3ª ed., John Wiley & Sons, 1994.

ANEXO

Lista das frases de risco (R) e de segurança (S) conforme a Portaria nº 732-A/96 de 11 de Dezembro, Anexos III e IV respectivamente.

Frases de risco

- R1 Explosivo no estado seco
- R2 Risco de explosão por choque, fricção, fogo, ou outras fontes de ignição
- R3 Grande risco de explosão por choque, fricção, fogo, ou outras fontes de ignição
- R4 Forma compostos metálicos explosivos muito sensíveis
- R5 Perigo de explosão sob acção do calor
- R6 Perigo de explosão em contacto ou sem contacto com o ar
- R7 Pode provocar incêndios
- R8 Perigo de incêndio em contacto com matérias combustíveis

- R9 Pode explodir quando misturado com matérias combustíveis
- R10 Inflamável
- R11 Muito inflamável
- R12 Extremamente inflamável
- R13 Gás liquefeito extremamente inflamável
- R14 Reage violentamente em contacto com a água
- R15 Em contacto com a água liberta gases muito inflamáveis
- R16 Pode explodir quando misturado com substâncias comburentes
- R17 Espontaneamente inflamável ao ar
- R18 Aquando da utilização, formação possível de mistura vapor/ar inflamável /explosiva
- R19 Pode formar peróxidos explosivos
- R20 Nocivo por inalação
- R21 Nocivo em contacto com a pele
- R22 Nocivo em caso de ingestão
- R23 Tóxico por inalação
- R24 Tóxico em contacto com a pele
- R25 Tóxico em caso de ingestão
- R26 Muito tóxico por inalação
- R27 Muito tóxico em contacto com a pele
- R28 Muito tóxico em caso de ingestão
- R29 Em contacto com a água liberta gases tóxicos
- R30 Pode tornar-se muito inflamável durante a utilização
- R31 Em contacto com ácido liberta gás tóxico
- R32 Em contacto com ácido liberta gás muito tóxico
- R33 Perigo de efeitos cumulativos
- R34 Provoca queimaduras
- R35 Provoca queimaduras graves
- R36 Irritante para os olhos
- R37 Irritante para as vias respiratórias
- R38 Irritante para a pele
- R39 Perigo de efeitos irreversíveis muito graves
- R40 Possibilidade de efeitos irreversíveis
- R41 Risco de lesões oculares graves
- R42 Pode provocar uma sensibilização por inalação
- R43 Pode provocar uma sensibilização em contacto com a pele
- R44 Risco de explosão se aquecido em ambiente fechado
- R45 Pode provocar cancro
- R46 Pode causar alterações genéticas hereditárias
- R47 Pode causar malformações congénitas

- R48 Risco de efeitos graves para a saúde em caso de exposição prolongada
- R49 Pode causar o cancro por inalação
- R50 Muito tóxico para organismos aquáticos
- R51 Tóxico para organismos aquáticos
- R52 Nocivo para organismos aquáticos
- R53 Pode causar efeitos negativos a longo prazo no ambiente aquático
- R54 Tóxico para a flora
- R55 Tóxico para a fauna
- R56 Tóxico para organismos do solo
- R57 Tóxico para as abelhas
- R58 Pode causar efeitos negativos a longo prazo no ambiente
- R59 Perigoso para a camada do ozono
- R60 Pode comprometer a fertilidade.
- R62 Possíveis riscos de comprometer a fertilidade.
- R63 Possíveis riscos durante a gravidez de efeitos indesejáveis na descendência.
- R64 Pode causar danos nas crianças alimentadas com leite materno.

A combinação de algumas destas frases de risco produz informação mais completa como por exemplo:

- R14/15 Reage violentamente com a água libertando gases muito inflamáveis
- R15/29 Em contacto com a água liberta gases tóxicos e muito inflamáveis
- R20/21 Nocivo por inalação em contacto com a pele
- R21/22 Nocivo por contacto com a pele e ingestão
- R20/22 Nocivo por inalação e ingestão
- R20/21/22 Nocivo por inalação, em contacto com a pele e por ingestão
- R23/24 Tóxico por inalação e contacto com a pele
- R24/25 Tóxico em contacto com a pele e por inalação
- R23/25 Tóxico por inalação e ingestão
- R39/23 Tóxico: perigo de efeitos irreversíveis muito graves por inalação
- R40/20 Nocivo: possibilidade de efeitos irreversíveis por inalação
- R48/20/21/22 Nocivo: risco de efeitos graves para a saúde em caso de exposição prolongada por inalação, por contacto com a pele e por ingestão

Frases de segurança

- S 1 Conservar fechado à chave
- S 2 Conservar fora do alcance das crianças
- S 3 Conservar num lugar fresco
- S 4 Conservar longe de qualquer zona de habitação
- S 5 Conservar em (líquido apropriado a especificar pelo produtor)
- S 6 Conservar em ... (gás inerte a especificar pelo produtor)
- S 7 Conservar o recipiente bem fechado
- S 8 Conservar o recipiente ao abrigo da humidade
- S 9 Conservar o recipiente num local bem ventilado
- S 12 Não fechar hermeticamente o recipiente
- S 13 Conservar longe dos alimentos e das bebidas, incluindo os alimentos para animais
- S 14 Conservar longe de ... (matérias incompatíveis a indicar pelo produtor)
- S 15 Conservar longe do calor
- S 16 Conservar longe de qualquer fonte de ignição - Não fumar
- S 17 Manter longe de matérias combustíveis
- S 18 Manipular e abrir o recipiente com prudência
- S 20 Não comer nem beber durante a utilização
- S 2 1 Não fumar durante a utilização
- S 22 Não respirar as poeiras
- S 23 Não respirar os gases / vapores / fumos / aerossóis [termo(s) apropriado(s) a indicar pelo produtor]
- S 24 Evitar o contacto com a pele
- S 25 Evitar o contacto com os olhos
- S 26 Em caso de contacto com os olhos, lavar imediata e abundantemente com água e consultar um médico
- S 27 Retirar imediatamente toda a roupa contaminada
- S 28 Em caso de contacto com a pele, lavar imediata e abundantemente com (produtos adequados a indicar pelo produtor)
- S 29 Não deitar os resíduos nos esgotos
- S 30 Nunca deitar água neste produto
- S 33 Evitar acumulação de cargas electrostáticas
- S 34 Evitar o choque e a fricção
- S 35 Deitar fora este produto e o seu recipiente com a devida precaução
- S 36 Usar vestuários de protecção adequados
- S 37 Usar luvas apropriadas
- S 38 Em caso de ventilação insuficiente, usar equipamento respiratório adequado
- S 39 Usar um equipamento de protecção de olhos e cara
- S 40 Para limpar o chão ou os objectos contaminados com este produto, utilizar ... (a especificar pelo produtor)
- S 41 Em caso de incêndio e/ou explosão não respirar os fumos
- S 42 Durante as fumigações/ pulverizações usar um equipamento respiratório adequado [termo(s) apropriado(s) a indicar pelo fabricante]
- S 43 Em caso de incêndio utilizar (meios de extinção a especificar pelo fabricante. Se a água aumentar os riscos acrescentar "Nunca utilizar água")
- S 44 Em caso de indisposição, consultar o médico (mostrar-lhe o rótulo se possível).
- S 45 Em caso de acidente ou de indisposição, consultar imediatamente um médico (mostrar-lhe o rótulo se possível)
- S 46 Em caso de ingestão, consultar imediatamente um médico e mostrar-lhe a embalagem ou o rótulo
- S 47 Conservar a uma temperatura que não exceda ... °C (a especificar pelo fabricante)
- S 48 Manter húmido com ... (material adequado a especificar pelo fabricante)
- S 49 Conservar unicamente no recipiente de origem
- S 50 Não misturar com (a especificar pelo fabricante)
- S 51 Usar só em lugares bem ventilados
- S 52 Não utilizar em grandes superfícies nas zonas habitadas
- S 53 Evitar a exposição, obter instruções especiais antes da utilização
- S 54 Obter autorização das autoridades responsáveis pelo controlo da poluição antes da descarga nas instalações de tratamento de águas residuais
- S 55 Tratar usando as melhores técnicas

- conhecidas antes da descarga no sistema de esgotos ou no ambiente aquático
- S56 Não efectuar a descarga no sistema de esgotos ou no ambiente; entregar num lugar autorizado para descarga de resíduos
- S57 Utilizar um recipiente adequado para evitar a contaminação do ambiente
- S58 Deve ser eliminado como resíduo perigoso
- S59 Solicitar ao fabricante/ fornecedor informações relativas à sua recuperação /reciclagem.
- S60 Este material e/ou o seu recipiente devem ser eliminados como resíduos perigosos.
- S61 Evitar a libertação para o ambiente. Obter instruções específicas/fichas de segurança.
- S62 Em caso de ingestão não provocar o vômito. Consultar imediatamente um médico e mostrar-lhe a embalagem ou o rótulo.

Combinação de frases de segurança

- S1/2 Conservar fechado à chave e fora do alcance de crianças
- S3/9 Conservar em lugar fresco bem ventilado
- S7/9 Manter o recipiente bem fechado em local bem ventilado
- S3/7/9 Conservar em recipiente bem fechado, em local fresco e bem ventilado
- S7/8 Conservar o recipiente bem fechado ao abrigo da humidade
- S20/21 Não comer, beber ou fumar durante a utilização
- S24/25 Evitar contacto com a pele e os olhos
- S36/37 Usar vestuário de protecção e luvas adequadas
- S36/39 Usar vestuário de protecção e equipamento de protecção para os olhos/cara adequados
- S36/37/39 Usar vestuário de protecção, luvas e equipamento de protecção para os olhos/cara adequados

- S3/14 Conservar em lugar fresco ao abrigo de ... (matérias incompatíveis a indicar pelo produtor)
- S3/9/14 Conservar em lugar fresco e bem ventilado ao abrigo de ... (matérias incompatíveis a indicar pelo produtor)
- S3/9/49 Conservar unicamente no recipiente de origem em lugar fresco e bem ventilado
- S3/9/14/49 Conservar unicamente no recipiente de origem em lugar fresco e bem ventilado ao abrigo de ... (materiais incompatíveis a indicar pelo produtor)
- S47/49 Conservar unicamente no recipiente de origem à temperatura que não ultrapasse ... °C (a especificar pelo produtor)

Instituto Português da Qualidade

Ministério de Indústria e Energia

PORTUGUESE INSTITUTE FOR QUALITY

Rua C & Avenida dos Três Vales
2825 MONTE DA CAPARICA
Portugal
Tel: (01) 294 81 00
Fax: (01) 294 81 01

CERTIFICADO DE CONFORMIDADE

NÚMERO

96/CEP.410

O INSTITUTO PORTUGUÊS DA QUALIDADE certifica que o Sistema da Qualidade da

SOQUÍMICA - SOCIEDADE DE REPRESENTAÇÕES DE QUÍMICA, LDA.
Rua Coronel Santos Pedroso, 15
1500 LISBOA
PORTUGAL

implantado na comercialização, manutenção e calibração de equipamentos de laboratório, cumpre os requisitos da Norma Portuguesa NP EN ISO 9002 - "Sistemas da Qualidade. Modelo de garantia da qualidade na produção, instalação e assistência após venda".

O presente certificado é emitido ao abrigo do Decreto-Lei n.º 234/93 de 2 de Julho, e de acordo com a Directiva CNQ 22 - "Certificação de sistemas da qualidade de empresas. Metodologias e regras gerais".

A presente certificação é válida por um período de três anos, renovável.

Monte de Caparica, 18 de Junho de 1996

Cândido dos Santos

Cândido dos Santos
Presidente



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

Origens, Desenvolvimento e Panorama Actual da Bioquímica da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa

R. E. PINTO*, I. AMARAL**



“Trabalhar em Bioquímica é decifrar os segredos mais misteriosos da natureza pelos recursos da inteligência humana; passaram contudo os tempos, em que o sábio, meditando no seu gabinete, resolvia de olhos fechados o problema eterno da vida. O investigador actual já não adivinha enigmas nem argumenta com a própria autoridade e a dignidade dos seus antecessores... não basta penetrar como anatómico no labirinto do corpo animal, nem herborizar como um botânico, para se fazer ideia das reacções químicas complicadíssimas que se dão nas células...”

K. Jacobsohn, Conferências IRC, 1934

Estas são as palavras e o pensamento de Kurt P. Jacobsohn (1904-1991), cerca de cinco anos após ter chegado a Portugal para trabalhar no Instituto de Investigação Científica Bento de Rocha Cabral (IRC), a propósito da investigação feita no âmbito de uma Ciência ainda por definir: a Bioquímica.

INTRODUÇÃO: OS PRIMÓRDIOS DA BIOQUÍMICA

Falar da evolução da Ciência em geral, é tratar das descobertas fundamentais, do amadurecimento das ideias e dos arquitectos que meticulosamente edificaram esta fabulosa catedral, este complexo edifício que Hans Adolph Krebs (1900-1981) tanto valorizava. Não iremos fazer uma análise descritiva da História da Bioquímica, mas apenas dar a conhecer o esqueleto conceptual das princi-

pais contribuições feitas até K. Jacobsohn vir para Portugal e, principalmente, as que de alguma forma se intersectam com a realidade portuguesa, em particular com a Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa.

A Bioquímica surgiu como disciplina independente no início do Séc. XX. As primeiras tentativas de emancipação da Química Fisiológica, a disciplina precursora da Bioquímica, foram feitas na Alemanha^I a partir da Fisiologia e Química Orgânica, sendo os primeiros trabalhos publicados por volta de 1850.

Todavia, as preocupações por aspectos hoje considerados bioquímicos, perdem-se um pouco na origem dos tempos. Podemos delimitar os primeiros trabalhos com Theophrastus Bombastus von Hohenheim (1493-1541), mais conhecido como Paracelso. A união da Química de Paracelso com a Medicina e a Biologia, a Iatroquímica, despertou o interesse pelo estudo da vida com base na Química da época. Foram necessários cerca de 250 anos para que a Química surgisse como Ciência. Carl Wilhelm Scheele (1742-1786) e Antoine Lavoisier (1743-1794) foram iniciadores desse processo e são considerados como fundamentais para o estabelecimento das raízes do que viria a ser a Bioquímica. Scheele descobriu vários compostos existentes nos seres vivos, ou produzidos por estes (Química Orgânica) além de ter descoberto vários elementos químicos. Lavoisier verificou a lei da conservação da matéria, foi protagonista da nova nomenclatura química e da racionalização da própria Química, além de outras contribuições fundamentais na História da Química^{II}. As suas contribuições foram fulcrais para a emergência da Química Fisiológica^{III}. A evolução natural da investigação química conduziu ao desenvolvimento dos fundamentos da Química científica, com o aparecimento e utilização de técnicas de análise elementar quantitativa protagonizadas pelos trabalhos de Jöns Jacob Berzelio (1779-1884) e de Justus von Liebig (1803-1873). O primeiro introduziu também o con-

ceito de catálise, que foi crucial na Bioquímica, entendida como química catalítica, ou seja, enzimática.

Após ter sido sintetizada a ureia, por R. Wöhler (1800-1882), em 1828, muitos foram os compostos biológicos sintetizados no laboratório. M. Berthelot (1827-1907) foi importantíssimo neste âmbito da investigação científica sintetizando alguns deles cuja existência não era conhecida nos organismos vivos. Este facto conduziu Kékulé a separar a Química Orgânica em Química dos Compostos de Carbono e em Química Fisiológica. Emil Fischer (1852-1919), já no último quartel do século passado, dedicou-se à investigação da estrutura e da síntese das oses assim como da estrutura das proteínas, que mostrou ser peptídica. Foi um passo gigantesco na construção da Bioquímica, no sentido da Bioquímica Estática (Química dos organismos vivos).

A origem da Bioquímica deve-se não só ao desenvolvimento da Química como da Biologia, e, também da Física. Com o aparecimento da teoria celular de Schleiden (1804-1881) e Schwann (1810-1882) começou a acreditar-se que só nas células poderiam ocorrer as reacções biológicas (vitalismo). Louis Pasteur (1822-1895) teve grande importância na aceitação destas ideias devido aos estudos de fermentação e à criação da Microbiologia. Além disto, deve-se também a Pasteur a separação de estereo-isómeros ópticos e o facto de se ter apercebido de que “a vida é função da dissimetria molecular”^{IV}. Rudolf Virchow (1821-1902), um dos maiores biólogos de sempre, associou a teoria celular à patologia dando origem à sua grande obra, a teoria da Patologia Celular.

Em 1897, o vitalismo tende a desaparecer devido à contribuição de Eduard Büchner (1860-1917), ao observar que era possível obter um extracto enzimático das células de levedura, a *zymase*, responsável pela fermentação alcoólica^V. Esta descoberta foi considerada uma das mais poderosas ferramentas da Bioquímica: a possibilidade de tornar viável o estudo químico experimental

dos sistemas metabólicos altamente complexos que ocorrem nas células. Na realidade é, em geral, aceite que tenha nascido assim a Bioquímica.

Nove anos após a descoberta de Büchner, foi possível a Arthur Harden (1865-1940) e W.J.Young, em Cambridge, observarem que para a fermentação não são só necessárias enzimas mas também fosfato e um co-factor termostável de baixo peso molecular a que se chamou *cozimase*. Mais tarde Otto Meyerhoff (1884-1951) observou que este mesmo composto era necessário na glicólise muscular mostrando assim que existe muito maior semelhança dos processos metabólicos na matéria viva do que se julgava.

O estudo da fermentação alcoólica foi essencial (e iniciador) no conhecimento da existência e dos mecanismos de produção dos diferentes compostos intermediários a partir da glucose, em condições de anaerobiose. Vamos encontrar como protagonista fundamental desta linha de investigação, Carl Alexander Neuberg (1877-1956)^{VI}, que descobriu ser o fosfato de frutose (éster de Neuberg) um composto intermediário na fermentação da glucose pela levedura. Descobriu, ainda, o conjunto de reacções intermediárias da sequência da degradação dos glícidos que constituem as reacções típicas da fermentação alcoólica: o piruvato é descarboxilado produzindo aldeído acético que é depois reduzido a álcool etílico. Prosseguindo a investigação sobre fermentações, propôs outros tipos de mecanismos entre os quais, o que conduz á formação de glicerol. Esta descoberta foi de grande importância para a Alemanha quando houve falta de gorduras (glicéridos) para a produção de glicerol.

Por outro lado a descoberta feita em Cambridge, por Frederick Gowland Hopkins (1861-1947) - que mostrou a redução do piruvato a lactato, durante a contração muscular, conduziu à reacção típica da glicólise, pois não existe na fermentação alcoólica.

Ao interesse pela investigação dos processos anaeróbios seguiu-se,

naturalmente, o interesse pelos processos aeróbios, que marcaram o período áureo do desenvolvimento da Bioquímica nos anos 30 centralizada de início na Alemanha e depois em Inglaterra e no resto da Europa.

Otto Heinrich Warburg (1883-1970), discípulo de E. Fischer, foi provavelmente o maior de todos os bioquímicos pela sua vasta cultura científica e técnica que lhe permitiu uma versatilidade ímpar como investigador. A sua obra é extraordinária não só pela qualidade e quantidade, como pelas várias áreas investigadas e desenvolvidas^{VII}. Estão neste caso, ainda antes dos anos trinta, a criação e aperfeiçoamento das metodologias e técnicas como a manometria, a espectrofotometria e a técnica de "fatias de tecidos"; as descobertas fundamentais sobre os tumores cancerosos (glicólise aeróbia) e ainda, as primeiras e mais importantes descobertas na oxidação aeróbia, como por exemplo, a descoberta do *Atmungsferment* (enzima respiratório), hoje conhecido por citocromo oxidase. Foi precisamente pelos estudos realizados entre 1926 e os finais dos anos vinte sobre o enzima respiratório que Warburg foi galardoado com o Prémio Nobel de Medicina e Fisiologia de 1931.

Por volta de 1929, Kurt P. Jacobsohn chegou a Portugal. Também nesse ano, H. A. Krebs se doutorava com O. Warburg, em Berlim. Krebs estudou no laboratório de Warburg o efeito dos metais pesados e heminas como catalisadores de processos oxidantes (oxidação da cisteína, por exemplo) envolvendo-se pois na investigação do metabolismo aeróbio. Durante os anos trinta foi responsável pela concepção e descoberta dos ciclos biológicos degradativos (ciclo da ornitina, ciclo do ácido cítrico ou de Krebs e ciclo do glioxilato). Pela descoberta do ciclo fundamental do metabolismo aeróbio, foi-lhe atribuído o Prémio Nobel em 1953 e o título de cavaleiro em 1956, passando a ser conhecido por Sir Hans Krebs^{VIII}. Embora a versão original deste ciclo tivesse sido alterada ao longo do tempo devido à

descoberta de novos compostos intermediários, ela representa uma ideia de perfeição e de economia termodinâmica dos sistemas biológicos, ideia única na História da Bioquímica. Além disto mostra como se forma o dióxido de carbono (produto final carbonado da degradação aeróbia) e o potencial redutor usado na cadeia transportadora de electrões, tendo como produto final, água, que representa o processo terminal na oxidação dos alimentos.

Em Portugal, K. Jacobsohn desenvolveu a sua investigação sobre várias reacções do ciclo de Krebs, em particular, a reacção catalisada pela fumarase. Alguns estudos efectuados sobre este enzima, ainda hoje são reconhecidos como excelentes atendendo ao equipamento laboratorial disponível na altura.

Tentou-se desta forma dar a conhecer a sequência do essencial descoberto na Bioquímica até à vinda de Kurt P. Jacobsohn para Portugal, e dos investigadores que directa ou indirectamente estão na origem da Bioquímica do nosso País, em particular, da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa.

ORIGENS DA INVESTIGAÇÃO DA BIOQUÍMICA EM PORTUGAL E DA FACULDADE DE CIÊNCIAS DA UNIVERSIDADE DE LISBOA

"If Scientists never change their minds, they eventually die "M. Planck

Em 1911 são extintas a Escola Médico-Cirúrgica e a Escola Politécnica sendo substituídas pelas Faculdades de Medicina e de Ciências. Estas Faculdades apresentam uma estratégia em alguns aspectos diferentes das Escolas que vieram substituir, sendo a mais importante, o papel que a componente experimental passou a desempenhar no ensino da Química Fisiológica, e que foi determinante na formação de uma mentalidade científica, permitindo assim o desenvolvimento de um es-

pírito mais dirigido no sentido da investigação.

As condições para o desenvolvimento da investigação eram muito pobres não só do ponto de vista laboratorial, como humano. Não existia praticamente ninguém que tivesse preparação experimental nem hábitos de investigação científica e, não havia, portanto, incentivo à investigação nem ao apetrechamento dos laboratórios. Parece razoável considerar-se que toda esta situação se alterou pela vinda de Marck Anahory Athias (1875-1946) para Lisboa. Athias era licenciado em Medicina pela escola francesa onde privou com ilustres cientistas que muito contribuíram para a sua revelação como homem de ciência^{IX}. Marck Athias poderá ser considerado pioneiro, em Portugal, da aplicação prática do método experimental e consequente incentivo à investigação laboratorial na Medicina, em particular, na Faculdade. Além disso não deve ser esquecida a sua grande contribuição no desenvolvimento do espírito crítico relativo à produção científica nacional bem como da sua divulgação^X. Toda a sua postura científica e metodologia de trabalho conduziu à formação de alguns discípulos fieis aos seus princípios e capazes de darem continuidade a um projecto de investigação em diferentes áreas da biomedicina. Do conjunto de seguidores que teve destacam-se, Celestino da Costa, Joaquim Fontes e muito particularmente, Ferreira de Mira.

Em Portugal a investigação em Bioquímica, foi implantada em 1929^{XI} com a vinda de Kurt Jacobsohn de Berlim, onde trabalhou e se doutorou com Carl Neuberg, o grande químico orgânico e bioquímico a quem se deve uma obra grandiosa e ainda, a vulgarização do termo Bioquímica^{XII}. Kurt Jacobsohn veio para Lisboa por iniciativa de Ferreira de Mira^{XIII}, professor de Química Fisiológica da Faculdade de Medicina da Universidade de Lisboa, fundador e primeiro director do Instituto de Investigação Científica Bento da Rocha Cabral^{XIV}.

Ferreira de Mira sendo um cientista de visão dinâmica da Ciência cedo reconheceu que a Bioquímica era uma disciplina muito importante que embora já não estivesse a dar os primeiros passos a nível mundial, ainda não existia em Portugal. Conhecendo bem os trabalhos de Carl Neuberg no âmbito da Química Orgânica em que era exímio, deslocou-se a Berlim e pediu-lhe que lhe sugerisse um dos seus assistentes para liderar a secção de Química Biológica do IRC. Neuberg indicou-lhe Kurt Jacobsohn que chegou recém doutorado a Lisboa, em 1929. Quatro anos depois Ferreira de Mira estabeleceu com ele um contrato que se tornou vitalício tendo-se tornado então o único bioquímico no IRC e em Portugal.

Kurt Jacobsohn continuou em Portugal uma actividade científica vocacionada para o estudo do metabolismo e para a enzimologia. Em 1935 depois de lhe ter sido atribuída a equiparação do grau de Doutor, pela Universidade de Berlim ao de Doutor em Ciências Físico-Químicas da Universidade de Lisboa, ingressou na carreira universitária na Faculdade de Ciências, onde permaneceu quarenta anos. Assim deu início à investigação e ensino da Bioquímica da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa^{XV}.

DESENVOLVIMENTO DA BIOQUÍMICA DA FACULDADE DE CIÊNCIAS DA UNIVERSIDADE DE LISBOA

A presença de Kurt Jacobsohn na Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa e o início do ensino da Bioquímica na Disciplina de Química Orgânica estimulou o interesse de alguns estudantes nesta disciplina. Deodata de Azevedo foi o primeiro aluno a seguir esse caminho e a fazer estágio de investigação de licenciatura em Físico-Química com o Prof. Jacobsohn tendo dedicado toda a sua vida profissional a esta área científica. Depois de licenciada foi para o IRC onde se manteve trabalhando com Kurt Jacobsohn até final da vida

científica deste, continuando depois até se reformar.

Outros estudantes vieram a interessar-se também pela Bioquímica tendo dois deles vindo a ser docentes da Secção de Química e a fazerem doutoramentos em assuntos de carácter bioquímico, Ruy E. Carvalho Pinto (R. E. Pinto) e Renato Leal. O primeiro destes fez o estágio de investigação com Kurt Jacobsohn na Faculdade e no IRC, entre 1951 e 1953. No ano lectivo de 1956/57 esteve na Universidade de Oxford onde fez um curso de pós-graduação em Bioquímica sob a supervisão de Sir Hans Krebs¹⁶ tendo depois continuado a investigação, que iniciou no início do curso, até final de 1958. De regresso foi convidado para Assistente da Secção de Química da Faculdade de Ciências mas dedicava-se à investigação no IRC. Após o doutoramento em Química em 1966 pela Universidade de Lisboa voltou para Inglaterra, para a Universidade de Sheffield onde fez investigação com W. Bartley durante três anos. De regresso a Portugal foi supervisionar o grupo de Bioquímica do LFEN (Laboratório de Física e Energia Nuclear), depois LNETI (Laboratório Nacional de Engenharia e Tecnologia Industrial) e actualmente, INETI (Instituto Nacional de Engenharia e Tecnologia Industrial), onde se manteve até 1979, altura em que ficou em regime de exclusividade como catedrático de Bioquímica da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. Desde 1975 até essa data foi professor convidado de Bioquímica (após K. Jacobsohn se jubilar) mas permanecendo no LNETI como responsável do departamento de Biologia. Renato Leal começou a sua vida de licenciado como Assistente de Química Inorgânica tendo-se depois interessado pela investigação bioquímica passando a ser orientado por Kurt Jacobsohn. No final dos anos cinquenta foi para Londres onde trabalhou durante um ano com A. Greebaun (University College). De regresso a Portugal doutorou-se pela Universidade de Lisboa em 1962, continuando a fazer a sua investigação no IRC até ao seu

falecimento em 1976. Tornou-se catedrático de Química em 1970.

Estes três investigadores, que constituem a segunda geração de "bioquímicos", continuaram a investigação em Bioquímica, além de K. Jacobsohn, dando origem ao que se poderia considerar a terceira geração, constituída por cerca de uma dúzia de licenciados em Química da Faculdade de Ciências que na sua grande maioria, foram assistentes. Contudo só se doutoraram alguns deles que permaneceram ou se tornaram docentes da Faculdade (Luísa Neves e Cristina Santos). Jacques Calazans trabalhou com R. E. Pinto mas doutorou-se em Upsalla (Suécia) com Lövdin e M. Teresa Carreira teve como supervisor J. Calazans. Também Ana Ponces Freire se doutorou com Carlos Manso (Faculdade de Medicina da Universidade

de Lisboa) e Fátima Morais com Ana Ponces Freire. Também se doutoraram com Carlos Manso alguns engenheiros químicos mas só M. Lurdes Mira faz parte desta terceira geração e é actualmente docente na Faculdade de Ciências. Consideramos como quarta geração os docentes doutorados a seguir a estes e como quinta geração, os licenciados em Bioquímica (F.C.U.L.) que se doutoraram ou que continuaram a investigação neste campo.

PANORAMA ACTUAL DA BIOQUÍMICA DA FACULDADE DE CIÊNCIAS DA UNIVERSIDADE DE LISBOA

Em 1982, foi criada a licenciatura em Bioquímica na Faculdade de

Ciências^{XVII}. Esta licenciatura teve uma aceitação difícil por parte do Ministério da Educação devido á diferença de critérios relativas às características da licenciatura, entre este e os docentes envolvidos. Desta situação resultou um atraso grande relativamente à primeira licenciatura em Bioquímica criada no nosso País, na Universidade de Coimbra. Pretendia a Faculdade de Ciências (U.L.) que a licenciatura tivesse quatro anos de escolaridade seguida de um ano de estágio de investigação científica e que não fosse apenas o somatório de um conjunto de disciplinas de Química e Biologia, como pretendia o Ministério. Além disso, entre outras coisas, pretendia-se que a licenciatura fosse dirigida essencialmente para formar investigadores, não excluindo a possibilidade dos licenciados pode-

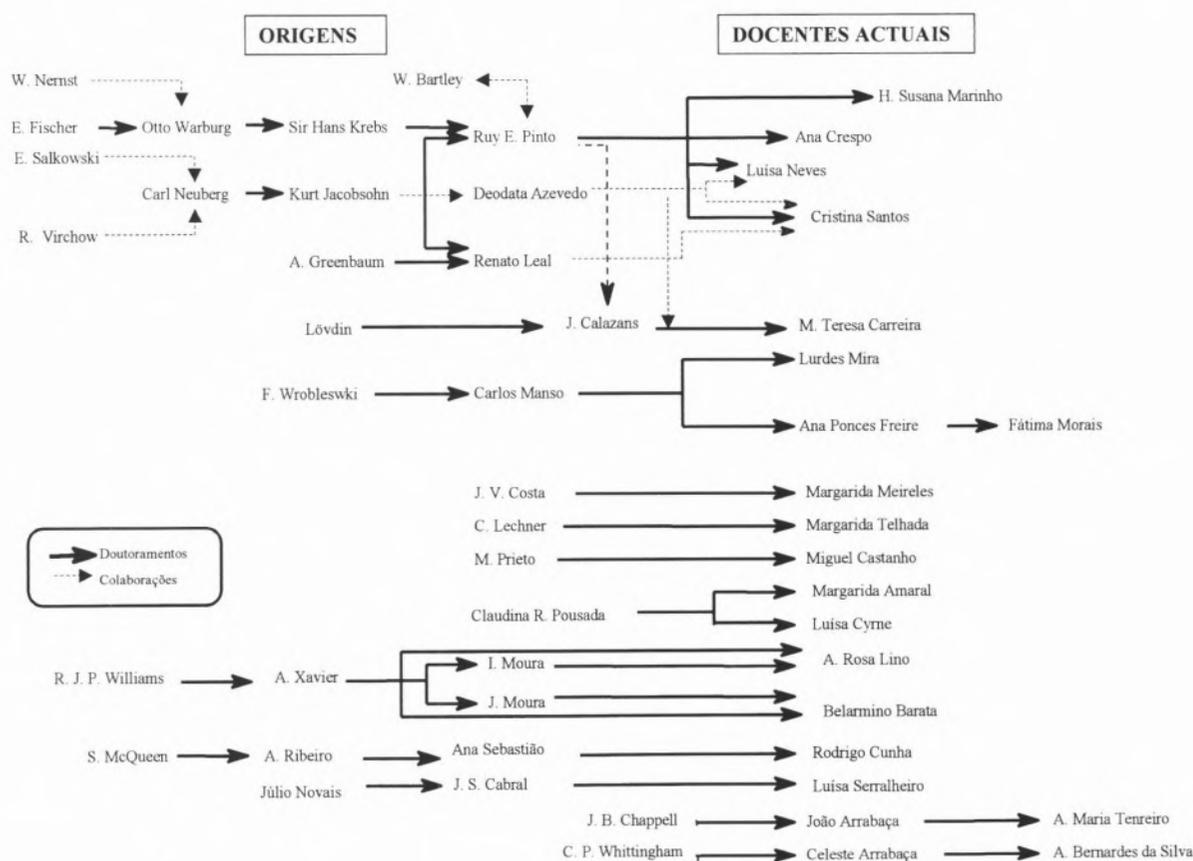


Fig. 1 - Docentes bioquímicos actuais da F.C.U.L. e suas origens científicas

rem vir a ser docentes ou técnicos superiores. Deste processo de acordo difícil resultou então uma licenciatura com quatro anos, incluindo o estágio de investigação como uma disciplina do último semestre do curso. Esta situação resultou em prejuízo sobretudo dos primeiros licenciados pois na prática qualquer estágio de investigação foi concluído no mínimo após um ano de investigação. Só após a reforma de 1993 a situação se alterou e, de facto, actualmente, a licenciatura obedece a alguns requisitos pretendidos pela Faculdade de Ciências, como por exemplo, a escolaridade de quatro anos seguida de um ano de investigação.

Se se entender que uma escola é formada por todos aqueles que directa ou indirectamente tiveram influência, ou um papel decisivo, no rumo de qualquer carreira científica ou académica, embora se corra o risco de esquecer alguém, poder-se-á visualizar através das figuras apresentadas neste texto, uma tentativa de estabelecer essa rede de pessoas que naturalmente representam ideias, conceitos ou até metodologias de trabalho, que culminam nos actuais docentes da Faculdade ou seus investigadores que suportam e orientam a licenciatura de Bioquímica na F.C.U.L..

Na figura 1 procura-se relacionar as influências científicas marcantes expressas pelos cientistas que de alguma forma deram origem aos actuais docentes da F.C.U.L.. Os docentes da quarta e quinta geração foram-se doutorando em áreas específicas das quais a Faculdade carecia, recorrendo a cientistas do Instituto Gulbenkian de Ciência ou de outras Faculdades. Estes leccionaram pela primeira vez as disciplinas naquelas áreas e mantiveram-nas enquanto não houve docentes da Faculdade para o fazer^{XVIII B}.

Em síntese, a Universidade de Lisboa concedeu cerca de trinta doutoramentos entre graduados em Química e Bioquímica (figuras 2 e 3). Cerca de duas dúzias de licenciados em Bioquímica pela Faculdade de Ciências da U.L. obtiveram o grau de

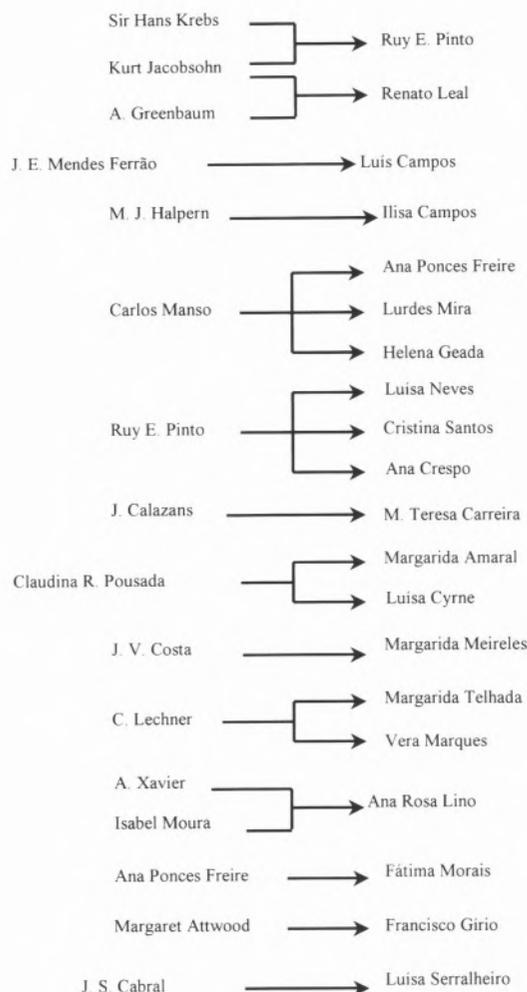


Fig. 2 - Doutores em Bioquímica (ou ciências afins) pela U.L. que não são licenciados em Bioquímica pela F.C.U.L.

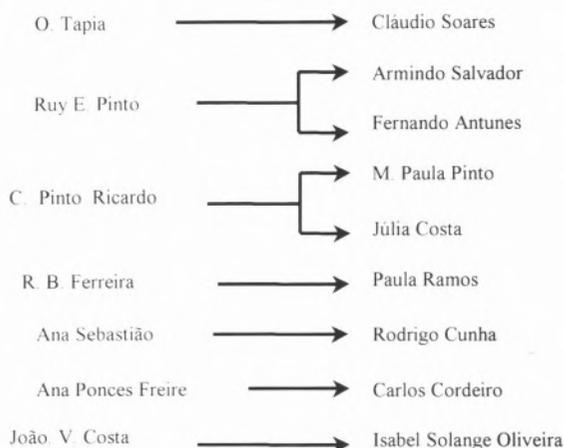


Fig. 3 - Doutoramentos de licenciados em Bioquímica da F.C.U.L. pela Universidade de Lisboa

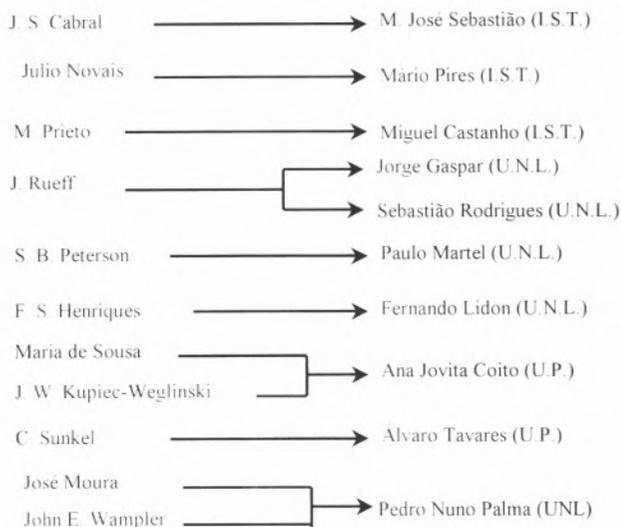


Fig. 4 - Doutoramentos em Bioquímica de licenciados em Bioquímica (F.C.U.L) por outras Universidades portuguesas

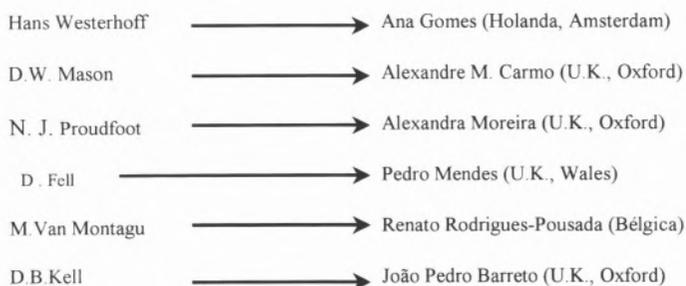


Fig. 5 - Doutoramentos em Bioquímica de licenciados em Bioquímica (F.C.U.L) no estrangeiro

Ana Jovita Coito

- 1994 - The Upjohn Young Investigator Award, American Society of Transplant Physicians
- 1995 - The ASTP Young Investigator Award, American Society of Transplant Physicians
- 1996 - The ASTP Young Investigator Award, American Society of Transplant Physicians

Rodrigo Cunha

- 1994 - Menção Honrosa, Prémio da Boa Esperança
- 1995 - Prémio Gulbenkian de Estímulo à Investigação

Palmira Costa

- 1994 - Menção Honrosa, Prémio da Boa Esperança

Miguel Castanho

- 1996 - Prémio Gulbenkian de Estímulo à Investigação

Fig. 6 - Prémios atribuídos a licenciados em Bioquímica pela F.C.U.L.

Doutor em Portugal (figuras 3 e 4) nestes últimos anos, o que representa uma média de três por ano.

Por fim, parece-nos interessante referir os prémios atribuídos a licenciados em Bioquímica pela F.C.U.L. quer em Portugal quer no estrangeiro, (figura 6), pois julgamos que reflectirão, de alguma forma, o reconhecimento do mérito desses cientistas e, possivelmente também, das Escolas que os formaram.

NOTA: Palestra apresentada por Ruy E. Pinto, a 5 de Maio de 1997 na Reitoria da Universidade de Lisboa durante a Comemoração dos 15 anos da Licenciatura em Bioquímica da Faculdade de Ciências, (5-9 de Maio de 1997).

AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de manifestar a nossa gratidão a todas as instituições e pessoas que colaboraram para que a exposição fosse possível. Pelo facto da exposição ter utilizado o espaço da Reitoria da U.L. agradecemos a adesão e cumplicidade do Senhor Reitor (Virgílio Meira Soares) para com o evento. Finalmente não poderíamos deixar de agradecer também à Dra. Eugénia Balsas e à Dra. Maria Leal pela disponibilidade e simpatia com que nos receberam e ajudaram.

* Professor Catedrático de Bioquímica (Jubilado) da Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa, Cidade Universitária, 1700 Lisboa, Director do Instituto de Investigação Científica Bento da Rocha Cabral, Calçada Bento da Rocha Cabral, 14, 1250 Lisboa.

** Assistente da Secção de História e Filosofia da Ciência, CICSA, Faculdade de Ciências e Tecnologia, U.N.L., 2825 Monte de Caparica.

NOTAS E REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

¹ Em 1903 existiam 2500 investigadores na Alemanha e publicaram 3000 artigos relacionados com os aspectos químicos das Ciências Biomédicas. Por outro lado, a Alemanha tinha 11 lugares académicos para os bioquímicos, a Áustria 8, os restantes países europeus 15 e a Inglaterra e os Estados Unidos tinham só 2. Ver em Koller, R. E., *From Medical Chemistry to Biochemistry - the making of a biomedical discipline*, Cambridge University Press, Cambridge, 1982, pp.10.

^{II} Para mais pormenor consultar Lavoisier, A. ; *Premier mémoire sur la respiration des animaux*, Mémoire de l'Académie des Sciences, 1777, pp688-703 ou ainda em , Lavoisier, A. , *Elements of Chemistry*, in Enciclopedia Britannica, Inc., xxvi ed., 1984, pp9-161.

^{III} Entre o conjunto de contribuições científicas de Lavoisier , as que maior relevância tiveram na Química Fisiológica, são a proposta do esquema geral da fermentação alcoólica, as teorias da respiração (oxidação lenta produzindo dióxido de carbono e água) e do calor animal, como resultado das oxidações biológicas.

^{IV} Radot P. V., *Oeuvre de Pasteur – Dissymetrie Moleculaire*, Librairie de l'Académie de Médecine, Paris, 1922.

^V Foi Maria Manasseina que em 1872 demonstrou que as células de levedura não eram necessárias para que se desse a fermentação alcoólica. Poderia assim ser considerada o primeiro bioquímico ao contrário de E. Büchner. Todavia, a sua descoberta passou despercebida devido ao facto de se acreditar na época, no vitalismo. Em Lagnado, J. (1992), "Was the first biochemist a woman?", *The Biochemist* , **14**, (5), 21-22.

^{VI} Carl Alexander Neuberger foi discípulo de E. Salkowski e de R. Virchow. Em 1913 foi convidado para liderar o departamento de Bioquímica no recém criado *Kaiser Wilhelm Institut für Therapie* cujo director era August von Wassermann. Entre 1920 e 1934 teve várias nomeações para o Prémio Nobel e em 1925, com a morte de August von Wassermann e dada a importância que o laboratório de Neuberger tinha no *Kaiser Wilhelm Institut für Therapie*, este passou a designar-se por *Kaiser Wilhelm Institut für Biochemie*, sendo Carl Neuberger o seu novo director. Em Amelie, L. Grauer, *Enzymologia*, Vol. XVIII, (1957) pp.1-2 ; Nord, F. F. "Obytuary" , *Advances in Carbohydrate Chemistry and Biochemistry*, Academic Press Publishers, Inc., New York, 1958 pp 1-7 ; Nord, F. F., *Archives of Biochemistry and Biophysics*, Vol. 69, Academic Press Inc., Publishers, New York, 1958, i. Foi membro de várias academias científicas, incluindo Portugal. Em 1932 foi conferencista na Academia de Ciências de Lisboa sobre a degradação dos glícidos.

^{VII} Consulte-se Krebs, H., *Otto Warburg- Cell Physiologist, biochemist and eccentric*, Clarendon University Press, Oxford, 1981.

^{VIII} Para consulta mais detalhada, veja-se, Krebs, H. , *Reminiscences and Reflections*, Clarendon University Press, Oxford, 1981.

^{IX} O seu grande mestre foi Mathias Duval. Iniciou a investigação numa das mais famosas escolas de investigação em histologia. Athias conheceu no laboratório de histologia de M. Duval alguns dos melhores histologistas franceses e tornou-se um homem de Ciência. Aí aprendeu a técnica histológica, sobretudo o difícil método de Golgi em que foi exímio e ao qual fez aperfeiçoamentos. Daí ter publicado vários trabalhos sobre a histogénese dos neurónios que lhe garantiram reconhecimento internacional.

^X Em 1920 com Abel Salazar e Celestino da Costa, o seu primeiro assistente, Athias funda uma revista que permitia divulgar os trabalhos dos biólogos portugueses. Assim nasceram os *Archives Portugaises des Sciences Biologiques*. No mesmo ano Athias fundou também a Reunião Biológica de Lisboa, filial da Sociedade de Biologia de Paris, e dois anos depois tomou a designação de Sociedade Portuguesa de Biologia.

^{XI} Também Porto e Coimbra desenvolveram um conjunto de iniciativas que culminaram na consolidação da Bioquímica em Portugal sobretudo a partir da década de 50-60. Em qualquer das Universidades, à semelhança de Lisboa, a Química Fisiológica, disciplina precursora da Bioquímica, começou a desenvolver-se em torno da Medicina. Todavia o Porto foi protagonista na consolidação da disciplina sobretudo a partir da Faculdade de Farmácia enquanto Coimbra o fez a partir da Faculdade de Ciências e Tecnologia.

^{XII} O termo Bioquímica foi usado pela primeira vez por Felix Hoppe-Seyler em 1877 no preâmbulo do primeiro volume do *Zeitschrift für Physiologische Chemie*, o primeiro periódico vocacionado para a divulgação da Química Fisiológica na Alemanha e que ele próprio editou. Em Hoppe-Seyler, *Z. physiol. Chem.*, **1**, 1, 1877-8.

^{XIII} Ferreira de Mira foi escolhido por Bento da Rocha Cabral por vontade testamentária, para fundador e director do IRC. A escolha recaiu sobre Ferreira de Mira porque este escrevia artigos de divulgação científica, sobre cultura e ensino publicados no periódico, *a lucta* (lido por Bento da Rocha Cabral no Brasil) onde defendia insistentemente a importância que os Institutos independentes e financiados por benemerência tinham

para o desenvolvimento científico, como complemento do papel do estado. Sendo Bento da Rocha Cabral um milionário, resolveu deixar grande parte da sua fortuna para que em Portugal se edificasse um Instituto de Investigação à semelhança dos Institutos Rockefeller e Carnegie, nos Estados Unidos, embora de dimensões diferentes, o IRC.

^{XIV} Não sendo possível criar nas instalações do instituto, um laboratório especial para cada ramo das ciências biológicas, foram instalados laboratórios apenas em quatro secções: Fisiologia, Histologia, Química Biológica e Bacteriologia. Com a liderança de K. P. Jacobsohn a secção de Química Biológica passou a designar-se laboratório de Bioquímica.

^{XV} Durante cerca de cinquenta anos de vida activa de investigação K. P. Jacobsohn publicou cerca de duzentos e cinquenta trabalhos. Foi Professor Catedrático em 1956 e Vice-Reitor da U.L. em 1970.

^{XVI} Ruy E. Pinto foi colega, em Oxford, de Manuel Sobrinho Simões, doutorado em Medicina pela Universidade do Porto. Ambos integraram o primeiro curso experimental de Bioquímica organizado por H.A.Krebs que reunia seis cientistas de várias partes do Mundo, sendo metade deles já doutorados.

^{XVII} Dec. Lei nº 125/82; Portaria nº 1022/82.

^{XVIII} Aproveitamos a oportunidade para agradecer a todos os professores convidados que durante alguns anos foram responsáveis pela leccionação das disciplinas da licenciatura de Bioquímica e/ou pela formação de doutorados.



Equipamento de Laboratório
Balanças - Centrifugas - Aparelhos de pH - Tituladores
Condutoímetros - 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
Telefs. (01) 957 04 20/1/2 - Fax (351-1-957 04 23) - Portugal

Exames Nacionais do 12^o Ano – 1997 Relatório do CNEES: Provas de Química e de Ciências do Ambiente†

M. FILOMENA G.F. CRUJO CAMÕES*

Os resultados dos exames são registados e avaliados no âmbito do processo de várias áreas do ensino nacional, a SPQ tem estado envolvida no Conselho Nacional de Exames do Ensino Secundário (C.N.E.S.), órgão consultivo do Ministério da Educação desde a sua fundação, há dois anos. No desempenho de funções neste âmbito tem ressaltado a avaliação das provas preliminares dos Cursos Modulares de Química e de Ciências do Ambiente, a produção de pareceres sobre as condições de realização, a realização de visitas nacionais e a disponibilização de pareceres, processos de análise de resultados, quando solicitados, com base nos critérios parâmetros por disciplina elaborados por esta entidade respectivos Conselho e na análise global do processo e resultados dos exames do 12^o ano de ano lectivo 1996/97, o CNEES produziu relatórios separadamente enviados à tutela e já divulgados publicamente. Transcrevem-se, em seguida, os relatórios das disciplinas de Química (Provas N.º 142) e de Ciências do Ambiente (Provas N.º 104), parte do Relatório do CNEES, dos quais foi relatada a representante da SPQ no CNEES, Prof. Dr. Maria Filomena Camões, do Departamento de Química e Bioprocessos da FCT.

QUÍMICA

INTRODUÇÃO

Reconhecendo que o processo de exames do ano lectivo 1996/97 é autónomo em relação ao processo correspondente do ano anterior, não deixa no entanto de ser oportuno estabelecer algum paralelismo entre ambos, na medida em que todas as actuações terão sido movidas por uma enorme vontade de melhorar significativamente em relação ao ano de 1995/96, de transição em vários aspectos e que teve, se não outros, o

mérito de revelar deficiências e portanto promover uma maior qualidade do processo de ensino-aprendizagem-avaliação. Não se pode ter a veleidade de pensar que uma vez diagnosticados os problemas do sistema, o alerta que deles se faça seja suficiente para que fiquem automática e definitivamente resolvidos e ultrapassados. É necessário, antes, o estabelecimento de mecanismos de formação e de aferição contínuos, numa atitude de constante aperfeiçoamento.

Apraz-nos, certamente registar um cumprimento generalizado dos requisitos-base, como sejam a elaboração e divulgação de informações anunciadas, tais como as orientações de gestão do programa. Foi patente um elevado grau de profissionalismo dos responsáveis e colaboradores aos vários níveis da cadeia hierárquica,

As matrizes das provas, na sua apresentação simples e esquemática, obedeciam ao programa e respectivas orientações de gestão.

As provas respeitavam as matrizes, em termos de conteúdos e de diversificação de competências. As perguntas, de diferentes tipos de formulações, com um escalonamento de dificuldade razoável e sem graus de complexidade desnecessariamente elevados, eram, de forma geral, bem construídas, questionando o essencial, de forma a exigir uma boa assimilação dos tópicos questionados. A resolução de algumas questões exigia a relação de conhecimentos originariamente de unidades didácticas distintas, como seria de esperar; considera-se que tal aconteceu de forma ajustada ao nível de desenvolvimento intelectual desejável. Regista-se como altamente positiva a inclusão de um grupo de questões afins da prática laboratorial. O tempo atribuído à realização das provas era, sem margem para grandes pausas, adequado à sua extensão.

Se dos comentários de apreciação acima expostos se pode deduzir uma aparente aprovação incondicional do processo, tal não corresponde à realidade. É, no entanto justo assinalar uma progressão positiva generalizada e, praticamente, isenta de críticas pelos meios da comunicação social e pelos alunos, seus professores e familiares.

Os aspectos altamente negativos

que fomos registando, com realce para a versão preliminar da prova-modelo de Química, resumem-se na constatação da necessidade imperiosa de incidência na preparação científica continuada dos professores, na garantia da sua comunicação eficaz com os seus pares e com as organizações científicas nacionais e internacionais da especialidade e afins. Os professores, de entre os quais saem porventura os autores das provas de exame, devem ser alertados e motivados para a consulta de documentação científica de qualidade reconhecida. Assim, irão sendo ultrapassadas muitas das questões de formulação deficiente por exemplo por incumprimento de normas de nomenclatura.

PROVA DA 1^a CHAMADA

Prova, numa primeira abordagem, correcta. Com grau de dificuldade talvez superior ao da prova-modelo poderá, nesse aspecto, suscitar reacções. Todas as questões se enquadram dentro do programa e das orientações gerais do programa, versando aspectos fundamentais e de aplicação, com distribuição equilibrada, incidindo sobre competências diversificadas. De resposta mais elementar, ou mais elaborada, pensamos proporcionar oportunidade de escalonamento de classificações. Todas elas se nos apresentam como questões para as quais não basta uma mera memorização de regras ou factos, antes capacidade de uma boa compreensão dos fenómenos a partir da sua descrição escrita.

Texto de boa qualidade gráfica. Figura sem reparos.

Uma resolução meditada da prova consome com facilidade o tempo base mais o prolongamento.

Os critérios de correcção estão bem ponderados, encontrado-se neles e no texto da prova a resposta para todas as dúvidas de critérios que admitimos possam surgir. Por isso, das várias questões que se nos foram levantando, apenas apresentamos uma, mesmo essa talvez sem grande fundamento:

III 1.2 - A nomenclatura seleccionada para referir os "Materiais" e os "Reagentes", poderá facilmente induzir em erro os alunos menos bem preparados, ou com menor capacidade de concentração, confundindo

eventualmente M1, M2, ... ; R1, R2, R3, com a ordem sequencial da sua descrição, faltando-lhes embora R3 e sobejando M6!

PROVA DA 2ª CHAMADA

Prova bem estruturada, cobrindo de forma equilibrada as cinco unidades temáticas do programa da disciplina.

Composta de três grupos de questões:

I. seis perguntas de escolha múltipla e de correspondência, uma delas utilizando gráficos (I-3) representando relações entre grandezas e exprimindo leis de comportamento dos gases;

II. quatro perguntas subdivididas em alíneas, recorrendo à interpretação para relacionar conceitos e resolver problemas inclusive de carácter numérico;

III. quatro perguntas de carácter laboratorial, apelando ao conhecimento de instrumentação e de operações laboratoriais, bem como às propriedades dos compostos orgânicos e à interpretação das observações experimentais.

Questões há, que merecem algum reparo, particularmente em aspectos de nomenclatura. Seguem-se alguns exemplos-

II 1.2. Da leitura dos "Objectivos e Conteúdos Essenciais" e das "Orientações de Gestão de Programas" surge a dúvida de a pergunta fazer ou não parte do programa.

II.3.2. O índice "e" na concentração do ião prata é desnecessário, sendo inadequada a representação entre parêntesis recto de uma concentração, a de cromato de prata que, de facto, não existe em solução, dada a sua afirmada dissociação completa.

A coluna de refrigeração não está a refrigerar e a ligação ao balão de recolha não é estanque.

A designação "álcool etílico", embora corrente, não está coerente com a nomenclatura utilizada para os outros compostos mencionados; deveria, em alternativa, ou adicionalmente ter sido utilizada a designação "etanol".

Tendo tido acesso à prova 242 de Química, reparo que algumas

questões são comuns, no todo ou em parte, sendo no entanto as cotações diferentes:

Prova Nº	Questão	Cotação	Questão	Cotação
242	4	40	6.A	8
142	II.2	30	II.4.1	10

Na Questão II. 2 do Ponto 142 escreve-se "L" para 'litro', enquanto na Questão igual, do outro ponto, se adopta a escrita por extenso, possivelmente para fugir à opção entre "L" e "l".

INTRODUÇÃO

Tratando-se embora de uma disciplina distinta em relação à de Química, em que os alunos envolvidos não são geralmente os mesmos, com provas elaboradas eventualmente por equipas de autores diferentes, a disciplina de Ciências do Ambiente surge numa vertente fundamentalmente Química e alguns comentários pertinentes para uma poderão sê-lo também para a outra. Aspectos de pormenor de umas e de outras provas, foram já reportados, de forma relativamente exaustiva, imediatamente após a divulgação e realização de cada uma e, para maior esclarecimento, anexam-se.

Salvaguardando a especificidade da disciplina de Ciências do Ambiente, os professores e os autores de exame respectivos deverão garantir a coerência com os aspectos afins das ciências a ela subjacentes. Entre outros, a linguagem química deve respeitar as regras de nomenclatura vigentes.

O programa da disciplina é um programa bastante completo e ambicioso, que, podendo porventura pecar por excesso em relação ao equilíbrio da formação integrada dos alunos, tem, em nossa opinião, o mérito de procurar criar indivíduos informados, com capacidade de fundamentação dos fenómenos ambientais, em termos científica e técnica-

mente pertinentes, a um nível superior ao meramente jornalístico, tantas vezes eivado de incorrecções. Até por isso, há a responsabilidade acrescida de lhe fazer corresponder provas de exame agradáveis e de elevada qualidade. Sendo interessante a discussão de textos alusivos à problemática ambiental, eles não deverão desmerecer das restantes componentes; só em relação a bons textos poderão ser postas boas questões e obter-se boas respostas. Se a prova da 1ª chamada já não seria irrepreensível, a da 2ª chamada pecou de forma acrescida, o que, numa perspectiva construtiva, nos levou a reforçar as recomendações no que toca à necessidade de assegurar uma formação e avaliação contínua e sistemática dos agentes de ensino, de forma orientada e coordenada entre o Ministério da Educação e as Sociedades Científicas.

PROVA DA 1ª CHAMADA

Prova globalmente correcta, dentro dos objectivos e conteúdos programáticos estabelecidos para a disciplina, respeitando as regras da Nomenclatura Química. Incidindo sobre grande variedade de situações inerentes aos sistemas ambientais, questionando fenómenos naturais ou de origem antropogénica, apelando a conceitos, e competências diversificados, é uma prova equilibrada em conteúdos e extensão.

Pesando embora a dificuldade que se reconhece possa existir na elaboração de *itens* do tipo do da pergunta 1, ela é particularmente "fraca". Trata-se de um texto simples, curto e explícito, o que será positivo; no entanto, o modo como estão elaboradas as questões e as respostas que são avançadas nos critérios de correcção, são por um lado excessivamente "simplórios", por outro susceptíveis de criar dificuldade de resposta direccionada às intenções dos autores.

Veja-se:

1.1. P. "... duas razões ...

R. Pode-se de facto responder

a) "Actividade do Homem e Clima"

mas estará igualmente bem

b) "Abate da floresta" e "Exploração agrícola inadequada".

1.2. Pede-se que sejam transcritos excertos. Excertos não são necessariamente parágrafos, ou, sequer, períodos.

Respondendo com os dois únicos parágrafos existentes, um para a pergunta 1.2.1. e outro para 1.2.2., como é indicado, esgota-se integral e desnecessariamente o texto nas duas ideias, que afinal, vêm repetidas. As respostas ficariam satisfatórias, por exemplo, com:

1.1. "... Esta situação resulta, em grande parte, da adopção e expansão de sistemas de exploração agrícola inadequados às condições do meio em que se inserem ...", ou "... a degeneração dos ecossistemas produtivos é consequência quer das actividades do Homem quer do clima de um dado território".

1.2. "... As florestas outrora existentes ... terão sofrido as primeiras grandes alterações com a ocupação romana ...".

A proposição nº 6.4. requer, para efeitos da correcção solicitada, mais do que uma alteração, o que a coloca a um nível de dificuldade superior ao das outras proposições 6.

PROVA DA 2ª CHAMADA

Contrariamente ao que nos tínhamos habituado, deparamos com uma prova de Ciências do Ambiente particularmente desagradável.

O texto não prima pela qualidade; as ideias não estão hierarquizadas e as respostas às três perguntas não estão propriamente explicitadas. O termo "fármaco" é indevidamente utilizado. Fármaco é uma substância química de composição bem definida com aplicação em farmácia, incluindo produtos de síntese. O autor queria talvez dizer "droga - matéria prima mineral, vegetal ou animal de onde se podem extrair um ou mais princípios activos, não incluindo, portanto, produtos de síntese".

1.

1.1. Pede-se ao aluno que indique dois *exemplos* de causas humanas capazes de provocar a destruição de ecossistemas.

O texto alude a

Desastres ambientais,
Destruição de ecossistemas por acção do Homem,
Diminuição da biodiversidade.

Nos critérios de correcção diz-se que "o aluno deverá indicar, entre outras: *Exploração intensiva de recursos (agricultura ou pescas); desflorestação*".

Esta formulação, implica obrigatoriamente a indicação *destas*, podendo embora ser adicionalmente mencionadas *outras* (feminino), o que vai contra o pedido de *dois* (masculino).

1.2. Pede-se ao aluno que transcreva um excerto do texto que evidencie a preocupação do autor em relação ao desaparecimento das espécies; dá-se como resposta correcta o 2º parágrafo do texto.

Acontece que o 3º parágrafo evidencia tão ou mais enfaticamente essa preocupação.

1.3. Comentário de índole linguística semelhante ao da alínea 1.1; agora pede-se duas atitudes e considera-se correcto que, entre outras, sejam indicadas quatro.

2.

2.1. e 2.2. Até aqui tinha sido evitado que surgisse em pontos de exame o, tão em voga, pseudomodernismo, contrário às recomendações da IUPAC, "HO". Surgiu agora! Esclarecimento incluso em anexo (*Química - Boletim SPQ, 66 (1997) 7*).

3. A selecção de um texto jornalístico não desculpa outro problema de incumprimento das regras de nomenclatura IUPAC, atendendo a que, inclusivamente, se diz que é uma adaptação: mg/L não é concentração; será teor, composição, etc., mas não é

concentração.

3.1.2. A operação de determinação experimental de uma massa é uma pesagem; não se compreende a necessidade do recurso sistemático às aspas, "...".

3.1.3. As soluções padrão primárias, de facto, obtêm-se assim como é descrito nos critérios de correcção, só que nem todas as soluções assim preparadas são soluções padrão primárias. As secundárias podem ser preparadas tal como descrito para as primárias e continuam a ser secundárias; não é só o cuidado posto na preparação que as distingue. A diferença começa na substância ser ou não ser um padrão, primário. Se um padrão primário pode dar soluções padrão primárias e secundárias, um padrão secundário nunca pode dar soluções padrão primárias.

3.2. A função Transmitância vs. concentração é uma função logarítmica. A função Absorvância (ou absorvência), é, por sua vez, linear, o que é extremamente importante para uma curva de calibração. A leitura pedida do gráfico está situada numa zona em que os algarismos "significativos" perdem "significado": 1,25; 1,00; 1,50 têm praticamente a mesma transmitância.

3.2.1. "concentração", ver comentário anterior.

Pede-se a transmitância de uma dada solução de nitratos. Nitratos não é necessariamente nitrato de potássio, o que poderia ter implicações na correcção da resposta a esta pergunta e à 3.2.3.

3.2.2. O termo "absorvência" é de uso praticamente restrito aos bioquímicos, sendo mais comum o termo "absorvância". Não se trata aqui de uma questão de nomenclatura da IUPAC, sendo antes uma questão

de português.

3.2.3. Ver acima, 3.2.1.

4. As instruções de correcção, ao indicarem "pode" em vez de "deve" poderiam ter resolvido o problema das respostas às perguntas 1.1 e 1.3.

4.1. Responder com "matéria orgânica em decomposição" ao pedido de indicação de "uma origem para a composição orgânica" não nos parece satisfatório.

4.3. Tal como os autores pedem que se corrijam frases sem recurso à negativa, também aqui teria sido mais correcto, em vez de "não utilização exagerada de pesticidas", "utilização racional de pesticidas".

Atenção às gralhas de cotação na pág. 103/C/1.

Anexo:

O ENSINO DA NOMENCLATURA QUÍMICA

Para tudo há regras na vida. Elaboradas por quem de direito, com base na lógica e na razoabilidade, elas destinam-se a normalizar o comportamento, de modo a facilitar a convivência e a comunicação. O seu não cumprimento, por desconhecimento, ou por oposição, pode trazer dissabores de maior ou menor monta aos prevaricadores e prejuízos a quem indirectamente possa ter sido afectado por tal acção.

A instituição reputada, onde os Químicos se fazem representar e em que delegam, entre outros, o debate e a elaboração de propostas de Nomenclatura Química, é a IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry). A representação nacional junto da IUPAC está a cargo da SPQ (Sociedade Portuguesa de Química). Para além do *Journal of Pure and Applied Chemistry*, órgão oficial de publicação mensal da IUPAC, esta procede ainda à publicação e revisão regulares de livros de nomenclatura de vários ramos da

Química (Blackwell Scientific Publications, Oxford - U.K.). Um deles é o "Red Book", de Química Inorgânica (ed. G.J. Leigh) havendo outros como sejam o "Orange Book", de Química Analítica, o "Green Book", de Quantidades Unidades e Símbolos em Química Física, o "Gold Book", de Terminologia Química e os de Química Orgânica e Macromolecular, de outras cores. Em todas as publicações há, além do mais, uma preocupação de coerência, de modo que uma regra estabelecida numa, seja observada nas outras.

Sendo um órgão internacional, a sua língua de trabalho é o inglês, o que para além das questões inerentes aos conceitos, grandezas, métodos, procedimentos, etc., acarreta para os químicos de língua mãe diferente, o problema adicional da interpretação e tradução. É esse o caso dos portugueses.

Por muito interessante que possa ser a diversidade de opiniões, há alturas em que se nos exige a versão oficial das coisas. Uma dessas alturas, é, por exemplo, nos exames nacionais.

Não havendo em Portugal um livro único, nem um mecanismo de validação dos livros escolares, observa-se um proliferar de livros que, ou ignoram, ou fazem interpretações abusivas das recomendações da IUPAC. Essa situação pode ter efeitos duplamente negativos, pois, ao transmitirem uma mensagem errada, estão adicionalmente a veicular uma ideia de pseudo modernidade, levando, inclusivamente, colegas menos informados a pensar que "agora é assim", que essa é a nova nomenclatura, apressando-se a adoptá-la, denegrindo até a correcta! A situação é ainda mais agravada, quando se faz referência à existência da IUPAC, dando a entender que o que se diz está perfeitamente sancionado e de acordo com as regras daquele organismo, logo conferindo-lhe elevado grau de verosimilhança.

Poderia exemplificar com vários casos, mas um há, em particular, que parece querer institucionalizar-se na escrita de fórmulas químicas; o "HO-" em vez de "OH-".

Para escrever HO, invoca-se a

"regra da ordem de electronegatividades", justificando-se a escrita pelo facto de o Hidrogénio ser mais electropositivo que o Oxigénio, logo devendo escrever-se antes deste (Red Book, p. 50, I-4.6.1.2; p. 244, Table 4, 1990). Só que a electronegatividade não é o único critério para escrita de fórmulas e, portanto, não deve ser observado cegamente. Nos compostos biatómicos, com um elemento metálico, de facto, escreve-se primeiro o símbolo do elemento mais electropositivo e depois o do outro elemento. Tal corresponde à ordem de leitura na língua inglesa, ex: NaCl-*sodium chloride*. Noutra língua a fórmula será a mesma, podendo na linguagem oral, variar a ordem de citação dos elementos, ex: NaCl-cloreto de sódio. O ião poliatómico, OH, *hidróxido*, não é abrangido pela regra anterior. Ele surge por exemplo no composto NaOH - *sodium hydroxide* (Red Book, pg. 109, 1990), hidróxido de sódio.

As fórmulas químicas, além de representarem os símbolos químicos dos elementos que constituem a espécie em causa e a respectiva proporção, traduzem também informação adicional de carácter estrutural. Assim, a fórmula NaOH diz-nos que há uma ligação entre o ião Na⁺ e o ião OH⁻ através do elemento O (Red Book, pgs. 52 e 53, I-4.6.3 e I-4.6.4, 1990).

Qualquer dúvida que possa surgir a este respeito é facilmente desfeita pela consulta de qualquer publicação da IUPAC, sendo as referências acima, apenas exemplos.

Os professores e os livros são veículos rápidos e extensos de propagação da informação, daí que os primeiros e os autores dos segundos se devam esforçar, certificando-se da correcção do que dizem e escrevem, junto das fontes fidedignas, antes de se lançarem na sua missão.

* Prof. Assoc. Agreg. Química FCUL.
Membro Titular da Comissão V.5-Química
Electroanalítica da IUPAC

† Os enunciados das provas de exame aqui comentados podem ser obtidos através da SPQ sendo os portes de correio pagos pelo destinatário

Espectroscopia de Infravermelho

uma Técnica Antiga, Sempre Actual

LAURA MARIA ILHARCO*

1. A IMPORTÂNCIA DO ACASO, DO AMADORISMO E DA CONCORRÊNCIA

A descoberta da região infravermelha (IV) do espectro electromagnético ficou a dever-se ao astrónomo W. Herschel, em 1800, por acaso e sem que a descoberta o interessasse particularmente [1]. Usando um prisma de vidro equipado com termómetros pintados de negro, detectou a existência de radiação térmica na gama de energias imediatamente abaixo da região visível, próximo do vermelho, do espectro solar. Herschel não prosseguiu as investigações sobre o fenómeno, e foram Abney e Festing, quase um século depois, os primeiros a utilizar radiação infravermelha para irradiar moléculas orgânicas, tendo obtido os primeiros espectros de absorção no IV [2]. No princípio do século XX já tinham sido publicados espectros de IV de centenas de compostos orgânicos e inorgânicos e algumas bandas de absorção tinham já sido correlacionadas com a presença de determinados grupos nas moléculas. Contudo, as aplicações deste tipo de espectroscopia foram muito limitadas até aos anos quarenta, devido às inúmeras dificuldades experimentais: os investigadores tinham que construir os próprios aparelhos, calibrá-los e, dada a sua grande lentidão e sensibilidade a interferências, os espectros tinham que ser registados durante a noite, à média de 3 a 4 horas por espectro. O ponto decisivo nesta evolução foi marcado pelo interesse em astronomia de dois amadores americanos, um jovem banqueiro (Richard Perkin) e um estenógrafo reformado (Charles Elmer), que fundaram, em 1937, uma pequena empresa para estudo e fabrico de componentes ópticos de precisão. Durante a Segunda Guerra Mundial, e tendo em vista a produção de borracha sintética, o governo dos Estados Unidos subsidiou a construção de um aparelho adequado para analisar isómeros de hidrocarbonetos. A pesquisa foi entregue aos laboratórios de investigação da Shell Development Company e da

Cyanamid Company. Por um lado, a Shell contratou a Beckman para desenvolver um espectrómetro de IV, enquanto por outro a Cyanamid conseguiu convencer a pequena empresa Perkin-Elmer a construir os elementos ópticos para um protótipo. Graças a esta concorrência, foram construídos os primeiros espectrómetros de IV operacionais, os históricos Perkin Elmer Modelo 12 e Beckman Modelo IR-1. Os sucessivos modelos de instrumentos comercialmente disponíveis aumentaram a popularidade da técnica de espectroscopia de IV.

Podem observar-se espectros IV em emissão e em absorção, mas a última é, de longe, a forma mais utilizada. De modo muito esquemático, para obter um espectro de absorção, a radiação IV emitida por uma fonte atravessa a amostra e é depois analisada por um detector apropriado. As bandas de absorção detectadas são verdadeiras "impressões digitais" das moléculas analisadas, podendo estudar-se amostras em fase gasosa, líquida e sólida.

Os desenvolvimentos recentes da técnica, que serão referidos na parte final deste trabalho, incluem estudos de espécies adsorvidas e de intermediários com tempos de vida curtos, para o que foram desenvolvidas técnicas experimentais específicas.

2. O ESPECTRO DE IV E A ELASTICIDADE DAS LIGAÇÕES QUÍMICAS

A radiação infravermelha do espectro electromagnético corresponde à gama de energias por fóton entre 255×10^{-21} e 199×10^{-24} J, o que equivale a frequências entre 384×10^{12} e 300×10^9 Hz. Estas frequências podem converter-se na unidade mais utilizada em espectroscopia IV, o número de ondas, $\bar{\nu}$ (geralmente expresso em cm^{-1}), dividindo pela velocidade da luz, c (em $\text{cm}\cdot\text{s}^{-1}$). É tradicionalmente dividida em três regiões: IV próximo (12800 a 4000 cm^{-1}), IV médio (4000 a 200 cm^{-1}) e IV longo (200 a 10 cm^{-1} , em vácuo)

[3]. Para compreender o que se passa quando um feixe de radiação IV incide numa molécula, é necessário ter em conta que os átomos não permanecem em posições fixas, mas oscilam nas vizinhanças das suas posições médias. O caso mais simples é o das moléculas diatómicas.

2.1. As moléculas diatómicas, um modelo simples

Nas moléculas diatómicas, a distância internuclear média é determinada por um balanço de forças: por um lado, a repulsão entre os núcleos dos dois átomos e entre as nuvens electrónicas; por outro, a atracção entre o núcleo de um átomo e os electrões do outro e vice-versa. A distância de equilíbrio (comprimento da ligação) corresponde ao mínimo de energia potencial do sistema e as vibrações dos átomos correspondem a compressões e extensões da ligação, envolvendo aumento de energia potencial. A ligação pode então ser comparada a uma mola. De acordo com o modelo mais simples, o *modelo do oscilador harmónico a uma dimensão*, a "mola" tem um comportamento elástico, ou seja, a força que a restitui à sua posição de equilíbrio, F , é proporcional à deformação x :

$$F = -kx = -k(r-r_{eq}) \quad (1)$$

onde k é a constante de força da mola, r a distância internuclear em deformação e r_{eq} a distância internuclear de equilíbrio. A curva de energia potencial (V) do sistema formado pelos dois átomos em função da distância internuclear é parabólica, descrita por:

$$V = 1/2 k (r-r_{eq})^2 \quad (2)$$

Esta curva está representada a tracejado na Fig. 1, para uma molécula diatómica A-B.

O observador pode imaginar-se sobre um dos átomos, (por exemplo A), em posição fixa no eixo das ordenadas, vendo o outro átomo mover-se. Para uma energia total E_0 , a distância internuclear varia entre r_{\min} e

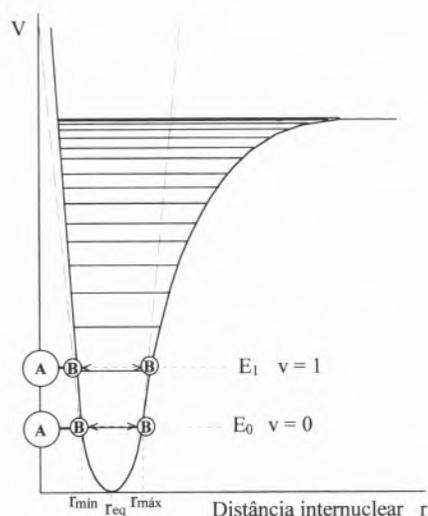


Fig. 1 - Curvas de energia potencial para uma molécula diatômica A-B, em função da distância internuclear: a tracejado, segundo o modelo do oscilador harmônico a uma dimensão; a cheio, segundo o oscilador de Morse.

$r_{\text{máx}}$ durante a vibração. Às posições extremas corresponde uma energia cinética nula (na imagem, o átomo B pára) e um máximo de energia potencial. Esta converte-se em energia cinética durante a vibração, atingindo-se, à distância internuclear de equilíbrio, um máximo de energia cinética e um mínimo de energia potencial.

Prosseguindo a analogia com uma mola elástica, a ligação tem uma certa frequência de vibração intrínseca ou número de vibrações por unidade de tempo, ν , dependente da constante de força k e da massa do oscilador:¹

$$\nu = (1/2\pi)\sqrt{k/\mu} \quad (3)$$

onde μ é a massa reduzida do oscilador.²

Se a energia vibracional da molécula aumentar, por exemplo, para E_1 (ver Fig. 1), a amplitude da vibração aumenta, sem que se altere a frequência correspondente (a mola alonga-se e comprime-se mais, mas o mesmo número de vezes por unidade de tempo).

Tal como as outras energias moleculares, as energias vibracionais são quantificadas. Aplicando a mecânica quântica ao oscilador harmónico, pode deduzir-se a seguinte expressão para os níveis de energia vi-

bracional:

$$E_v = (v+1/2)h\nu \quad (4)$$

onde h é a constante de Planck e v é o número quântico vibracional, que pode ter os valores inteiros 0,1,2,... Para $v = 0$, $E_0 = 1/2h\nu$, o que significa que os átomos nunca estão completamente parados relativamente um ao outro. As alterações vibracionais num oscilador harmónico são também quantificadas, provando-se que a regra de selecção para a absorção é $\Delta v = +1$, ou seja: são possíveis as transições que envolvem saltos de uma unidade no número quântico vibracional. Um cálculo simples da diferença de energias entre dois níveis consecutivos ($E_{v+1} - E_v$) mostra que o espaçamento energético para o oscilador harmónico é constante, qualquer que seja o número quântico vibracional.

2.2. As moléculas diatômicas reais

Na realidade, a elasticidade das ligações químicas não é perfeita. Se a deformação da molécula A-B for de grande amplitude, atinge-se um ponto em que a molécula se dissocia, o que não é previsto pelo modelo do oscilador harmónico a uma dimensão. Na Fig. 1, a cheio, representa-se esquematicamente a forma da curva

de energia potencial real para uma molécula diatômica, que difere do oscilador harmónico para deformações superiores a ~10% do comprimento da ligação. Esta curva pode ser traduzida pela função empírica de Morse,

$$V = D_e \{1 - \exp[a(r_{\text{eq}} - r)]\}^2 \quad (5)$$

onde a é uma constante e D_e a energia de dissociação da molécula A-B. Utilizando esta função para a energia potencial, os níveis de energia vibracional são dados pela expressão aproximada:³

$$E_v = (v+1/2)h\nu - (v+1/2)^2 h\nu x_c \quad (6)$$

$(v = 0, 1, 2, \dots)$

onde x_c é a constante de anarmonicidade, característica do oscilador. A título de exemplo, indicam-se a cheio, na Fig. 1, alguns níveis vibracionais para este oscilador. A diferença de energia entre dois níveis consecutivos é agora dada por:⁴

$$E_{v+1} - E_v = h\nu [1 - 2x_c(v+1)] \quad (7)$$

Verifica-se assim que estas diferenças de energia diminuem à medida que v aumenta, tendendo para zero no limite de dissociação da molécula.

As regras de selecção são, em absorção, $\Delta v = +1, +2, +3, \dots$ Prova-se, contudo, que as transições correspondentes a $\Delta v > 1$, designadas por *sobretons ou harmónicas*, proibidas para o modelo do oscilador harmónico, são de menor intensidade, tanto menor quanto maior Δv .

Cálculos simples usando a distribuição de Boltzmann permitem determinar que, à temperatura ambiente, a população de moléculas no nível vibracional $v = 1$ é da ordem de 1% da população no nível $v = 0$ (valor aproximado, tomando como base de cálculo uma vibração de número de onda $\bar{\nu} \sim 1000 \text{ cm}^{-1}$) [4]. Assim, na prática, a quase totalidade das transições vibracionais observadas à temperatura ambiente ocorrem a partir do nível vibracional $v = 0$. As restantes, de menor intensidade, são chamadas *bandas quentes*.

As diferenças de energia entre níveis vibracionais correspondem à gama de número de ondas entre 10^4 e 100 cm^{-1} , o que permite que as transições vibracionais possam ser induzidas por um feixe de radiação IV. Contudo, para que tal aconteça, é necessário que o campo eléctrico oscilante associado à radiação incidente possa interagir com um *dipolo oscilante* da molécula. Deste modo, só quando uma vibração envolve *variação de uma ou mais componentes do momento dipolar*, as variações da energia vibracional podem dar origem a uma absorção de radiação observável num espectro. Esta condição implica que, para uma transição entre dois níveis traduzidos pelas funções de onda vibracionais ψ_i e ψ_f , respectivamente, o seguinte integral seja diferente de zero:

$$R_v = \int_{\text{todo o espaço}} \psi_f^* \mu \psi_i dV \quad (8)$$

onde ψ_f^* designa a função de onda conjugada de ψ_f . R_v é designado por integral do momento dipolar de transição e a intensidade da banda de absorção correspondente é determinada pelo seu valor.

Daqui resulta que as moléculas diatómicas homonucleares (como por exemplo O_2 e N_2) não têm espectro vibracional ($R_v = 0$), já que a sua única vibração (de alongação) não é acompanhada de variação de momento dipolar.

2.3. Os espectros, que riqueza de informação!

Depois do que foi dito, poderia parecer que o espectro IV de uma molécula diatómica heteronuclear, à temperatura ambiente, seria constituído por uma banda intensa à frequência fundamental da alongação (correspondente à transição $v = 1 \leftarrow v = 0$), eventualmente acompanhada por algum ou alguns sobrettons de menor intensidade. Os espectros de CO em fase gasosa, em matriz de árgon, representados nas Figuras 2a e 2b, correspondem efectivamente à transição $v = 1 \leftarrow v = 0$, mas parecem contradizer esta conclusão.

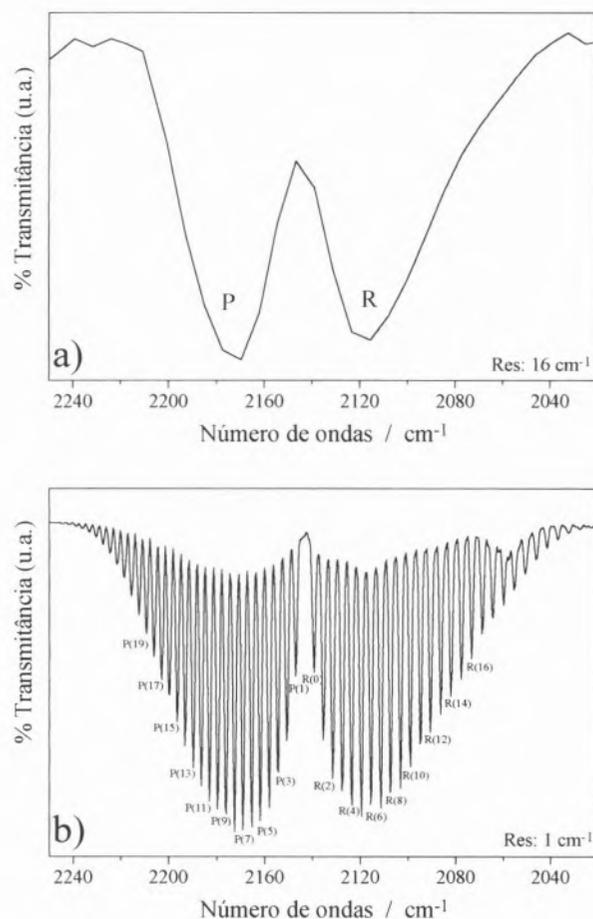


Fig. 2 - Espectros IV de monóxido de carbono (CO) em fase gasosa, em matriz de árgon, obtidos com uma célula de gases com 10 cm de percurso óptico: a) com 16 cm^{-1} de resolução, observam-se as envolventes dos ramos P e R; b) com 1 cm^{-1} de resolução, observam-se as transições rotovibracionais, por exemplo: P(1) corresponde à transição $J'=0 (v=1) \leftarrow J=1 (v=0)$ e R(0) corresponde a $J'=1 (v=1) \leftarrow J=0 (v=0)$.

O primeiro foi obtido com uma resolução muito baixa (16 cm^{-1} , o que significa que só se distinguem transições que diferem entre si de 16 ou mais cm^{-1}). Para o compreender, é necessário não esquecer que a energia da radiação IV é suficiente para excitar também as rotações moleculares, a que correspondem níveis de energia muito próximos. Os espectros obtidos são, assim, rotovibracionais. As regras de selecção para as transições rotacionais associadas são, para uma molécula como o CO, $\Delta J = \pm 1$, onde J é o número quântico rotacional. Daí os espectros IV serem constituídos por dois ramos: P (para $\Delta J = -1$) e R (para $\Delta J = +1$). Para as moléculas em que as transições com

$\Delta J = 0$ são permitidas, os espectros rotovibracionais apresentam um terceiro ramo (Q), centrado na frequência fundamental da vibração⁵. Através da posição prevista para o ramo Q (2143 cm^{-1} no caso do CO), o espectro da Fig. 2a permite determinar a constante de força da ligação C=O (através da relação 3, na aproximação do oscilador harmónico a uma dimensão).

Aumentando a resolução para 1 cm^{-1} , ou seja, aumentando o detalhe, observa-se uma estrutura fina que corresponde às transições rotovibracionais, como se pode ver na Fig. 2b. Este espectro é ainda mais rico em informação sobre a molécula, pois a separação entre riscas rotovi-

bracionais permite determinar com precisão a distância internuclear.

Através do modelo do oscilador anarmônico é ainda possível determinar a constante de anarmonicidade do oscilador (utilizando a equação 7) e a energia de dissociação da molécula, sendo necessário para o efeito obter espectros com uma ou mais bandas quentes.

Se forem impedidas as rotações da molécula, como acontece quando esta é adsorvida numa superfície, o espectro vibracional simplifica-se, passando a apresentar apenas a banda correspondente à excitação da vibração de alongação. Neste caso, a frequência observada é modificada pela interação com a superfície e pelas interações laterais com outras moléculas adsorvidas. Na Fig. 3a mostra-se o espectro de moléculas de CO adsorvidas de topo sobre uma superfície de ruténio saturada, aparecendo a frequência fundamental desviada para 2061 cm^{-1} . No caso da Fig. 3b há também moléculas adsorvidas em ponte, sendo observada uma segunda frequência para a vibração C=O (1980 cm^{-1}).

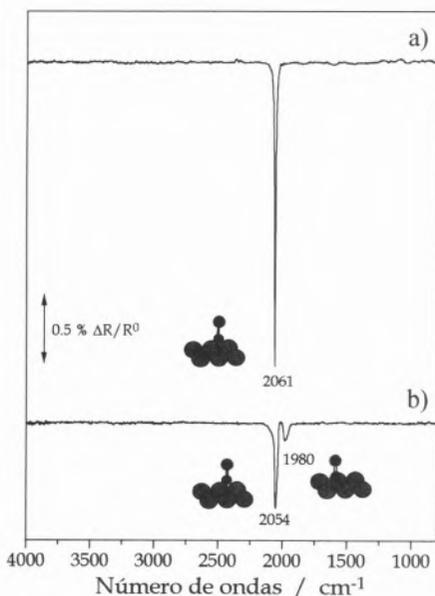


Fig. 3 - Espectros IV de CO adsorvido em Ru(0001), obtidos em modo de reflexão-absorção: a) adsorção de topo; b) adsorção de topo e em ponte.

A partir dos desvios destas bandas em relação à frequência fundamental da vibração, podem retirar-se conclusões sobre o tipo e a geometria de adsorção. Por exemplo, o desvio para 2061 cm^{-1} no caso da adsorção de topo traduz uma diminuição da constante de força da ligação entre o carbono e o oxigénio, devido ao estabelecimento de uma ligação química com um átomo de ruténio da superfície metálica.

2.4. As moléculas poliatômicas

2.4.1. A estrutura das moléculas e o seu espectro IV

Uma molécula poliatômica pode ser vista como a generalização do que foi dito para as moléculas diatómicas: se imaginarmos todos os átomos a oscilarem com a mesma fre-

quência (embora não necessariamente com a mesma amplitude) e passando pelas respectivas posições de equilíbrio simultaneamente (em fase), estamos a visualizar o que habitualmente se designa por um *modo normal de vibração* da molécula. Estes podem ser descritos por igual número de *coordenadas internas* da molécula. Enquanto para as moléculas diatómicas há uma só coordenada de vibração (a variação da distância internuclear), nas moléculas poliatômicas as oscilações dos átomos podem resultar em extensões/compressões das ligações (modos de *alongação*) ou em alteração dos ângulos entre duas ligações no plano formado por elas (modos de *deformação*). Os movimentos *fora do plano* e de *torção*, que para moléculas com apenas três átomos se reduzem a rotações, passam a ser

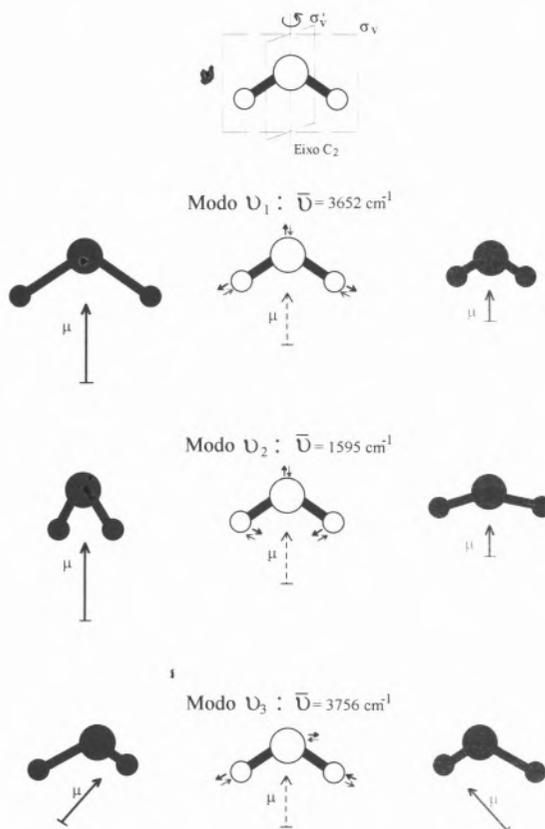


Fig. 4 - Elementos de simetria da molécula da água. Esquema dos modos normais de vibração da água, respectivamente alongação simétrica (ν_1), deformação simétrica (ν_2) e alongação anti-simétrica (ν_3). Para cada modo vibracional, a molécula em posição de equilíbrio está representada ao centro. As variações de momento dipolar associadas a cada modo vibracional podem ser avaliadas por comparação dos vectores μ .

também coordenadas internas da molécula se esta possuir quatro ou mais átomos.

O cálculo do número de modos normais de vibração de uma molécula pode ser feito de forma simples, bastando saber o número de átomos (N) e se é ou não linear. Consideram-se todos os graus de liberdade da molécula ($3 \times N$, pois o movimento de cada átomo pode ser decomposto segundo três coordenadas espaciais independentes) e descontam-se os movimentos da molécula como um todo (3 graus de liberdade translacionais) e os movimentos de rotação (em torno de 3 eixos perpendiculares, ou, se a molécula for linear, de 2 eixos, já que a rotação em torno do eixo da molécula a deixa inalterada). Tem-se assim, para uma molécula com N átomos, $3N-6$ ($3N-5$, se for linear) modos normais de vibração, cada um caracterizado por uma frequência fundamental. As moléculas diatómicas são um caso particular, pois $3N-5$ para $N = 2$ resulta apenas num modo normal de vibração, como se viu.

A descrição dos modos vibracionais e o cálculo das frequências de vibração já não é tão simples. Exige a resolução de um sistema de equações, uma por cada coordenada de deslocamento dos núcleos, q_i , da forma:

$$d/dt (\delta T/\delta \dot{q}_i) + \delta V/\delta q_i = 0 \quad (9)$$

onde T é a energia cinética e V a energia potencial. Dos diversos métodos para a sua resolução destaca-se o método matricial *FG de Wilson* [5], que exige o conhecimento da geometria da molécula e a escolha apropriada de coordenadas. Além das frequências de vibração, este método permite determinar a composição de cada modo normal de vibração em termos das coordenadas internas da molécula e ainda a distribuição de energia pelos vários modos normais. Para detalhar este e outros métodos de cálculo das frequências vibracionais, que não cabem no âmbito deste artigo, remetemos o leitor para as referências [5] a [7].

O conhecimento da simetria da molécula é essencial, mesmo para

uma previsão qualitativa do espectro vibracional [8]. A partir da geometria da molécula determinam-se os seus elementos de simetria, o que permite classificá-la num dos grupos pontuais de simetria. Usando um conjunto de coordenadas adequado à descrição dos modos vibracionais, cada operação de simetria da molécula⁶ pode ser traduzida por uma matriz. Recorrendo à tabela de caracteres do grupo, pode determinar-se a simetria dos modos vibracionais, o seu grau de degenerescência e se são ou não activos no Infravermelho. Estes resultados, por si, permitem prever o número de bandas no espectro IV [8].

Um exemplo simples é o da molécula da água, triatómica não linear, cujos elementos de simetria estão indicados na Fig. 4 (topo). O grupo a que pertence tem a designação C_{2v} , uma vez que o eixo de simetria de grau mais elevado é C_2 (uma rotação de 180° confere à molécula uma configuração idêntica à de partida), e possui ainda dois planos de simetria verticais (ou seja, que contêm o eixo C_2). Os seus três ($3 \times 3 - 6$) modos normais de vibração encontram-se esquematizados na Fig. 4, sendo dois de elongação (ν_1 e ν_3) e o terceiro de deformação (ν_2).

As vibrações ν_1 e ν_2 , durante as quais a molécula mantém a sua simetria relativamente ao eixo C_2 , são designadas, por convenção, simétricas: elongação e deformação, respectivamente. Pelo contrário, a elongação ν_3 é anti-simétrica relativamente ao mesmo elemento de simetria. Indicam-se ainda na Fig. 4 os valores das frequências fundamentais de cada um dos modos normais de vibração da água, assim como as variações de momento dipolar associadas. Conclui-se assim que os três modos são observáveis (são activos) no espectro de IV.

Em primeira aproximação, poderia esperar-se que o espectro IV de uma molécula poliatómica consistisse essencialmente em tantas bandas quantas as vibrações fundamentais acompanhadas de variação do momento dipolar. Em rigor, é necessário ter em conta a anarmonicidade

de cada oscilador e, portanto, a existência de sobretons, o modo como cada vibração é afectada pelas outras, podendo existir combinações e ressonâncias entre elas e ainda a possibilidade de existirem vibrações degeneradas, que ocorrem à mesma energia e às quais corresponde, por isso, a mesma banda. O estado físico e, portanto, as forças intermoleculares, podem também ser responsáveis por desvios e alargamento de bandas ou até pelo aparecimento de bandas não previstas.

O espectro da água líquida, reproduzido na Fig. 5, permite apreciar os efeitos das forças intermoleculares, em especial das pontes de hidrogénio, num espectro IV.

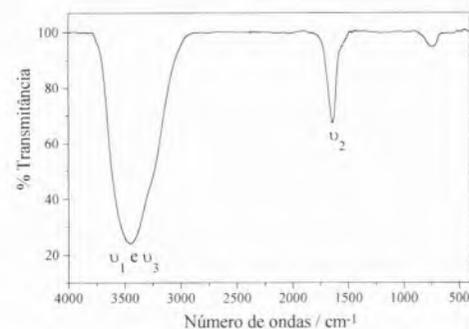


Fig. 5 - Espectro vibracional da água líquida, obtido com resolução de 4 cm^{-1} . A banda larga centrada a 3400 cm^{-1} engloba os modos ν_1 e ν_3 e a banda a 1640 cm^{-1} é devida ao modo ν_2 . A banda mais fraca a $\sim 675 \text{ cm}^{-1}$ é atribuída à vibração fora do plano de dímeros da água.

Devido às forças intermoleculares, a resolução rotacional observada em fase gasosa perde-se, apesar de ter sido utilizada uma resolução elevada na obtenção do espectro (4 cm^{-1}). Dado que as pontes de hidrogénio são interações direccionais, os seus efeitos sobre as vibrações H-O-H reflectem-se numa diminuição da constante de força do oscilador segundo as ligações (elongações) e no aumento daquela constante para o oscilador que envolve variação angular (deformação). Deste modo, as duas vibrações de elongação ν_1 e ν_3 estão desviadas para menores energias e são englobadas na banda intensa e larga centrada a 3400 cm^{-1} .

Tabela 1 - Números de ondas típicos de vibrações de elongação características de alguns grupos [9].

Modo	C-C	C=C	C≡C	=CH ₂	≡C-H	-CH ₃	C=O	-O-H
$\bar{\nu}$ /cm ⁻¹	~1000	1650	2220	3030	3300	2970 (anti-sim) 2870 (sim)	1750 - 1600	3600

Pelo contrário, a vibração de deformação está desviada para ~1640 cm⁻¹, cerca de 45 cm⁻¹ acima do valor previsto para a molécula isolada. O aparecimento de uma banda larga, adicional, a ~675 cm⁻¹ indica que as moléculas de água não estão isoladas, podendo ser atribuída a um modo de deformação fora do plano de um dímero da água.

À semelhança das moléculas diatómicas, a interpretação de um espectro IV de uma molécula poliátômica simples permite retirar informação sobre constantes de força, comprimentos e ângulos de ligação.

O mesmo não se pode dizer relativamente a moléculas complexas. Na prática, para moléculas complexas ou de estrutura desconhecida, as atribuições das bandas são muitas vezes baseadas em simplificações, comparações com moléculas mais simples mas estruturalmente relacionadas, ou nos contornos das bandas.

2.4.2. Vibrações de esqueleto e vibrações de grupo

Uma simplificação habitual consiste em considerar dois tipos de modos normais de vibração: os que envolvem deslocamentos semelhantes de quase todos os átomos da molécula (*vibrações de esqueleto*) e os que correspondem a vibrações mais intensas de um pequeno grupo de átomos, permanecendo o resto da molécula quase estacionário (*vibrações características de grupo*). Exemplos dos primeiros são as vibrações associadas a cadeias mais ou menos extensas ou a anéis aromáticos, cujo perfil de bandas é extremamente sensível à alteração de substituintes. A sua presença num espectro permite reconhecer determinada cadeia ou anel e são por isso designadas, muitas vezes, por bandas de impressão digital. Para as moléculas orgânicas, caem na região entre 700 e 1400 cm⁻¹. Exemplos

dos segundos são as vibrações características de pequenos grupos, como os indicados na Tabela 1, que ocorrem em gamas de frequência características e quase independentes da estrutura da molécula. São extremamente úteis para análise qualitativa.

Observe-se, por exemplo, o aumento do número de ondas para a elongação C-C à medida que aumenta a ordem da ligação e, portanto, a constante de força. É de salientar, contudo, que os valores da Tabela 1 são apenas indicativos, pois as ligações químicas entre grupos, a ressonância entre vibrações e até as forças intermoleculares podem provocar desvios significativos nestas frequências e dar preciosas informações sobre a amostra particular em estudo.

3. INSTRUMENTAÇÃO

3.1. Constituição de um espectrómetro de IV com transformada de Fourier - (FTIR)

Os espectrómetros de IV inicialmente desenvolvidos utilizavam um prisma ou uma rede de difracção para dispersar a radiação emitida pela fonte. Com o auxílio de um monocromador, a amostra era irradiada sequencialmente com as diferentes frequências, o que tornava a aquisição de espectros morosa. A evolução dos espectrómetros de IV sofreu um salto qualitativo quando se começou a utilizar, nos aparelhos comerciais, um interferómetro de Michelson. Este permite detectar simultaneamente todas as frequências, durante todo o tempo que dura a acumulação de um espectro. A análise da radiação detectada é feita num computador, por transformada de Fourier. Daí o nome *espectroscopia de IV com transformada de Fourier*, que deu origem à sigla *FTIR*, hoje tão utilizada.

As principais vantagens dos espectrómetros FTIR em relação aos dispersivos são, resumidamente [10]:

- uma relação sinal/ruído muito superior para um espectro acumulado no mesmo intervalo de tempo;

- maior exactidão nos números de onda, associada a uma resolução constante em toda a gama espectral.

O esquema geral de um espectrómetro FTIR é o indicado na Fig. 6.

Os componentes essenciais são a fonte de radiação IV, o interferómetro, o porta-amostras e o detector.

A fonte de radiação IV é geralmente constituída por um filamento incandescente de carboneto de silício ou de misturas de óxidos de terras raras, arrefecido a água ou a ar. Para IV longínquo, onde estas fontes são de muito baixa intensidade, são utilizados lasers de CO₂ e radiação IV de sincrotrão, obtida nos aceleradores disponíveis em diversas instalações europeias.

O feixe de radiação é guiado e focado por espelhos, cuja superfície é usualmente recoberta por alumínio

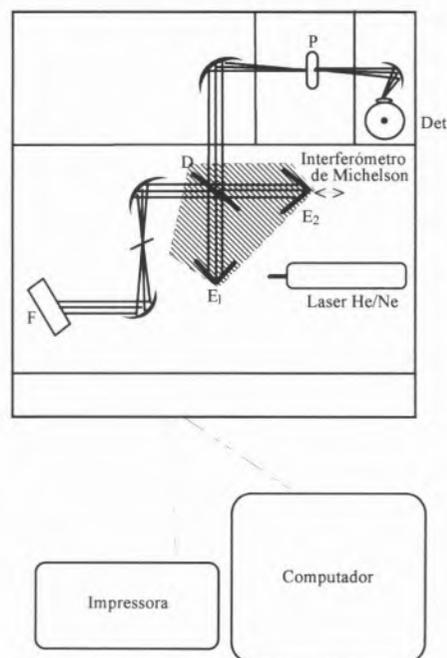


Fig. 6 - Esquema geral de um espectrómetro de IV com transformada de Fourier (FTIR): F - fonte de radiação IV; D - divisor de feixe; E₁ - espelho fixo; E₂ - espelho móvel; P - porta-amostras; Det - detector.

ou prata. Não podem ser usados espelhos ou lentes de vidro, pois absorvem fortemente nesta gama de frequências. Normalmente, o feixe é focado no ponto onde a amostra é colocada. O tipo de porta-amostras depende do estado físico e de agregação da amostra. As amostras gasosas estão geralmente contidas em células de vidro com percurso óptico longo (5 ou 10 cm), fechadas nas extremidades com janelas transparentes à radiação IV na gama de interesse e muito bem polidas, de modo a reduzir ao mínimo a absorção e dispersão de luz. Para gases a pressões muito baixas (<100 mm Hg), existem células em cujas extremidades a radiação é reflectida repetidas vezes, aumentando muito o percurso óptico. Para amostras líquidas há células comerciais de diferentes percursos ópticos, fixos e variáveis, desde ~0.01 mm para líquidos puros a 10 mm para soluções muito diluídas. Líquidos não voláteis podem ser analisados colocando uma gota entre duas pastilhas prensadas de um sal mineral adequado. As amostras sólidas oferecem maiores problemas, devido à dispersão da radiação incidente pelas partículas. As duas formas mais correntes de as analisar são:

- preparar uma suspensão do pó finamente dividido em parafina líquida ou nujol, que pode então ser tratada como uma amostra líquida;

- sob a forma de pastilhas prensadas, obtidas moendo uma pequena quantidade de pó misturado em brometo de potássio e submetendo a mistura a uma pressão elevada, de forma a obter um disco transparente. Este pode ser colocado directamente num porta amostras comercial.

Em qualquer caso, a escolha dos materiais que constituem as janelas ou as matrizes é determinada pelas frequências a que absorvem, solubilidade em solventes e custo. São geralmente sais minerais. Dentre eles destacam-se NaCl (transparente acima de 625 cm⁻¹), KBr (transparente acima de 400 cm⁻¹) e ZnSe (transparente na gama de 20000 a 454 cm⁻¹ e menos solúvel em solventes polares, mas também mais caro que os

anteriores). Para soluções aquosas devem usar-se células com janelas insolúveis, como CaF₂, transparente acima de 1111 cm⁻¹, ou muito pouco solúveis, como AgCl, transparente acima de 360 cm⁻¹.

Os detectores mais comuns dividem-se em dois tipos:

- detectores sensíveis ao efeito térmico da radiação, como as células pneumáticas de Golay, os termopares, os bolómetros e os detectores piroeléctricos de sulfato de triglicina deuterado (DTGS);

- detectores dependentes da fotocondutividade de semicondutores, como antimoneto de índio (InSb) e telureto de mercúrio e cádmio (MCT), que operam à temperatura do azoto líquido e têm, por isso, um baixo ruído. Podem ainda utilizar-se detectores extremamente sensíveis de germânio dopado com cobre ou ouro, que operam à temperatura do hélio líquido.

3.2. Funcionamento do interferómetro de Michelson

O interferómetro é constituído por um divisor de feixe, D, e dois espelhos: E₁, fixo e E₂, móvel, como indicado na Figura 6. O divisor de feixe consiste numa placa de material transparente (p.e. brometo de potássio ou fluoreto de cálcio) recoberta de modo a reflectir apenas 50% da radiação incidente (semi-transparente). Assim, metade da radiação incidente segue para o espelho E₁ e metade para E₂. Após reflexão em ambos os espelhos, as duas componentes recombinaem-se em D. À medida que E₂ se desloca, os dois percursos ópticos são diferentes, podendo definir-se a retardação δ como a diferença entre eles. Na recombinação, ocorrem, para cada frequência, interferências construtivas e destrutivas, em função de δ . Assim, cada frequência ν emitida pela fonte produz no detector um sinal sinusoidal de intensidade $I(\delta)$, descrito por [11]:

$$I(\delta) = 0.5 \times I(\nu) \cos(2\pi\nu\delta) \quad (10)$$

onde $I(\nu)$ é a intensidade da fonte à

frequência ν . Esta função é designada habitualmente por *interferograma*. Integrandos o sinal para todas as frequências emitidas pela fonte, tem-se

$$I(\delta) = \int_0^{+\infty} 0.5 \times I(\nu) \cos(2\pi\nu\delta) \cdot d\nu \quad (11)$$

Como resultado obtém-se um interferograma complexo, da forma apresentada na Figura 7a, com um máximo de intensidade correspondente à retardação nula ($\delta = 0$). Para recuperar o espectro em função da frequência ou do número de ondas (chamado habitualmente *espectro de feixe simples*), é necessário aplicar ao interferograma uma transformada de Fourier:

$$I(\nu) = \int_{-\infty}^{+\infty} I(\delta) \cos(2\pi\nu\delta) \cdot d\delta \quad (12)$$

Um exemplo típico de um espectro de feixe simples é apresentado na Figura 7b.

Na prática, só pode medir-se o interferograma numa gama limitada de valores de δ , determinada pelo percurso do espelho móvel. Para o efeito, é necessário truncar as franjas laterais do interferograma (operação de apodisação), por meio de software específico. A resolução $d\nu$ (ou $d\tilde{\nu}$ se expressa em número de ondas) é tanto mais elevada quanto maior a porção de interferograma analisada, que por sua vez depende do deslocamento máximo do espelho móvel. Tratando-se de um parâmetro tão importante, nos espectrómetros comerciais o percurso do espelho móvel é calibrado por meio de um laser, geralmente de He-Ne.

Embora estejam a ser desenvolvidos aparelhos FTIR de duplo feixe, os disponíveis comercialmente são de feixe simples. Isto obriga a que o registo de um espectro seja precedido de um "branco", em que no porta-amostras é colocada apenas a matriz não absorvente ou a célula vazia, seleccionando-se um determinado número de acumulações (viagens do espelho móvel) considerado conveniente para a amostra. O espectro de feixe simples da amostra é posteriormente dividido pelo branco, resultando um espectro em percentagens

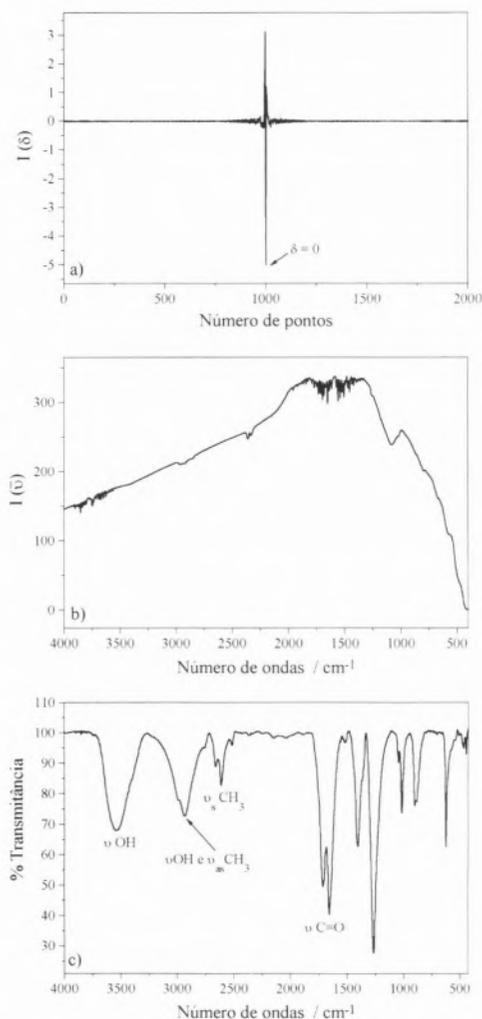


Fig. 7 - a) Interferograma obtido num espectrómetro Mattson RS1, com detector MCT arrefecido a azoto líquido, para uma fonte de carbono de silício.
 b) espectro de feixe simples resultante da aplicação da transformada de Fourier ao interferograma anterior, após 1000 acumulações (percurso completo do espelho móvel), com resolução 4 cm^{-1} .
 c) espectro de ácido acético em fase sólida, em % transmitância. Este espectro resultou da divisão do espectro de feixe simples (1000 acumulações) pelo correspondente "branco" (pastilha de KBr, com o mesmo número de acumulações). O símbolo ν refere-se a modos de elongação.

de transmitância, como o do ácido acético apresentado na Figura 7c.

4. MÉTODOS EXPERIMENTAIS E APLICAÇÕES

Actualmente, é grande a variedade de métodos experimentais disponíveis para obter espectros de IV. A selecção é condicionada pelo tipo de amostra e pelo estado físico em que se encontra. Faz-se aqui apenas uma breve referência aos principais, que permita ao leitor aperceber-se da adequação de cada modo

experimental ao problema posto.

4.1. Modo de Transmissão

O modo mais vulgar de traçar o espectro FTIR de uma amostra é em transmissão, como esquematizado na Fig. 6. A amostra é simplesmente colocada no foco do feixe incidente e é atravessada por ele. Este modo é aplicável a amostras em qualquer estado físico, com os cuidados de preparação de amostras referidos em 3.1. A possibilidade de identificar grupos e simetrias moleculares torna-a uma téc-

nica de rotina em síntese, para verificação da pureza, do grau de decomposição dos produtos sintetizados, ou ainda da presença de isómeros. É também uma técnica analítica poderosa, com exclusão dos casos em que a molécula ou grupo a identificar tem bandas de absorção a frequências muito próximas das do solvente ou da matriz e as concentrações são muito baixas. Os estudos quantitativos passam pela validade da lei de Beer, tal como noutras técnicas espectroscópicas [12, 13].

Os espectros das figuras 2, 5 e 7c foram obtidos por este método.

O modo de transmissão tem algumas limitações no que se refere à análise de amostras sólidas, de filmes finos e de moléculas adsorvidas, especialmente se o substrato não for transparente em IV. Estas limitações levaram ao desenvolvimento de outros modos experimentais e de acessórios específicos, que se referem seguidamente, de forma não exaustiva.

4.2. Modo de Reflectância Difusa (DRIFT)

À semelhança da técnica de reflectância difusa em UV-Vis [14], este modo foi desenvolvido especialmente para obter espectros IV de amostras sólidas, que dispersam a radiação incidente. Na Fig. 8 esquematiza-se uma montagem tipo, onde a grande diferença em relação ao método de transmissão reside no modo como a luz dispersa pela amostra é recolhida, através de uma calote esférica integradora.

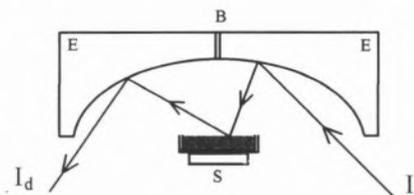


Fig. 8 - Esquema da montagem para reflectância difusa em IV (DRIFT): I_i - radiação incidente; I_d - radiação dispersa; S - copo porta-amostras; E - calote esférica integradora, espelhada; B - ranhura para bloquear a reflexão especular.

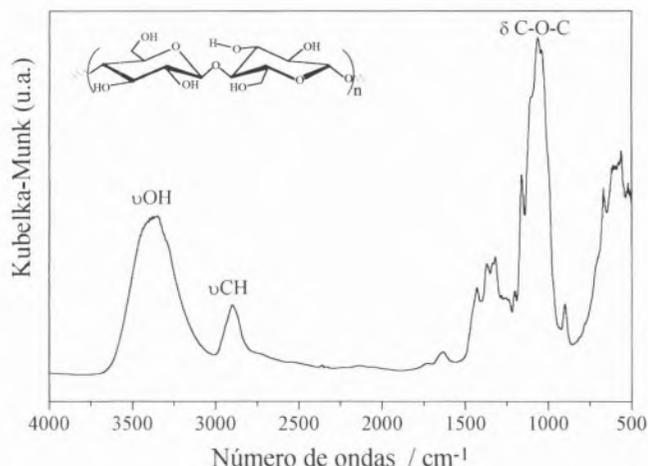


Fig. 9 - Espectro de celulose nativa em matriz de KBr obtido por reflectância difusa, em unidades de Kubelka-Munk: ν - elongações; δ - deformações. Utilizou-se como "branco" KBr finamente moído. Resolução 4 cm^{-1} . Inserida: estrutura da celulose.

A preparação de amostras é praticamente inexistente, o que torna este método muito prático: basta misturar o pó com uma matriz reflectora, usada também como "branco", e colocar a mistura no porta-amostras adequado.

Os espectros obtidos em reflectância difusa não são apresentados em unidades de transmitância nem de absorvência. São transformados utilizando a equação de Kubelka-Munk para luz dispersa⁷, supondo que a amostra é infinitamente espessa [15]. Nestas unidades, os espectros são comparáveis aos obtidos em transmissão, em unidades de absorvência. Podem, contudo, aparecer distorcidos em algumas gamas de frequência, se não for eliminada a luz proveniente da reflexão especular. A título de exemplo, mostra-se, na Fig. 9, um espectro de celulose nativa obtido em DRIFT, usando matriz de brometo de potássio, onde se destacam as principais atribuições de bandas [16].

Quando se pretende utilizar DRIFT para fins quantitativos é necessário escolher cuidadosamente o método de calibração [17].

4.3. Modo de Reflectância Total Atenuada (ATR)

O componente principal de um acessório de ATR é um prisma de

uma substância transparente ao IV, de elevado índice de refração. As faces laterais do prisma são cortadas segundo um ângulo tal que a luz incidente é reflectida com um ângulo superior ao ângulo crítico. Nestas condições, há reflexão total e a luz permanece dentro do cristal durante sucessivas reflexões. Se a amostra estiver depositada na face do cristal, com um bom contacto óptico, em cada reflexão alguma radiação penetra na amostra e pode ser absorvida, como se esquematiza na Fig. 10. Depois de um certo número de reflexões, a luz deixa o prisma e é focada no detector.

As amostras para as quais este método é adequado são líquidos fortemente absorventes, filmes finos de materiais maleáveis ou húmidos, membranas, géis e pastas dificilmente

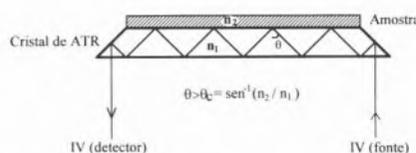


Fig. 10 - Esquema de um cristal para reflectância total atenuada (ATR). Se o ângulo de incidência θ for superior ao ângulo crítico θ_c , a radiação sofre reflexão total na interface entre o prisma, de índice de refração elevado, n_1 , e o ar ou a amostra, de índice de refração menor, n_2 .

te adaptadas a análise em transmissão.

A escolha do material que constitui o prisma é um factor determinante das análises por ATR. Deve ter em conta a gama de número de ondas pretendida, o índice de refração do material, a resistência mecânica, a solubilidade na amostra e o custo. O material mais utilizado é ZnSe, de índice de refração 2.4, transparente numa larga gama de número de ondas (20000 a 454 cm^{-1}) e adequado a amostras com pH entre 5 e 9 [18]. As secções mais comuns dos cristais para ATR são em forma de paralelogramo e de trapézio.

4.4. Modo de Reflexão -Absorção (RAIRS ou IRRAS)

O modo de reflexão-absorção no IV desenvolveu-se devido à necessidade de caracterizar espécies adsorvidas em superfícies reflectoras, nomeadamente metálicas, em que a reflexão é exclusivamente especular. O trabalho teórico desenvolvido por Greenler [19] sobre a reflexão da luz em superfícies metálicas levou à compreensão do processo e à optimização das condições experimentais. Nomeadamente, a componente do campo eléctrico da radiação incidente paralela à superfície é anulada na reflexão pelo dipolo imagem criado na superfície metálica, ao passo que a componente perpendicular é reforçada, em especial para incidência rasantemente (ângulo de incidência $\sim 85^\circ$). Logo, apenas esta componente interacciona com as moléculas adsorvidas sobre a superfície e por isso só os modos vibracionais com momento dipolar oscilante perpendicular à superfície são activos. Esta regra de selecção adicional, conhecida por *regra de selecção de superfícies metálicas*, limita grandemente os modos vibracionais observáveis, sendo responsável pela simplificação dos espectros obtidos em reflexão-absorção. É um método que pode ser utilizado à pressão atmosférica, para análise de filmes finos. Contudo, sempre que se pretenda analisar pequenas quantidades adsorvidas, da ordem da monocama-

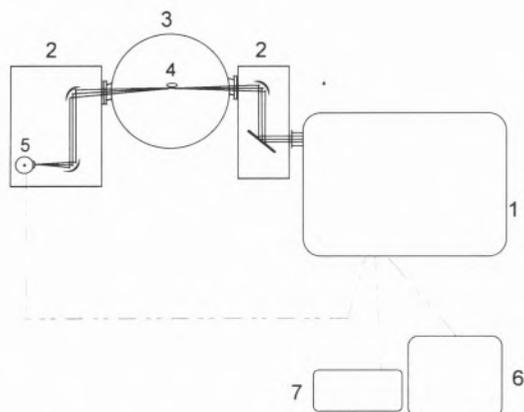


Fig. 11 - Esquema de uma instalação para realização de espectroscopia IV em modo de reflexão-absorção (RAIRS), em ultra-alto-vácuo: 1- Espectrómetro FTIR; 2- caixas contendo sistemas ópticos, purgadas com ar seco e livre de CO_2 (sem este cuidado, os espectros do vapor de água e do CO_2 do ar seriam também visíveis); 3- Câmara de ultra-alto-vácuo; 4- monocristal metálico; 5- detector exterior; 6- computador; 7- impressora ou registor.

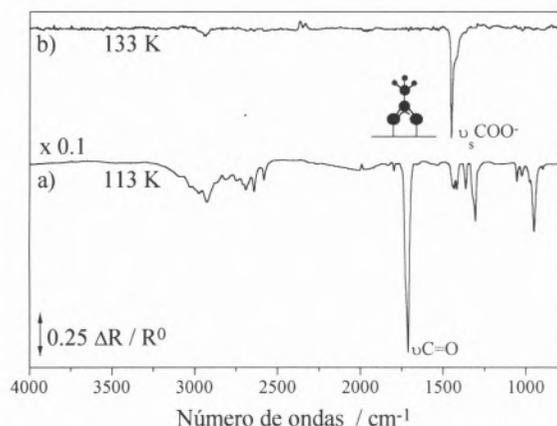


Fig. 12 - Espectro RAIR de ácido acético adsorvido em Ru(0001): a) a baixa temperatura (113 K), após exposição da superfície a 0.02 L de ácido; b) a 133 K, após exposição da superfície a 0.05 L.

da ou inferiores, é necessário garantir a limpeza da superfície e, portanto, trabalhar em condições de ultra-alto-vácuo. Como espectro branco, utiliza-se o da superfície metálica limpa por sucessivos ciclos de bombardeamento com iões Ar^+ , oxidações ou reduções (conforme adequado) e aquecimentos a alta temperatura, para regularizar a superfície.

Na Fig. 11 mostra-se o esquema de uma instalação RAIRS existente no Centro de Química-Física Molecular, em Lisboa, para estudos de reatividade em superfícies de mono-

cristais metálicos, e que obedece a estas exigências.

Exemplos de aplicação desta técnica são os espectros de CO absorvido apresentados na Fig. 3. A reacção de decomposição do ácido acético numa superfície (0001) de um monocristal de ruténio (Fig. 12) foi também realizada por RAIRS [20].

Conclui-se que, a 113 K, para uma exposição de 0.02 L^s, o ácido é adsorvido sem dissociação, sendo muito intensa a banda que identifica o grupo carbonilo, a $\sim 1715 \text{ cm}^{-1}$. Quando a adsorção ocorre a 133 K, esta banda desaparece e surge no

espectro uma banda forte a 1450 cm^{-1} , atribuída à elongação simétrica do grupo COO^- . Esta modificação no espectro indica que houve decomposição do ácido, catalisada pela superfície metálica, ficando adsorvido o ião acetato (CH_3COO^-) numa configuração bidentada, simétrica (esquematisada na Fig. 12b).

4.5. Microscopia no IV

Quando se pretende examinar amostras de muito pequenas dimensões ou detalhes de amostras como, por exemplo, impurezas, pode acoplar-se ao FTIR um microscópio de IV, que permite realizar ensaios em transmissão e em reflexão. Recolhendo espectros sucessivos em pontos distanciados de algumas décimas de micron, esta técnica torna possível realizar um "mapeamento" detalhado da amostra.

4.6. Espectroscopia IV resolvida no tempo

Utilizando detectores de IV, é hoje possível estudar a cinética de reacções rápidas e, nomeadamente, detectar intermediários. A técnica de fotólise induzida por pulso de laser com detecção no IV, esquematizada na Fig. 13, permitiu recentemente acompanhar a formação e decomposição de um intermediário ceteno numa reacção de Wolff⁹.

Após excitação da α -diazocetona (Fig. 14, I) em acetonitrilo, por

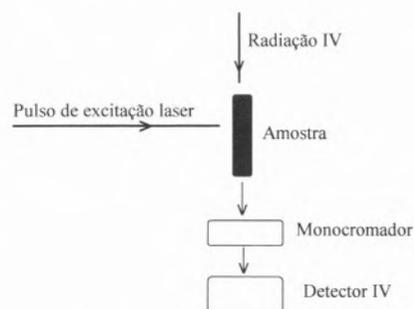


Fig. 13 - Esquema da montagem para realização da técnica de fotólise induzida por pulso de laser com detecção no IV.

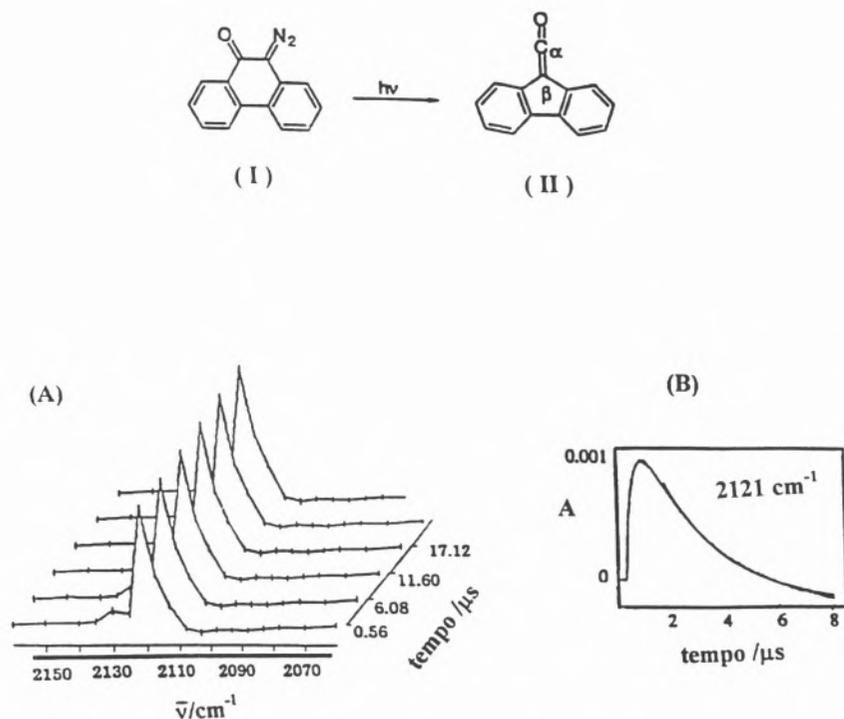


Fig. 14 - (I) - estrutura da α -díazocetona; (II) - estrutura do intermediário ceteno; (A) - espectros IV resolvidos no tempo, obtidos após excitação de (I) em acetonitrilo com pulso de laser a 308 nm; (B) - dependência no tempo da absorvência a 2121 cm^{-1} para a amostra (A), mas em presença de dietilamina. (Reproduzida com autorização e por gentileza de J. C. Netto Ferreira).

um pulso de laser a 308 nm, os espectros de IV resolvidos no tempo permitiram detectar uma forte absorção a 2121 cm^{-1} . Os primeiros espectros nesta região de número de ondas mostram-se na Fig. 14A. Esta banda é característica da vibração de alongação $\text{C}=\text{C}=\text{O}$ de um ceteno (Fig. 14, II), que se revelou estável durante cerca de $32\ \mu\text{s}$. Na presença de amins, o seu tempo de vida é reduzido. Através da dependência no tempo da absorvência a 2121 cm^{-1} , que se mostra na Fig. 14B, foi possível estudar a cinética da reacção deste intermediário com dietilamina [21].

5. CONCLUSÃO

Apesar de antiga e de utilização rotineira em qualquer laboratório de síntese ou de análises, a espectroscopia de IV está ainda em franco desenvolvimento. Nos anos

80 revelou-se como técnica de caracterização de filmes e de moléculas adsorvidas em superfícies e nos anos 90 como técnica de estudo de cinéticas rápidas.

Os espectrómetros evoluem todos os dias e os pacotes de *software* disponíveis no mercado permitem o tratamento rápido de resultados e a comparação com bibliotecas de espectros vibracionais.

A apresentação dos métodos experimentais não poderia ser exaustiva, mas uma boa revisão dos métodos usados modernamente em espectroscopia IV pode encontrar-se na Ref. 22, Capítulos 2 e 3.

AGRADECIMENTOS:

Agradece-se à Eng^a Ana Rosa Garcia a obtenção dos espectros das Figuras 2 e 5 proposadamente para

este artigo e a colaboração na execução das Figuras. Ao Prof. Gaspar Martinho, às Eng.^{as} Ana Rosa Garcia e Alexandra Fidalgo agradece-se a leitura atenta e crítica do manuscrito.

* Centro de Química-Física Molecular, Complexo I, I.S.T. - Av. Rovisco Pais, 1096 Lisboa Codex

REFERÊNCIAS

1. W. Herschel, *Phil. Trans. Roy. Soc.*, **90** (1800), 284.
2. W. Abney e E. R. Festing, *Phil. Trans.*, **172** (1882), 887.
3. N. Sheppard, H. A. Willis e J. C. Rigg, *Pure & Appl. Chem.*, **57** (1985), 105.
4. I. N. Levine, *Physical Chemistry*, 4th Ed., McGraw-Hill, Inc., Singapore, 1995.
5. E. B. Wilson, Jr., J. C. Decius e P. C. Cross, *Molecular Vibrations - The Theory of Infrared and Raman Vibrational Spectra*, Dover Publications, Inc, New York, 1955.
6. G. Herzberg, *Molecular Spectra and Molecular Structure II. Infrared and Raman Spectra of Polyatomic Molecules*, D. van Nostrand, Princeton, 1945.
7. J. J. C. Teixeira Dias, *Espectroscopia Molecular - Fundamentos, Métodos e Aplicações*, Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, 1986.
8. G. Davidson, *Group Theory for Chemists*, MacMillan Physical Science Series, Hong Kong, 1991.
9. L. J. Bellamy (Ed.), *The Infrared Spectra of Complex Molecules*, Vols 1 e 2, Chapman and Hall, London, 1980.
10. W. D. Perkins, *J. Chem. Ed.*, **64** (1987), A269.
11. J. M. Hollas, *Modern Spectroscopy*, 3^a Ed., John Wiley & Sons, Bath, 1996.
12. M. N. Berberan-Santos, *J. Chem. Ed.*, **67** (1990), 757.
13. J. M. G. Martinho, *Química*, **52** (1994), 44.
14. L. F. Vieira Ferreira, J. C. Netto Ferreira, A. S. Oliveira e S. M. Brito Costa, *Química*, **60** (1996), 50.

15. P. Kubelka e F. Munk, *Z. Tech. Phys.*, **12** (1931), 593.

16. L. M. Ilharco, A. R. Garcia, J. Lopes da Silva e L. F. Vieira Ferreira, *Langmuir*, **13** (1997), 4126.

17. Z. Krivácsy e J. Hlavay, *Talanta*, **42** (1995), 613.

18. *The Complete Guide to FTIR*, SPECTRA TECH Inc, 1993.

19. R. G. Greenler, *J. Chem. Phys.*, **44** (1966), 310; *Ibid*, **50** (1969), 1963.

20. A. R. Garcia, J. Lopes da Silva e L. M. Ilharco, submetido à *Surface Science*.

21. N. Camara de Lucas, J. C. Netto-Ferreira, J. Andraos, J. Luszyk, B. D. Wagner e J. C. Scaiano, *Tetrahedron Letters*, **38** (1997), 5147.

22. D. L. Andrews (Ed.), *Perspectives in Modern Chemical Spectroscopy*, Springer-Verlag, Heidelberg, 1990.

NOTAS

¹ Em número de ondas: $\bar{\nu} = (1/2\pi c)\sqrt{k/\mu}$

² Entende-se por massa reduzida do sistema de dois átomos a grandeza $\mu = m_1 m_2 / (m_1 + m_2)$, onde m_i representa a massa atômica do átomo i .

³ Mais frequentemente, esta energia é expressa em unidades de número de ondas, G_v :

$$G_v = (v+1/2) \bar{\nu} - (v+1/2)^2 \bar{\nu} x_e$$

⁴ Em número de ondas: $G_{v+1} - G_v = \bar{\nu} [1 - 2x_e(v+1)]$.

⁵ Em rigor, apenas para o oscilador harmónico o ramo Q é centrado na frequência fundamental.

⁶ Entende-se por operação de simetria uma transformação realizada sobre a molécula que a deixa indistinguível da configuração de partida.

⁷ A função de Kubelka-Munk pode ser expressa por: $f(R_\infty) = (1-R_\infty)^2/2R_\infty = k/s$, onde R_∞ é a reflectância absoluta (luz total reflectida por uma superfície por unidade de intensidade do feixe incidente), k é o coeficiente de absorção molar e s o coeficiente de dispersão molar.

⁸ Langmuir (símbolo L) é uma unidade de exposição: 1L corresponde a expor a superfície a uma pressão de 10^{-6} Torr da substância a adsorver durante 1segundo.

⁹ Reacção fotoquímica de rearranjo, que envolve a conversão de α - diazocetonas em ácidos carboxílicos e seus derivados.



SOCIEDADE
PORTUGUESA
DE QUÍMICA

**COLABORE
COM A
SOCIEDADE**

**NÃO ATRASE O
PAGAMENTO DAS
SUAS QUOTAS**

SPQ – QUOTAS

Sócio Efectivo	5 500\$00
Sócio Estudante	3 000\$00
Sócio Casal	8 500\$00

A. HANNA



A1. Medidor Portátil para Análise da Água: Mede Turvação, pH, Cloro, Bromo, Iodo, Ferro 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 possibilidade 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 pHel1 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. LABOCONTROLE

B1. IKA - Catálogo 98/99

O novo catálogo IKA encontra-se disponível.

Contém informações sobre 18 grupos de produtos:

agitadores magnéticos, placas de aquecimento, agitadores mecânicos, homogenizadores, moínhos, etc.

Inclui fotocópias, texto, especificações e preços.

Peça-nos o catálogo.

C. LABORTEQUE



C1. 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, Voltamétricas, 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.

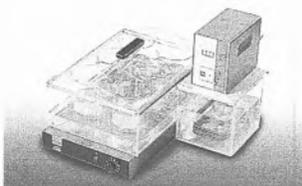
O sistema permite ainda a compensação da queda Óhmica por feed-back positivo, com determinação automática ou manual.



C2. Novas Centrífugas Centurion

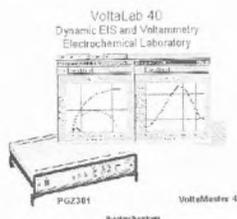
A Centurion Scientific, introduziu nas suas centrífugas a nova tecnologia dos motores de indução, caracterizados por necessitarem de reduzida assistência. Deste

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



C3. Sistema para digestões enzimáticas, Velp Científica

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.



C4. A Radiometer apresenta o novo sistema Voltalab 40. ...a imaginação é o limite...

Sistema integrado, que permite, 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 Potenciostática. 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.

D. SOQUÍMICA

D1. Soquilab

Soquilab - Laboratório Metrológico e de Ensaios, dedicado ao apoio a laboratórios de análises químicas, é acreditado pelo IPQ de acordo com a norma NP EN 45001 desde Setembro de 1993. O seu âmbito, na área de **calibração**, abrange os seguintes grupos de equipamentos:

- Equipamento de pesagem.
- Espectrofotómetros (UV-VIS e de Absorção Atómica).
- Titulares, Buretas Automáticas, Medidores de pH e de Conductividade.

O seu âmbito, na área de **ensaio**s de características, abrange os seguintes grupos de equipamento:

- Espectrofotómetros (UV-VIS, Absorção atómica e Infravermelhos).
- Cromatógrafos gasosos.

D2. Heidolph Elektro ISO 9001

Agitadores de Movimento Orbital.

Agitadores de Movimento circular e de vai-vem.

Agitadores Magnéticos com e sem aquecimento.

Placas de Aquecimento.

Evaporadores rotativos.

Bombas peristálticas.

D3. Thermo Environmental Instrumentos

Equipamentos para monitorização, em tempo real, da qualidade do ar:

- Analisadores para Ar Ambiente e Gases de Emissão
- Óxido de Azoto (NO_x)
- Dióxido de Enxofre (SO₂)
- Monóxido de Carbono (CO)
- Dióxido de Carbono (CO₂)
- Ozono (O₃)
- Gás Sulfídrico (H₂S)
- Amónia
- Sistemas combinados.

D4. Grant - ISO 9002

Fabricante de equipamento de temperatura controlada para laboratório, data loggers, registadores e monitorização ambiental para aplicações industriais e investigação.

Banhos de água universais; banhos de ebulição; banhos com agitação, banhos de alta precisão com bomba de circulação, sistemas de arrefecimento, termostatos de imersão, circulado-

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

LABOCONTROLE

Equipamentos Científicos e de Laboratório, Lda.

Largo Prof. Fernando Fonseca, 5 B - 2795 LINDA-A-VELHA
Tel: 01 4143148-4151429-4197945 - Fax: 01 4151430
E-mail: laborteque@mail.telepac.pt

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

- B.1

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):

- C.1
- C.2
- C.3
- C.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):

- D.1
- D.2
- D.3
- D.4
- D.5

ROTOQUÍMICA

R. Évora, lote 39 - 1, 2º Dt - Sala 1, Pai do Vento
2750 ALCABIDECHE - Tel. (01) 486 68 51

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

- E.1
- E.2
- E.3
- E.4
- E.5

Nome _____	
Morada _____	
Telefone _____	Fax _____

Nome _____	
Morada _____	
Telefone _____	Fax _____

Nome _____	
Morada _____	
Telefone _____	Fax _____

Nome _____	
Morada _____	
Telefone _____	Fax _____

Nome _____	
Morada _____	
Telefone _____	Fax _____

res, blocos de aquecimento, banhos de ultrasons e banhos para calibração.

D5. Brookfield ISO 9002

VISCOSÍMETROS E REÓMETROS
Viscosímetros analógicos e digitais para baixas, média e alta viscosidades.
VISCOSÍMETROS CONE/PLATE CAP1000 - Cone plate com velocidade fixa 750 RPM 50 HZ.



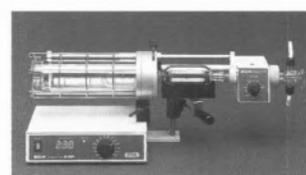
lões. Modelos com velocidade fixa ou variável.
Modelo Maxi-Mix III - De grande versatilidade, podendo-se optar por vários acessórios para agitação de tubos, balões, placas, etc. e com regulação de velocidade de 100-2200 r.p.m.

E. ROTOQUÍMICA



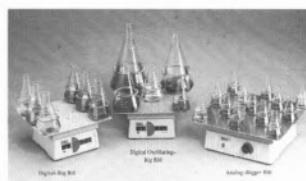
E1. Sistemas de água Ultra-Pura "Barnstead-Thermolyne"

A BARNSTEAD-THERMOLYNE especialista no fabrico de sistemas de produção de água ultra-pura tem uma gama alargada de sistemas de produção de água desde destilada ou desionizada até água ultra-pura com uma resistividade até 18.3 Megohm/cm orgânicos < 2 p.p.b. e pirogêneos < 0.001 Eu/ml, para as mais variadas aplicações como HPLC, AA, ICP/MS, GC/MS, TOC, etc.



E4. Câmaras para Cromatografia TLC "FUNGILAB"

Câmaras em vidro com tampa, para placas de 200x200 mm, 100x100 mm, ou cilíndricas com as dimensões de 210x110 mm.



E2. Agitadores Orbitais e de Vai-Vem "Barnstead-Thermolyne"

Caracterizam-se pela grande robustez e fácil operação. Equipados com vários tamanhos de plataformas, permitem montar vários sistemas de fixação para balões, frascos, tubos, etc. Versões analógicas e digitais, com regulação de velocidade e com ou sem temporizador.



E5. Forno de Micro-Destilação "BUCHI" MODELO B-580-GKR

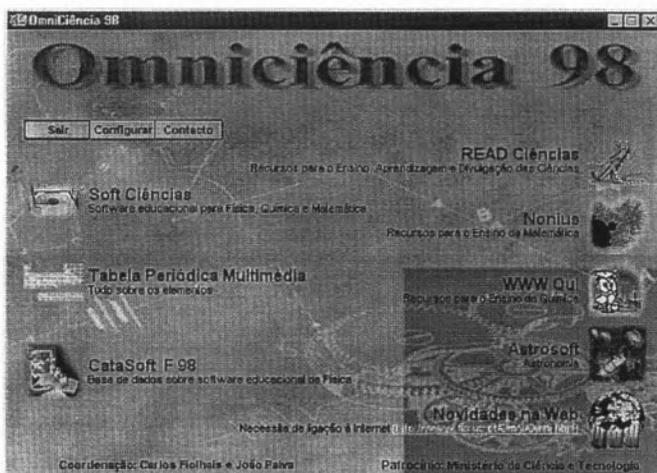
De grande versatilidade pode funcionar como micro-destilador, forno de secagem ou ainda para ensaios de sublimação através de acessórios opcionais. Temperatura regulável até 300°C com indicação digital e controlada por microprocessador. Ligação para vácuo com torneira, motor com velocidade ajustável da rotação do tubo entre 0-50 r.p.m. Capacidade máxima de destilação 60 ml.

E3. Agitadores Vortex "Barnstead-Thermolyne"

Vários modelos para 1 ou até 4 tubos ou ainda pequenos ba-



PROGRAMAS DE COMPUTADOR PARA O ENSINO DAS CIÊNCIAS



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

- | | |
|---|--|
| 6. FQ - FOLHA DE CÁLCULO
Programas em "Excel" | 15. ZERO 2.0
Concepção e correcção de testes (multidisciplinar) |
| 8. FRACTAIS
Um mundo de imagens matemáticas | 16. TESTA FQ 8/9
800 perguntas de Físico-Químicas
(8º e 9º anos) para testes |
| 9. ELECTRÃO
Meça a carga do electrão | 17. ÂNGULOS
Trigonometria no computador |
| 11. TABELA PERIÓDICA
Tudo sobre elementos | 18. RLC
Circuitos de corrente alternada |
| 13. JOGO DAS COISAS
Jogos de fazer pensar (multidisciplinar) | 19. Testa FQ 10/11
600 perguntas de Físico-Químicas (10º e 11º anos) |
| 14. EUROCHEM
Elementos químicos na Europa | 20. TESTA Q 12
450 perguntas de Químicas (12º ano) |

Próximos lançamentos:

TESTA F 12;
 ROTSOFT (Roteiros para software educativo)
 TABELA PERIÓDICA 3.0 (edição Português - Inglês)

Novidades:

21. LECHAT 2.1
 22. JOGO DAS COISAS 2.0

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

Colocar uma cruz nos programas pretendidos

Nome do Programa	Preço	Preço*
<input type="radio"/> OMNICIÊNCIA 98	3500	3000
<input type="radio"/> OMNICIÊNCIA 97	1500	1000
<input type="radio"/> 6. FQ - Folha de cálculo	1500	1000
<input type="radio"/> 8. Fractais	1500	1000
<input type="radio"/> 9. Milikan	1500	1000
<input type="radio"/> 11. Tabela Periódica	1500	1000
<input type="radio"/> 13. Jogo das coisas	1500	1000

Nome do Programa	Preço	Preço*
<input type="radio"/> 14. Eurochem	1500	1000
<input type="radio"/> 15. Zero 2.0	1500	1000
<input type="radio"/> 16. Testa FQ / 8-9**	2000	1500
<input type="radio"/> 17. Ângulos	1500	1000
<input type="radio"/> 18. RLC	1500	1000
<input type="radio"/> 19. Testa FQ / 10-11 **	2000	1500
<input type="radio"/> 20. Testa Q 12**	2000	1500
<input type="radio"/> 21. LeChat 2.1	1500	1000
<input type="radio"/> 22. Jogo das Coisas 2.0	1500	1000

* Sócios SPF, SPQ e SPM.

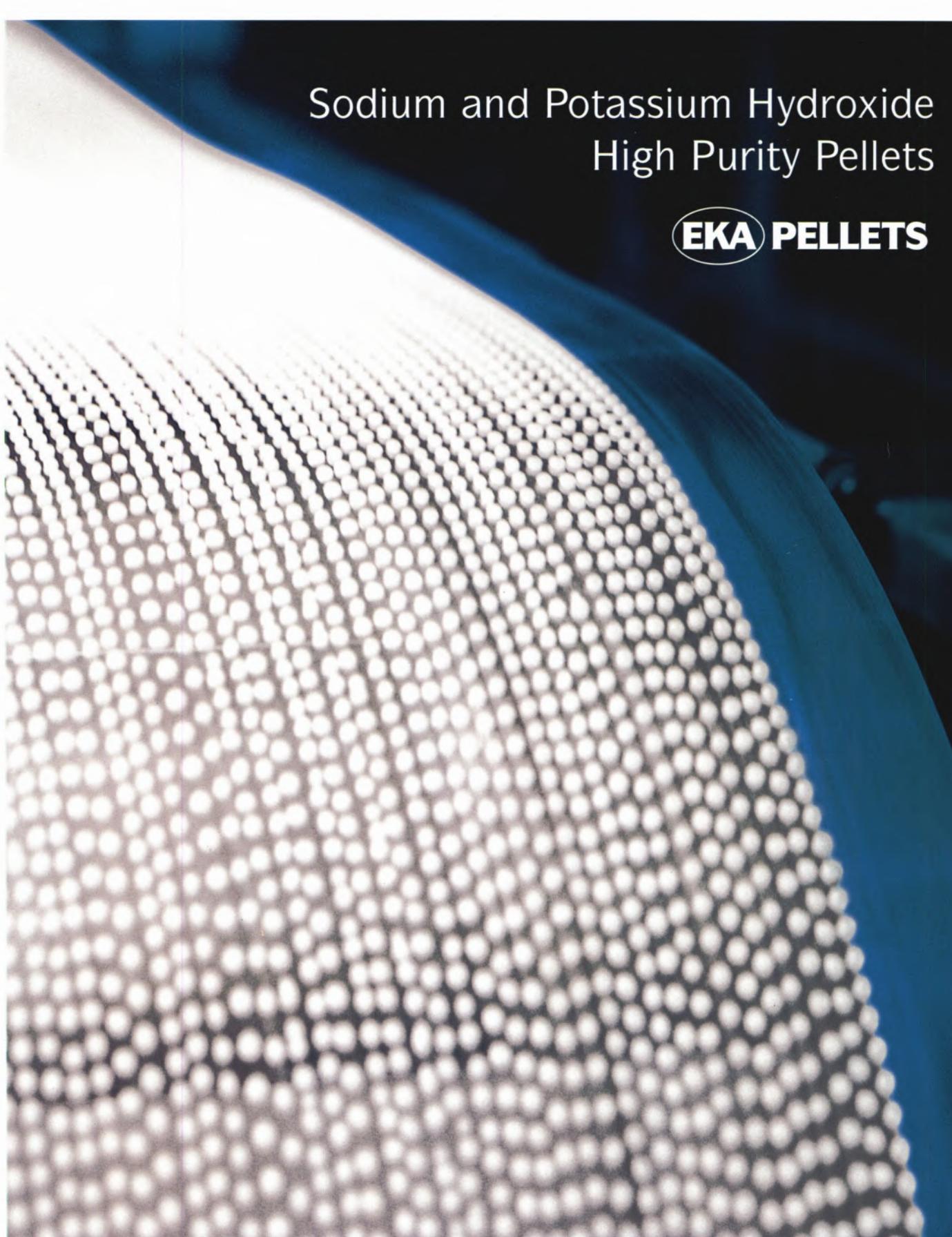
** Inclui testes que podem ser policopiados.

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.

Sodium and Potassium Hydroxide
High Purity Pellets

EKA PELLETS



EKA CHEMICALS


AKZO NOBEL

Agentes exclusivos:

SOCIEDADE IMBRASEX LDA, Calçada do Carmo, N° 6 – 4° Dto., 1200 LISBOA
Telefone: 342.06.58/342.48.61 • Telefax: 346.48.50