

# boletim

SOCIEDADE  
PORTUGUESA  
DE  
QUIMICA



Publicação Trimestral • N.º 46 (Série II) • Dezembro 1991



*A Química e a Educação*

# SOCIEDADE PORTUGUESA DE QUÍMICA



## CORPOS GERENTES

Presidente – **A. Romão Dias**  
 Vice-Presidente – **J. Luís Figueiredo**  
 Secretário-Geral – **José Artur Martinho Simões**  
 Secretários-Gerais Adjuntos  
 – **Rita Delgado e Mariana Pereira**  
 Tesoureiro – **Anabela Fernandes**

## Conselho Fiscal

Presidente – **António Pires de Matos**  
 Vice-Presidente – **Maria Luísa Leitão**  
 Relator – **João Paulo Leal**

## Mesa da Assembleia Geral

Presidente – **Maria Alzira Almofter Ferreira**  
 1.º Secretário – **Fernanda Madalena Abreu Costa**  
 2.º Secretário – **Maria das Dores Ribeiro da Silva**

## ASSEMBLEIAS REGIONAIS

DELEGAÇÃO DO NORTE (Sede no Porto)

### Assembleia Regional

Presidente – **João Cabral**  
 1.º Secretário – **Raul Barroca**  
 2.º Secretário – **José Luís C. Figueiredo**

### Direcção da Delegação Regional

Presidente – **José Luís Figueiredo**  
 Secretário – **Manuel Ribeiro da Silva**  
 Vogal – **José Luís Costa Lima**

DELEGAÇÃO DO CENTRO (Sede em Coimbra)

### Assembleia Regional

Presidente – **A. J. Andrade de Gouveia**  
 1.º Secretário – **F. Pinto Coelho**  
 2.º Secretário – **Júlio A. M. Cunha Pinto**

### Direcção da Delegação Regional

Presidente – **A. J. Campos Varandas**  
 Secretário – **Carlos F. G. Gerales**  
 Vogal – **Júlio P. de Jesus**

DELEGAÇÃO DO SUL (Sede em Lisboa)

### Assembleia Regional

Presidente – **Ana Lobo**  
 1.º Secretário – **Filomena Camões**  
 2.º Secretário – **Maria da Graça Correia**

### Direcção da Delegação Regional

Presidente – **Romão Dias**  
 Secretário – **José Costa Reis**  
 Vogal – **Maria Helena Pereira**

# boletim

Propriedade e edição da Soc. Port. de Química

## Director:

RAQUEL GONÇALVES (FCL)

## Directores Adjuntos:

ANA SIMÕES (INIC)  
 ANTÓNIO CALADO (FFL)  
 LÍDIA ALBUQUERQUE (FCL)  
 MANUEL GIL (EDP)

## Redacção e Administração

Sociedade Portuguesa de Química  
 Av. da República, 37 - 4.º  
 1000 LISBOA – Tel. 793 46 37

(Horário de expediente:

de 2.ª a 6.ª-feira, das 10 às 13 e das 14 às 16 horas)

## SECÇÕES TEMÁTICAS:

### Informações, actualidade

Filomena Martins (FCL)

### Educação em Química

Elisa Maia (FCL)  
 Isabel Pinheiro Martins (Univ. Aveiro)

### Química e Indústria

António Gonçalves da Silva (SONADEL)  
 João Moura Bordado (HOECHST)

### Evolução Química

Hernâni Maia (Univ. Minho)  
 Joaquim Moura Ramos (IST)

### Segurança nos Laboratórios

Maria João Marcelo Curto (LNETI)

### Química e Saúde

Eduarda Rosa (FFL)

### Computadores em Química

Fernando Fernandes (FCL)  
 Filomena Freitas (FCL)

### História da Química

António Amorim Costa (Univ. Coimbra)  
 António Manuel Nunes dos Santos (Univ. Nova Lisboa)

### Congressos e Conferências

Maria Regina Tavares (LNETI)

## Publicidade

Sociedade Portuguesa de Química  
 Av. da República, 37 - 4.º  
 1000 LISBOA – Tel. 793 46 37

Os artigos publicados são da exclusiva responsabilidade dos seus autores e as opiniões neles defendidas não envolvem as direcções do Boletim e da Sociedade Portuguesa de Química.

EXECUÇÃO GRÁFICA – FNAC - Gráfica, S.A.  
 Av. dos Cavaleiros, Lote 1 - Portela da Ajuda – 1495 Lisboa  
 Telef. 417 13 30 / 32 / 33 • Fax 417 13 34  
 Registo na D.G.C.S. n.º 101240 de 28/09/72  
 Depósito Legal n.º 51420/91

Esta publicação é subsidiada pela Secretaria de Estado do Ensino Superior, Junta Nacional de Investigação Científica e Tecnológica e Instituto Nacional de Investigação Científica.

---

## EDITORIAL

---

Em 1821, Manuel Passos instituiu em muitos centros urbanos os Liceus, escolas de ensino secundário, onde eram ensinadas disciplinas clássicas lado a lado com Humanidades, Línguas Vivas, QUÍMICA, Física, Ciências Naturais, Álgebra e Geometria. Este plano, de alto teor progressista, não perdurou. Poucos anos depois, as ciências foram eliminadas. Mas, em 1860, Fontes Pereira de Melo reintroduziu a Física e a QUÍMICA e o ministro de Reino João Franco, em 1894, sob proposta reformadora de Jaime Moniz, elevou de cinco para sete anos a escolaridade dos Liceus.

Estava assim instaurada em Portugal  
«A QUÍMICA E A EDUCAÇÃO».

Os tempos cresceram, a Química invadiu as Universidades, os Politécnicos e as Academias; os domínios individual e social do Homem.

A riqueza do pensamento químico contemporâneo, filtrado das gerações do fogo, da Tábua de Esmeralda, das Luzes e dos átomos invisíveis é fonte imprescindível de informação, reflexão e cultura. Cabe ao sector educativo apetrechar intelectualmente professores e alunos para essa realidade.

*Aos autores, o nosso sincero agradecimento pela viabilização deste Boletim.*

---

# Boletim da Sociedade Portuguesa de Química

## N.º 46 (Série II) • Dezembro 1991

---

### SUMÁRIO

- A Química e o seu Ensino – o que pensam os alunos dos ensinos básico e secundário, *António F. Cachapuz, Isabel M. Malaquias, Isabel P. Martins, Marília F. Thomaz e Nilza Costa* ..... 3
- Formação em Química dos Professores e Ensino para a Mudança Conceptual – uma estratégia inovadora, *António F. Cachapuz e Isabel P. Martins* ..... 13
- Interpretações do Princípio de Le Chatelier e a Compartimentação do Saber – concepções alternativas relativas à evolução dos sistemas químicos para situações de equilíbrio, *M. Arminda Pedrosa e M. Carmen Alpoim* ..... 21
- Energia: um Conceito Integrador – incidência na reforma curricular, *Duarte J. V. Costa Pereira* ..... 31
- Que Química para o 1.º Ciclo?, *M. Mercês Sousa Ramos e M. Luz Castro Ribeiro* ..... 37
- O Projecto IUPAC / UNESCO de Desenvolvimento Curricular – uma experiência de cooperação internacional no desenvolvimento de materiais didácticos, *Maria Elisa Maia Pestana* ..... 43
- A Química na Reforma Curricular dos Ensinos Básico e Secundário, *Maria Clara F. Magalhães* ..... 47
- Calor e Temperatura – as ideias dos alunos do Ensino Básico, *Maria Luísa Veiga* ..... 53
- Calor e Temperatura... mais uma vez, *Maria Helena Caldeira* ..... 61
- Acerca da relação entre as Propriedades dos Elementos e os seus Números Atómicos – tabelas periódicas e sua evolução, *M. Filomena G. F. C. Camões* ..... 69
- Trabalho Experimental – finalidades e recursos, *Mariana P. Pereira* ..... 75
- Avaliação e Classificação da Aprendizagem em Química – alguns aspectos técnicos, *Arminda Pedrosa* ..... 81
- Organização da Segurança em Instituições, *Maria João Marcelo Curto* ..... 87

# A Química e o seu Ensino

– o que pensam os alunos  
dos ensinos básico e secundário

António F. Cachapuz<sup>a</sup>  
Isabel M. Malaquias<sup>a</sup>  
Isabel P. Martins<sup>a</sup>  
Marília F. Thomaz<sup>a</sup>  
Nilza Costa<sup>a</sup>



Grupo INEA/FQ

O grupo INEA/FQ é uma equipa de docentes/investigadores que desde 1986 se tem vindo a dedicar à Investigação sobre o Ensino e Aprendizagem da Física e Química, em particular nos ensinos básico e secundário.

É actualmente constituído por: António Cachapuz (Professor Associado da Universidade de Aveiro), investigador responsável pelos projectos desenvolvidos; Marília F. Thomaz (Professora Associada da Universidade de Aveiro); Nilza Costa (Professora Auxiliar da Universidade de Aveiro); Isabel P. Martins (Professora Auxiliar da Universidade de Aveiro); Isabel Malaquias (Assistente da Universidade de Aveiro); Maria Arminda Pedrosa (Professora Auxiliar da Universidade de Coimbra) e Maria João Loureiro (Assistente da Universidade de Aveiro) (as duas últimas docentes integram o grupo desde 1990).

Actualmente o grupo está sobretudo envolvido num projecto apoiado financeiramente pelo INIC tendo em vista o desenvolvimento de estratégias de ensino da Física e Química para a mudança conceptual (ensino básico e secundário), para o que conta com a colaboração de vários professores dos ensinos básico (3.º ciclo) e secundário.

Tem vários estudos apresentados em conferências nacionais e internacionais, e publicados.

O trabalho que a seguir se apresenta foi desenvolvido pelo grupo dos primeiros 5 investigadores.

... «O ensino/aprendizagem da Química deve ser um prazer» ...

(A. Romão Dias e J. Moura Ramos, 1990)

## Introdução

O crescente impacto da Ciência e Tecnologia nas sociedades modernas tem suscitado um forte questionamento sobre o sentido e o papel do ensino actual das Ciências nos níveis básico e secundário. A lógica de um tal questionamento assenta sobretudo na percepção da insuficiência e desadaptação do ensino das Ciências (E.C.) que tem lugar nas escolas (no caso português ver, por exemplo, Dias et. al. [1]). É neste quadro que se deve compreender o desenvolvimento de projectos de investigação em diversos países (por exemplo, no Canadá [2], em Israel [3]), que têm sobretudo em vista fundamentar propostas inovadoras para o E.C. Fundamentalmente essas propostas de mudança incidem em três grandes áreas: finalidades, programas e métodos de ensino.

Relativamente às finalidades do E.C., existe hoje um largo consenso sobre a necessidade de questionar aquilo que foi considerado prioritário durante décadas: a formação de futuros cientistas. Se bem que uma tal finalidade seja ainda hoje considerada importante novos desafios são lançados ao E.C., nomeadamente [4]:

- formar cidadãos capazes de participar activamente nas escolhas políticas e sociais impostas pela sociedade tecnológica;
- proporcionar uma preparação adequada para o mundo moderno do trabalho;
- estimular o crescimento intelectual e moral dos alunos de modo a ajudá-los a tornarem-se indivíduos capazes de tomar decisões racionais e autónomas.

Estas três finalidades ampliam e complexificam o alvo do E.C. nos ensinos básico (E.B.) e secundário (E.S.). A ênfase deixou de ser a formação de uma elite de futuros cientistas para passar a ser aquilo que vulgarmente se denomina por «Science for all». Esta nova maneira de pensar o E.C. (slogan para alguns), surgida no essencial nos anos 80 [5, 6], tem progressivamente suscitado a necessidade de operar mudanças inovadoras no E.C. Mudanças que, como afirma Mariano Gago [7], não são pacíficas. A promoção de um

<sup>a</sup> Grupo INEA / FQ, Universidade de Aveiro.

sistema de educação científica organizado de forma a responder aos objectivos acima mencionados, em particular que possa responder à formação de futuros cientistas, por um lado, e, por outro, à «alfabetização» científica básica e generalizada («Science for all»), carece de profunda reflexão.

Relativamente aos programas, a tendência é para (em articulação com as novas finalidades) os reorientar em torno de contextos Ciências-Tecnologia-Sociedade (C-T-S-) ([8], por exemplo). Bybee [9] concretiza esta reorientação explicitando as bases de um novo Referencial Conceptual para a Formação Científica e Tecnológica no que diz respeito à aquisição de conhecimentos (relacionados com a Ciência e Tecnologia), à utilização de competências de aprendizagem e ao desenvolvimento de valores e ideias (acerca das interfaces Ciência e Tecnologia na Sociedade). Byrne e Johnstone [10] referem vários projectos dirigidos para esse fim. Segundo esses autores a grande ênfase do E.C. centrado em contextos C-T-S é o desenvolvimento nos alunos de atitudes associadas, por exemplo, ao interesse pela Ciência e compreensão das implicações da Ciência e da Tecnologia na Sociedade em que vivemos.

As mudanças sugeridas a nível das finalidades e programas de formação impõem obviamente a necessidade de desenvolver métodos e estratégias de ensino a eles adequados. A este respeito é de referir o crescente interesse por métodos e estratégias de ensino epistemologicamente fundamentadas em quadros racionalistas e construtivistas como uma alternativa válida a práticas ainda dominantes do E.C. de matriz empirista/indutivista. É no contexto desta mudança paradigmática que tem sentido a ênfase posta no E.C. para a mudança conceptual em alternativa ao E.C. para a aquisição conceptual (ver, por exemplo, [11]). Tal posicionamento implica naturalmente que se revejam os sistemas e métodos actuais de avaliação dos alunos.

Em Portugal, pouco se sabe sobre as características actuais do E.C. nos E.B. e E.S. e da sua congruência com propostas inovadoras do tipo acima referido (o que não evita que se implementem «reformas» do ensino). Faltam estudos de investigação (em particular de natureza empírica) que ultrapassem o mero opinar sobre o assunto, e sirvam de base sistemática à inovação. No caso específico do ensino da Física Química (FQ), entendeu o grupo INEA/FQ (Investigação do Ensino-Aprendizagem da Física e Química) desenvolver um projecto de investigação\* que tem por objectivo último a apresentação de propostas inovadoras do ensino da FQ nas nossas escolas.

Como primeiro passo entendemos ser útil ouvir o que, sobre um conjunto de aspectos seleccionados dizendo respeito ao ensino da FQ, tinham a nos dizer os principais intervenientes no processo de ensino/aprendizagem, isto é, os professores e os alunos. Assim, quer as percepções que 704 professores de FQ têm sobre o ensino dessa disciplina [12], quer instrumentos que os possam ajudar a mudar as suas práticas docentes

(ver, por exemplo, [13] sobre a análise de Manuais Escolares) têm sido tornados públicos.

Neste estudo serão apresentados e discutidos alguns dos resultados obtidos a nível nacional, como alunos do E.B. e E.S. Embora a investigação inicial [14] se referisse ao ensino da FQ, dada a temática própria do presente Boletim da SPQ, serão fundamentalmente discutidos neste artigo os resultados que dizem respeito à parte da Química.

### Objectivos do estudo

Pretende-se com este estudo analisar qual o posicionamento de alunos do E.B. e E.S., a nível nacional, sobre:

- o seu gosto pela Química (quando enquadrada na disciplina de FQ);
- a importância de aprender Química;
- natureza dos assuntos tratados nas aulas de Química;
- aspectos metodológicos das aulas de Química.

A análise dos dados recolhidos sobre cada uma dessas quatro questões será feita em função do ano de escolaridade dos alunos (variável independente). Particular relevo será dado ao estudo das percepções dos alunos na fase terminal da escolaridade obrigatória (9.º ano); aos que no E.S. optaram por estudos numa área científica (10.º, 11.º ano com FQ, 12.º ano com Física (F), 12.º ano com Química (Q)) e, finalmente, aos alunos que optaram por uma área de Humanidades (11.º ano sem FQ).

A opção por esta estratificação da amostra teve em vista facilitar a análise de aspectos relevantes mencionados na Introdução deste artigo. Por exemplo, pareceu importante investigar eventuais diferenças entre alunos que de Química não têm senão a escolaridade básica (alunos do 9.º ano), alunos que decidiram prosseguir os seus estudos secundários numa área científica (alunos do 10.º, 11.º ano com FQ, 12.º ano com F, 12.º ano com Q) e também os que fizeram opções alternativas (alunos do 11.º ano sem FQ).

### Metodologia

O instrumento utilizado para a recolha dos dados foi a de um questionário escrito construído para esse fim [14]. Os itens relevantes para este estudo, e sobre os quais incide a análise aqui descrita, são apresentados em anexo (a numeração dos itens é aquela que lhe correspondia no questionário administrado aos alunos, com 25 itens, no total).

O questionário, administrado em Janeiro de 1989, foi enviado para 106 escolas C+S e secundárias seleccionadas aleatoriamente e representativas de todos os distritos do País (Continente). No total foram enviados 11.000 questionários, 9089 foram respondidos (82,6% de respostas), referentes a 103 escolas. A distribuição dos alunos que responderam ao questionário por ano de escolaridade, está indicada na Tabela I.\*\*

\* Projecto «O Ensino e a Aprendizagem da Física e da Química: Análise da Situação Actual no Ensino Secundário e Propostas para o Futuro Face aos Novos Desafios Científico-Tecnológicos», financiado pelo Instituto Nacional de Investigação Científica (INIC).

\*\* Como era de esperar o maior número de alunos corresponde ao 9.º ano de escolaridade, cerca de um terço do total, um valor que é da mesma ordem de grandeza correspondente à população dos alunos nesse mesmo ano (ensino oficial).

TABELA I

Distribuição dos alunos da amostra, por ano de escolaridade

ANO DE ESCOLARIDADE	N.º DE ALUNOS
9.º ano	3566
10.º ano com FQ	1126
11.º ano com FQ	1604
11.º ano sem FQ	1389
12.º ano com F	669
12.º ano com Q	735

A decisão de utilizar um questionário escrito deveu-se à dimensão da amostra inquirida. Para minimizar algumas limitações associadas ao uso de um tal instrumento, nas questões de resposta Sim/Não, apresentava-se uma lista de razões possíveis (de 4 a 6) para a resposta dada anteriormente e dava-se a possibilidade de o próprio aluno apresentar a sua razão. Nas 7 questões com este formato, em média, cerca de 7% dos alunos apresentaram razões diferentes das propostas. Nas 6 questões de justificação da resposta Sim/Não, em média, 81% dos alunos elaborou respostas justificativas. Este resultado parece pois ser indicador do envolvimento substancial dos alunos na tarefa que lhes era pedida. O estudo principal foi precedido de um estudo piloto para eventuais ajustes de aspectos de linguagem usada e tempo necessário para a administração do questionário.

A análise que se segue foi, no essencial, organizada em função das respostas reflectindo percepções negativas dos alunos sobre a Química e seu ensino. Tal decisão não resulta de uma perspectiva negativista dos autores sobre as possibilidades de mudança mas, bem pelo contrário, tem em vista tornar mais fácil delimitar o que é preciso mudar.

## Resultados e discussão

### O gosto pela Química

Mais de um quarto da amostra (26%) dos alunos inquiridos dizem «não gostar» de Química, e cerca de 14% não responderam (item 7.2, em anexo). A variação verificada nos resultados obtidos (Gráfico 1) está de acordo com expectativas correntemente apresentadas pelos professores. Por um lado,

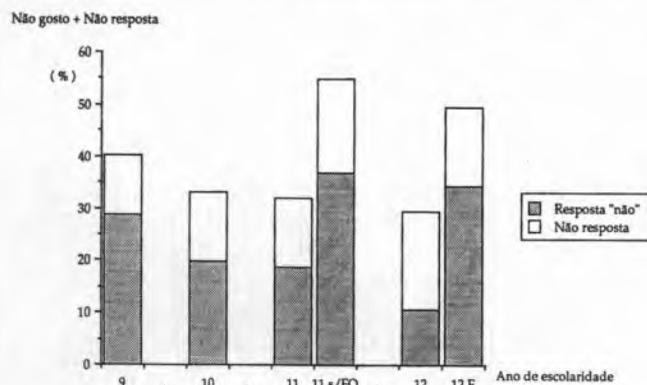


GRÁFICO 1

Percentagem de alunos que diz não gostar de Química, ou que não responde, por ano de escolaridade.

ao nível da escolaridade básica o gosto pela disciplina é menor do que em cursos de especialidade (9.º ano *versus* 10.º/11.º anos) e, no mesmo nível de ensino, esse gosto é maior para os alunos da especialidade (11.º ano com FQ *versus* 11.º ano sem FQ).

Apesar da percentagem de alunos que não respondem diminuir com a progressão dos estudos em Química, a percentagem de não respostas aumenta, sendo a mais elevada (18,8%) no caso dos que frequentam Química no 12.º ano. Embora se não conheçam as razões dos alunos para a «não resposta» é possível que ela reflecta uma falta de posição clara no aspecto inquirido. Eventualmente a opção por frequentar Química no 12.º ano estaria condicionada, para alguns deles, por escolhas profissionais futuras, e não em termos de uma opção claramente baseada no gosto pela disciplina. Por maioria da razão este raciocínio pode ser extensível aos 10,6% dos alunos do 12.º ano que tendo optado pela Química declaram dela «não gostar». A percentagem elevada de resposta «não gosto» e não resposta merece ainda especial atenção em dois casos: na escolaridade básica (40,2% no 9.º ano) e nos que no E.S. não prosseguiram estudos científicos (54,9% no 11.º ano sem FQ). Para nós é sobretudo preocupante que 28,6% dos alunos do 9.º ano, fim da escolaridade obrigatória, não tenham ainda desenvolvido o gosto pela Química.

Especial destaque merecem algumas razões apresentadas por alunos que optaram por não prosseguir estudos em áreas de Química após a escolaridade básica. Tais razões (numa amostragem aleatória de 100 alunos) quanto ao não gosto pela Química são, fundamentalmente, de três tipos:

- sobre os assuntos abordados: «... trata-se de uma matéria bastante complexa e de certa forma monótona», e «... são assuntos que só interessam a quem segue cursos científicos»;
- sobre o uso de linguagem matemática e simbólica: «... o meu interesse era pouco porque tinha muita matemática», e «... na Química tinha de decorar muitas fórmulas»;
- sobre as aulas de Química: «... porque necessitam de experiências e nas aulas nunca as fizemos».

### A importância de aprender Química

Mais de 10% dos alunos inquiridos consideraram não ser importante (9,1%) aprender Química ou não responderam (2,0%) (questão 9, em anexo). Estes valores são claramente inferiores aos valores homólogos apresentados no parágrafo anterior. Tal diminuição estará provavelmente relacionada com perspectivas profissionais futuras em que a Química possa apesar de tudo ser vista como «passaporte». Embora a percentagem de alunos que consideram não ser importante aprender Química diminua com a escolaridade na área de Química (Gráfico 2), verifica-se que esse perfil não é o mesmo em função da área de estudos. Com efeito, cerca de 20% dos alunos do 11.º ano sem FQ e dos do 12.º ano com F consideram ser não importante ou não respondem, valores estes superiores aos obtidos em qualquer um dos outros grupos. Sendo certo que tal tendência coincide com as nossas expectativas, não é menos certo que as razões da não importância que atribuem à sua aprendizagem, tal como justificam alunos do 11.º ano sem FQ, nos parece matéria para profunda reflexão: a Química «... é à base de cálculos e de experiências

Não é importante + Não resposta

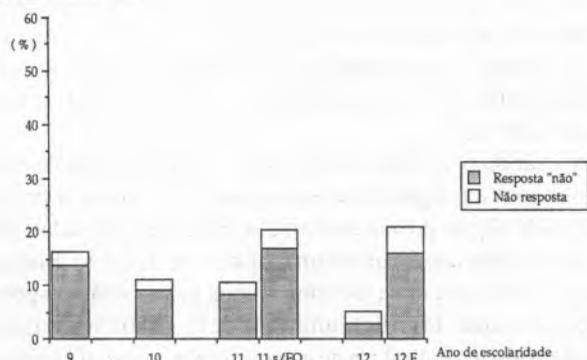


GRÁFICO 2

Percentagem de alunos que dizem não ser importante aprender Química, ou que não responde, por ano de escolaridade.

o que não é importante para o nosso dia a dia», «... não tem conteúdo para aplicar na vida de cada um», ou ainda «... acho que a Química só servirá para os professores de Física e Química que dão aulas nos liceus, para o resto acho que é dispensável».

Igualmente preocupante pareceu serem algumas justificações apresentadas pelos alunos do 12.º ano a frequentar Física, sobre a não importância da Química. Repare-se em particular que não parecem reconhecer a interligação entre a Química (por exemplo a Química dos novos materiais) e outros domínios científicos tal como se pode depreender das suas justificações: «... não é importante para o meu futuro (engenheiro informático)», «... não é importante para a profissão que escolhi (engenheiro civil)». Outras afirmações embora não tão directamente reportáveis a escolhas pessoais reflectem falta de enquadramento do mesmo tipo. Por exemplo, «... só deveriam aprender Química as pessoas que quisessem seguir Química», ou «... só para quem necessita de ir para um curso superior ligado mais a sério com a disciplina». Algumas das razões apresentadas pelos alunos do 9.º ano para a não importância de aprender Química são idênticas às adiantadas pelos mais velhos: «... só quem *tensione* ter uma profissão relacionada com química é que pode achar importante (técnico de electrónica)». ou «... porque eu não vou seguir esta carreira (professor de Inglês), ou «... não acho necessário ter química porque eu vou curar os doentes e não ensinar-lhes química (enfermeira ou médica)», ou ainda «... penso que a Química não é importante para a minha vida futura (professor de Educação Física)». Razões ligadas à organização curricular, possivelmente não destacando suficientemente o objecto do estudo da Química, são também referidas como razão da não importância: «... penso que em Química o que realmente há necessidade de aprender são as experiências e isso já nós fazemos em Biologia».

#### Natureza dos assuntos tratados nas aulas de Química

##### Relação com a vida do dia a dia

Mais de metade dos alunos da amostra (50,8%) considera que os assuntos tratados nas aulas de Química (item 11.1, em anexo) não estavam relacionados com a vida do dia a dia (43,5%) ou não responde sobre tal aspecto (7,3%). A percep-

ção da ausência de tal relação aumenta com a escolaridade em Química, excepto para os alunos do 12.º ano frequentando Química (Gráfico 3). Assim, o demasiado academismo dos assuntos tratados nas aulas de Química é particularmente saliente para os alunos do 9.º ano de escolaridade, a maior parte dos quais não prosseguirá sequer os seus estudos. De

Não há relação + Não resposta

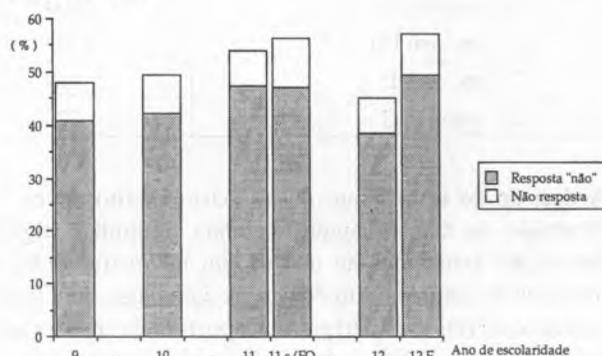


GRÁFICO 3

Percentagem de alunos que considera os assuntos das aulas de Química não relacionados com o dia a dia, ou que não responde, por ano de escolaridade.

notar que o perfil dos resultados globais obtidos é bastante diferente do perfil relativo a assuntos tratados nas aulas de Física (ver [14]). Por exemplo, para os alunos que optaram pela disciplina de Física no 12.º ano, 82,8% considerou que o ensino desta disciplina tem relação com o quotidiano enquanto que apenas 42,6% o considera para a Química.

##### Interesse

Relativamente ao interesse dos alunos sobre os assuntos que foram tratados nas aulas de Química (item 11.2, em anexo), cerca de um quinto da amostra total considera que não eram interessantes (16,6%) ou não responde (4,2%).

Embora a percentagem de alunos que considera os assuntos de Química sem interesse diminua com a escolaridade em Química (Gráfico 4), é de merecer especial atenção o caso dos alunos que no E.S. não prosseguiram estudos de Ciência. Na verdade, para mais de um quarto destes alunos (28,5%), os assuntos da Química a nível da escolaridade básica (única formação académica nessa disciplina) não foram considera-

Não interessantes + Não resposta

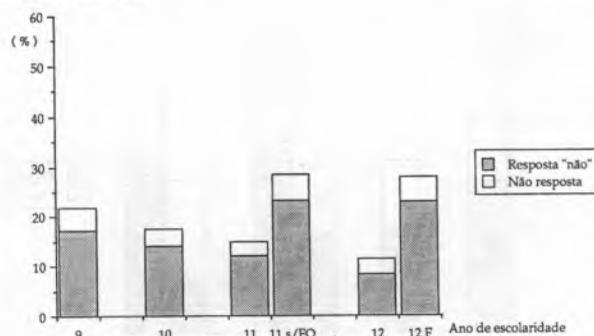


GRÁFICO 4

Percentagem de alunos que considera os assuntos das aulas de Química não interessantes, ou que não responde, por ano de escolaridade.

dos interessantes. Também nos alunos de Física do 12.<sup>o</sup> ano se verificou em maior extensão a percepção de «não interessantes» sobre os assuntos de Química (23,0%) do que sobre os assuntos de Física (8,8%, ver [14]). A comparação dos perfis de resultados correspondentes aos gráficos 3 e 4 sugere que outras variáveis, que não só o enquadramento no quotidiano dos assuntos tratados, estão em covariância de modo a que tais conteúdos sejam por alguns alunos considerados como não interessantes. Delas se falará a seguir.

#### Existência de «demasiadas fórmulas»

Quando inquiridos sobre a existência ou não de demasiadas fórmulas nos assuntos tratados nas aulas da Química (item 11.3, em anexo), 52,0% dos alunos respondem afirmativamente. Este aspecto é particularmente acentuado para os alunos do 9.<sup>o</sup> ano e para aqueles que no E.S. não prosseguiram estudos de Ciência, e menor para os da área científica (Gráfico 5). Sendo certo que o estudo da Química não pode dispensar o uso do nível representacional (simbólico) é questionável o modo como, em particular na escolaridade básica, se articulam a nível do ensino os níveis fenome-

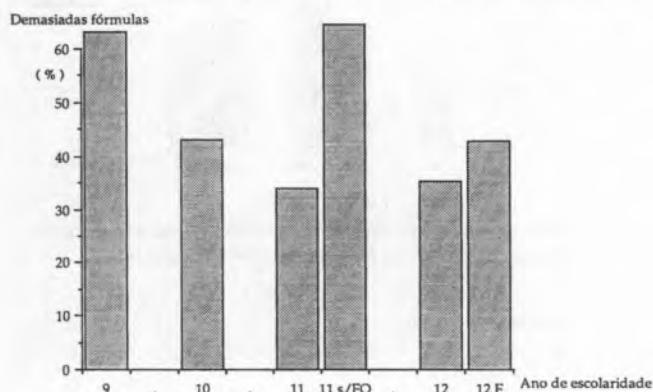


GRÁFICO 5

Percentagem de alunos que considera os assuntos das aulas de Química com demasiadas fórmulas, por ano de escolaridade.

nológico, representacional e teórico da Química. Por exemplo, a análise de Manuais Escolares indica uma larga predominância dos segundo e terceiro níveis sem que aliás seja claro para os alunos a lógica de articulação entre ambos. Frequentemente, e ao invés do percurso histórico, a fórmula é apresentada antes do conceito, por vezes sem mesmo esclarecer este último minimamente. A aprendizagem de qualquer linguagem é sempre um processo lento e por vezes problemático. «Saber» fórmulas é bem diferente de compreendê-las, e a estratégia de recurso dos alunos é, frequentemente, decorá-las.

#### Existência de «demasiados cálculos»

No conjunto da amostra, cerca de 40% dos alunos considerou que os assuntos tratados nas aulas da Química tinham demasiados cálculos (item 11.4, em anexo). Este aspecto foi mais acentuado a nível do 9.<sup>o</sup> ano do que no E.S. — área de Ciências (Gráfico 6).

Embora deva merecer alguma reserva o sentido, em extensão, atribuído pelos alunos ao vocábulo «demasiadas» no

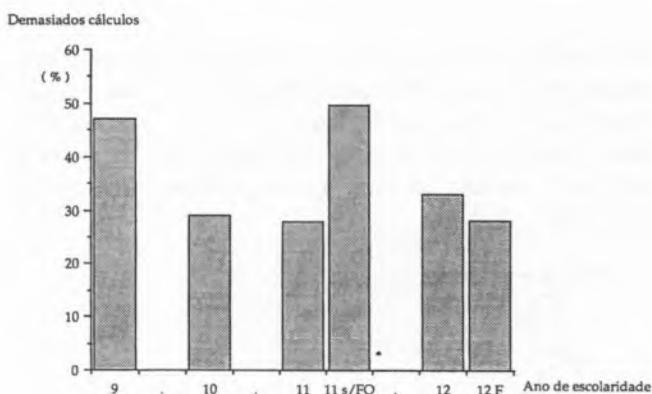


GRÁFICO 6

Percentagem de alunos que considera os assuntos das aulas de Química com demasiados cálculos, por ano de escolaridade.

presente contexto, parece-nos que deva merecer especial atenção aos elaboradores de currículos e Manuais Escolares a introdução (cautelosa) de desenvolvimentos matemáticos na Química, em particular a nível do 3.<sup>o</sup> ciclo do E.B. É bem conhecida a dificuldade que os alunos do 8.<sup>o</sup> e 9.<sup>o</sup> anos de escolaridade têm no tratamento de aspectos programáticos envolvendo proporções, por exemplo quando do estudo do tema quantidade de substância.

#### Aspectos de linguagem

Cerca de 40% dos alunos inquiridos considera que os assuntos tratados nas aulas de Química tinham «demasiadas definições» (item 11.5, em anexo). Esta opinião acentua-se, em geral, com a escolaridade em Química (Gráfico 7). Este perfil é consistente com uma maior ênfase nos anos terminais

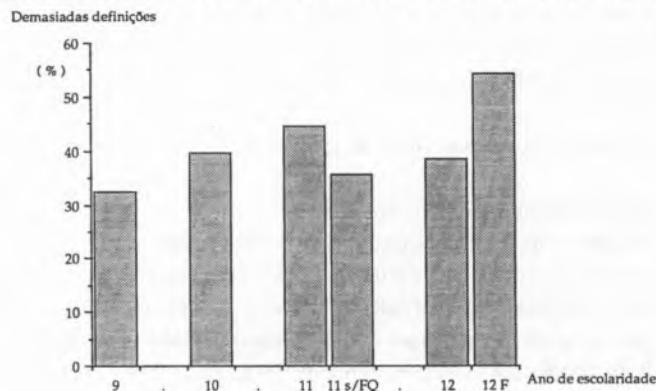


GRÁFICO 7

Percentagem de alunos que considera os assuntos das aulas de Química com demasiadas definições, por ano de escolaridade.

na apresentação da Química de modo a privilegiar aspectos mais académicos nos conteúdos abordados. Um tal perfil de resultados é aliás consistente com o acima obtido (ver Gráfico 3).

No que respeita a aspectos terminológicos a percepção dos alunos é menos negativa embora, globalmente, cerca de 22% considera terem existido «demasiadas palavras difíceis» (item 11.6, em anexo). Tais juízos não se esgotam, necessariamente, nos termos técnicos mas podem incluir outros aspectos mais subtis descritos na literatura tal como, por exemplo, o uso de conectores lógicos [15]. A tendência dos resultados é para uma diminuição das dificuldades com a

escolaridade (Gráfico 8) o que significa que também aqui os maiores problemas continuam a situar-se a nível da escolaridade básica. Curiosamente, para todos os anos de escolaridade ambos os aspectos da linguagem para os assuntos da Física parecem levantar menos problemas aos alunos (ver [14]).

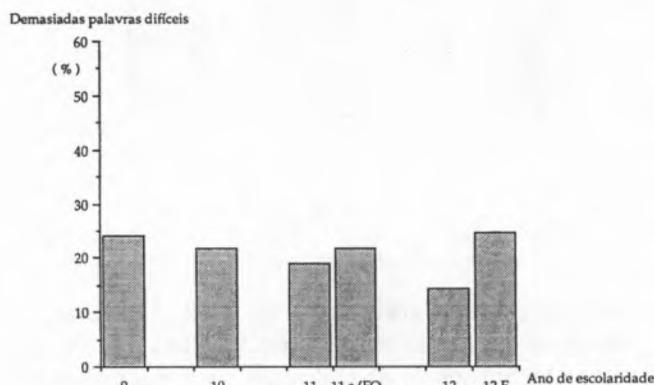


GRÁFICO 8

Percentagem de alunos que considera os assuntos das aulas de Química com demasiadas palavras difíceis, por ano de escolaridade.

A formação de conceitos em Química (e noutras Ciências) é necessariamente guiada pela linguagem usada pelos professores e Manuais Escolares, dado o carácter particularmente abstracto dos seus conceitos, i.e., que não podem ser «experienciados» directamente. Tal implica um grande cuidado da parte dos professores em assegurarem-se que os significados por eles atribuídos às palavras são realmente partilhados pelos seus alunos (o que significa que é preciso dar-lhes oportunidades para que os revelem). Tal implica também que o professor esteja aberto à utilização de estratégias adequadas, por exemplo uso de analogias e metáforas apropriadas de modo a facilitar a mudança conceptual.

#### A comunicação nas aulas de Química

##### • Possibilidade de comunicação

No que respeita ao diálogo nas aulas de Química, em média, mais de um quarto dos alunos (26,8%) considera que «praticamente só o professor falava» (item 13.2, em anexo), aspecto que se acentua com o aumento da escolaridade (Gráfico 9). Esta tendência possivelmente reflecte métodos de ensino

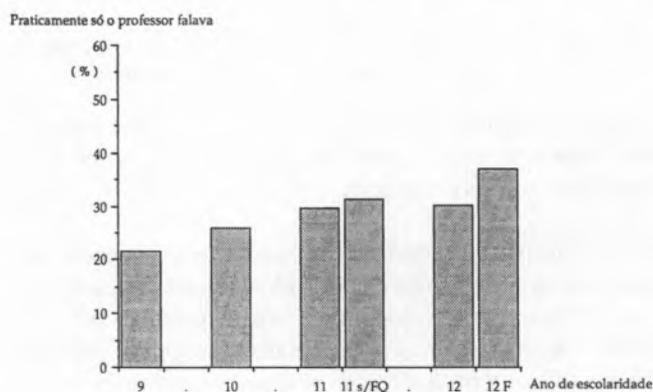


GRÁFICO 9

Percentagem de alunos que considera que praticamente só o professor falava, por ano de escolaridade.

diferentes adoptados: mais participativo no E.B. e mais expositivo no E.S. Globalmente considerado, o resultado parece indicar um claro monopólio pelo professor no uso da linguagem oral, um aspecto insistentemente analisado na literatura [6]. De acordo com estes e outros autores durante cerca de 75% do tempo de aula é o professor que fala. Concordantemente com o resultado anterior, em média, 24,5% dos alunos considera que não era possível (ou não responde) a discussão professor-aluno (item 13.3.1, em anexo) e 38,8% considera que não era possível (ou não responde) a discussão aluno-aluno (item 13.3.2, em anexo). Em geral esta tendência tende a acentuar-se com o aumento da escolaridade (Gráficos 10 e 11). Os alunos do E.S. que abandonaram o estudo das Ciências no E.B. são aliás aqueles onde se verifica a percentagem mais baixa de respostas positivas

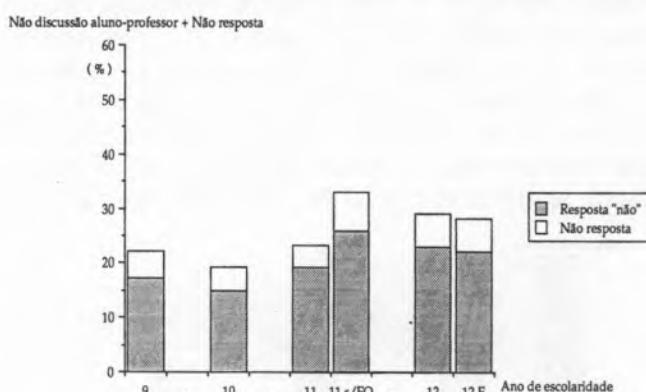


GRÁFICO 10

Percentagem de alunos que considera que não era possível a discussão aluno-professor, ou não responde, por ano de escolaridade.

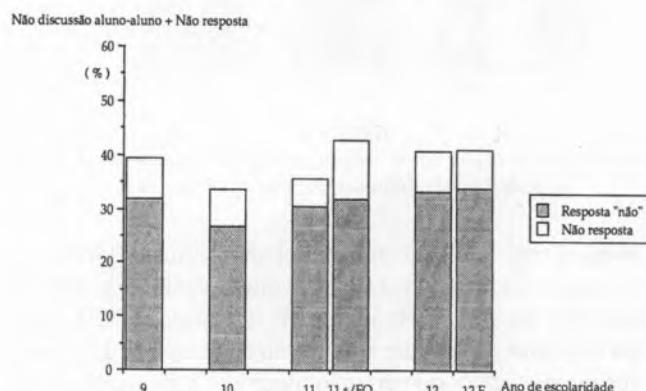


GRÁFICO 11

Percentagem de alunos que considera que não era possível a discussão aluno-aluno, ou não responde, por ano de escolaridade.

sobre a possibilidade de discussão nas aulas da Química, embora não seja possível estabelecer nenhuma relação de causa/efeito entre esses dois aspectos.

##### • Possibilidade de participação

Quando inquiridos sobre a possibilidade de participação nas aulas (item 13.4, em anexo), em média, um quinto dos alunos considerou que ou tal não lhes era permitido (15,2%) ou não responderam (4,3%). Essa possibilidade não sofre grandes alterações com a escolaridade (Gráfico 12). Como estes resultados são, em geral, menos negativos do que os obtidos nos aspectos anteriores (Gráficos 9, 10 e 11) é de admitir que existam, para os alunos, outras formas que permitam desen-

Não participação nas aulas + Não resposta

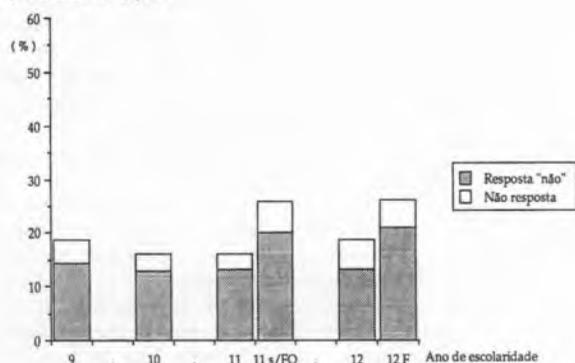


GRÁFICO 12

Percentagem de alunos que considera que não pode participar nas aulas, ou não responde, por ano de escolaridade.

volver a participação deles nas aulas que não só através da linguagem oral. Identificar essas práticas e o seu impacto na aprendizagem será por certo um tema relevante a desenvolver na investigação em curso.

Em termos globais o conjunto destes resultados aponta para um ensino centrado em modelos de comunicação do professor para o aluno, claramente centrado no primeiro. Em particular, no caso dos alunos do 9.º ano de escolaridade, fica assim comprometido parte do potencial ligado à comunicação horizontal (aluno-aluno), sobretudo se estruturado em actividades em que a linguagem sirva, como recomenda a ASE [17], como meio para eles exprimirem «uncertainty, tentativeness, speculation and dussen insight», aspectos sem os quais a formação de conceitos em ciência é por certo mais problemática.

## Conclusões

Os resultados deste estudo, ainda que de carácter exploratório e parcelar, sugerem duas conclusões:

- Para nós é preocupante que sendo a Química uma maneira fascinante e útil de ver a natureza, possa haver uma percentagem tão elevada de jovens que dela dizem não gostar. Tal preocupação vai sobretudo para os alunos que estão prestes a terminar a escolaridade básica (9.º ano de escolaridade) e também para os que poucas oportunidades terão já na escola de mudar uma tal percepção (11.º anos s/ FQ). Para estes, provavelmente, «... the disillusionment with the value of school science arises when they are adults and actively at work in a variety of careers» [18]. O padrão que nos norteia não é que todos os jovens sejam químicos (!) mas sim modestamente que todos os jovens possam ser cidadãos atentos, capazes de compreender e utilizar no dia a dia e de um modo inteligente e útil, para eles e para a sociedade onde se inserem, o conhecimento químico. Infelizmente, e por falta de estudos anteriores, não estamos em condições de saber se o presente quadro de resultados corresponde a uma evolução positiva ou negativa. Só por isso, pensamos, este estudo teria já alguma utilidade.

- As percepções dos alunos configuram um ensino da Química nas nossas escolas com elevada dose de academismo, em que se evidenciam dificuldades a nível do uso pelos alunos da linguagem simbólica da Química e Matemática, em aulas em

que o professor monopoliza a comunicação oral deixando ao aluno poucas oportunidades para através das suas intervenções facilitar a construção do seu próprio conhecimento.

Naquilo que é possível estabelecer comparações, um tal espectro de resultados é compatível com resultados anteriores por nós obtidos junto dos professores de Química. Assim, por exemplo, o objectivo de ensino «compreender o interesse, as implicações e as limitações da Física e Química (aspectos éticos, culturais, económicos, sociais e tecnológicos)» foi um dos considerados menos relevantes de uma lista de dez objetivos gerais apresentados aos professores dos ensinos básico e secundário para seriação [19] (de notar que a convergência de resultados obtidos junto de professores e alunos apoia a validação concorrencial do estudo).

Parece ter pois sentido propor que na abordagem dos temas de Química, estes sejam tanto quanto possível contextualizados no dia a dia de forma a que a lógica do seu estudo seja mais facilmente apreendida pelos alunos. Tem também sentido propor uma abordagem da Química menos matematizada, privilegiando a compreensão dos conceitos, ainda que a nível operacional. Tem ainda sentido propor que se explore o trabalho de grupo (não confundir com o trabalho em grupo) como uma estrutura de comunicação (aluno-aluno) e coordenação (de actividades).

A nível institucional, as respostas do sistema de ensino para obviar à situação descrita, passam não tanto por modificações curriculares (sempre importantes, se adequadas) mas sobretudo pelo crescimento profissional dos professores de Química, i.e., do que delas vão os professores fazer nas escolas. De acordo com Tardif [20] um tal crescimento não é nem um processo linear, muito menos espontâneo. O mesmo é dizer que o instrumento chave da mudança é a Formação de Professores e, pelo seu potencial gerador de mudanças, a formação Contínua. É ela que pode catalisar positiva ou negativamente qualquer proposta de inovação no ensino da Química. Não cabe no âmbito deste estudo desenvolver um tal tema (para os mais interessados) sugerimos, por exemplo, trabalhos já publicados neste Boletim [21] ou artigo ainda de dois de nós figurando neste mesmo número). Acrescente-se no entanto, que, no que respeita a estratégias de Formação Contínua de professores, é de privilegiar uma estratégia de formação pela investigação do seu próprio ensino (investigação-acção), em que a pesquisa é apreendida por referência às próprias práticas de ensino. Segundo Praia [22], «... é ao nível da sala de aula que os programas (de formação de Professores) se têm de fazer sentir mais de imediato, em particular, na área da Didáctica/ Metodologia ... área que tem sido manifestamente esquecida na formação». Também nós partilhamos desta ideia e acreditamos que se convenientemente posta em execução ajudará a tornar a aprendizagem da Química mais aliciante para os nossos jovens.

## Referências

- [1] Romão Dias, A., Gonçalves, M., Oliveira, J. e Moura Ramos, J. (1987), A Ciência e Opinião Pública Portuguesa, *Revista de Ciência, Tecnologia e Sociedade* (CTS), n.º 2, 5-33.
- [2] Orpwood, G. e Souque, J. (1984), *Science Education in Canadian Schools*, Background Study 52, Vols I e II, Canadá (Québec): Canadian Government Publishing Centre.
- [3] Lazarowitz, R. e Carmi, Y (1988), *Secondary Science Teachers' Role*

Perceptions in Science Education, *The Australian Science Teachers Journal*, 34 (4), 27-34.

[4] Science Council of Canada (1984), *Science for Every Student Educating Canadians for Tomorrow World*, Report 36, Canadá (Québec): Canadian Government Publishing.

[5] Hodson, D. e Reid, D. (1988), Science for all: Motives, meanings and implications, *School Science Review*, June 88, 635-661.

[6] Martins, A. (1991), Inovações na Educação Científica e Tecnológica, *Gazeta de Física*, 14 (2), 46-60.

[7] Gago, J.M. (1990), *Manifesto para a Ciência em Portugal*, Gradiva, Portugal (Lisboa): Gradiva Publicações Lda.

[8] Hofstein, A. e Yager, R. (1982), Societal Issues as organizers for Science Education in the 80s, *School Science and Mathematics*, 82 (7), 539-547.

[9] Bybee, R. (1987), Science Education and the Science - Technology - Society (S-T-S Theme), *Science Education*, 71 (5), 667-683.

[10] Byrne, M. e Johnstone, A. (1988), How to make science relevant, *School Science Review*, Dec. 88, 43-46.

[11] Santos, M.E. (1991), *Mudança Conceptual na Sala de Aula - Um desafio pedagógico*, Portugal (Lisboa): Livros Horizonte.

[12] Cachapuz, A., Malaquias, I., Martins, I., Thomaz, Marília F. e Vasconcelos, N. - Grupo INEA/FQ (1989), *O Ensino - Aprendizagem da Física e Química: Resultados Globais de um Questionário a Professores*, Monografia, Portugal (Aveiro): Universidade de Aveiro.

[13] Cachapuz, A., Malaquias, I., Martins, I., Thomaz, Marília F. e Vasconcelos, N. - Grupo INEA/FQ (1989), Proposta de um Instrumento para Análise de Manuais Escolares de Física e Química, *Boletim SPQ*, n.º 35 (Série II), 9-14.

[14] Cachapuz, A., Malaquias, I., Martins, I., Thomaz, Marília F. e Costa, N. - Grupo INEA/FQ (1991), *A Física e a Química nos Ensinos Básico e Secundário: Resultados Globais de um Questionário a Alunos*, Monografia,

Portugal (Aveiro): Universidade de Aveiro (em impressão).

[15] Maskill, R. (1986), *Logic in Science Teaching*, 9.º Encontro Anual da SPQ - Ensino, (Aveiro): Universidade de Aveiro, Dezembro 86.

[16] Young, R., Arnold, R. e Watson, K. (1987), Linguistic Models, em Dunkin, M. (Ed.), *The International Encyclopedia of Teaching and Teacher Education*, Reino Unido (Oxford): Pergamon Press.

[17] Association for Science Education (ASE) (1980), *Language in Science*, Study Serie n.º 16, Reino Unido (Herts).

[18] Yager, R. (1983), A Synthesis of Recent Research in the U.S. and Implications for Science Teacher Education, em Tamir, P., Hofstein, A., e Ben-Peretz, B. (eds), *Preservice and Inservice Education of Science Teachers.*, Rehovot: Balaban International Services.

[19] Cachapuz, A., Malaquias, I., Martins, I., Thomaz, Marília F. e Vasconcelos, N. - Grupo INEA/FQ (1989), Objectivos do Ensino da Física/Química nos Ensinos Básico e Secundário (Parte I): Perspectivas dos Professores sobre a sua Relevância, *Boletim SPQ*, n.º 39 (Série II), 11-15.

[20] Tardif, C. (1985), On becoming a teacher: the student teacher's perspective, *The Alberta Journal of Education Research*, XXXI (2), 139-148.

[21] Cachapuz, A., Malaquias, I., Martins, I., Thomaz, Marília F. e Vasconcelos, N. - Grupo INEA/FQ (1990), Dados para uma Estratégia de Intervenção na Formação Contínua de Professores de Física e Química, *Boletim SPQ*, n.º 40 (Série II), 11-19.

[22] Praia, J. (1991), Dificuldades Intrínsecas da Formação Inicial. Formação Contínua como Resposta, Separata de *Ciências da Educação em Portugal - Situação Actual e Perspectivas*, Portugal (Porto): S.P.C.E.

#### Agradecimentos

Aos professores e alunos que dispensaram tempo das suas aulas, tornando assim possível este estudo, o nosso agradecimento.

### Anexo

#### QUESTIONÁRIO (excerto)

Q. 7 - Em relação à disciplina de Física e Química, que já estudaste, faz uma cruz que melhor represente o que sentes, para cada uma das alíneas.

7.2 - gosto de Química

Indica uma das razões que te levaram a responder como respondeste:

Sim	Não
( )	( )

Q. 9 - Em tua opinião será importante aprender Química?

Indica um das razões que te levaram a responder como respondeste:

Sim	Não
( )	( )

Q.11 - Em tua opinião os assuntos que foram tratados nas aulas de *Química* (da disciplina de Física e Química), que já tiveste, em geral:

11.1 - estavam relacionados com a vida do dia a dia

11.2 - eram interessantes

11.3 - tinham demasiadas fórmulas

11.4 - tinham demasiados cálculos

11.5 - tinham demasiadas definições

11.6 - tinham demasiadas palavras difíceis

Sim	Não
( )	( )
( )	( )
( )	( )
( )	( )
( )	( )
( )	( )

Q.13 - Em tua opinião as aulas de *Química* (da disciplina de Física e Química) em geral:

13.2 - foram aulas em que praticamente só o professor falava

13.3 - possibilitavam a discussão dos assuntos

13.3.1 - entre cada aluno e o professor

13.3.2 - entre os alunos

13.4 - permitiam que participasses nelas

Sim	Não
( )	( )
( )	( )
( )	( )
( )	( )
( )	( )

ACTAS do 2º Encontro Nacional de  
Didáticas e Metodologias de Ensino

2º Encontro Nacional  
de  
Didáticas e Metodologias de Ensino

2º EN  
DME

ACTAS



1991

editores: ISABEL PINHEIRO MARTINS • ANA ISABEL ANDRADE • ANTÓNIO MOREIRA  
M. HELENA ARAÚJO E SÁ • NILZA COSTA • ANTÓNIO FALCÃO PAREDES

2.º Encontro Nacional de Didáticas e Metodologias de Ensino  
Actas

Desejo receber \_\_\_ exemplares do Livro de Actas do 2.º Encontro Nacional de Didáticas e  
Metodologias de Ensino.

Junto envio \_\_\_\_\_ \$00 (total), correspondente a:

2 500\$00 + 400\$00 (embalagem + portes)  
(por exemplar)

nome \_\_\_\_\_

morada \_\_\_\_\_

localidade \_\_\_\_\_ código postal \_\_\_\_\_

cheque s/ Banco \_\_\_\_\_ n.º \_\_\_\_\_

vale do correio n.º \_\_\_\_\_

à ordem de: COMISSÃO ORGANIZADORA DO 2.º ENCONTRO NACIONAL DE  
DICÁCTICAS E METODOLOGIAS DE ENSINO

Enviar a:

**Secretariado do 2.º Encontro  
Nacional de Didáticas  
e Metodologias de Ensino**

Secção Autónoma  
de Didáctica e Tecnologia Educativa  
Universidade de Aveiro

3800 AVEIRO



# Formação em Química dos Professores e Ensino para a Mudança Conceptual

– uma estratégia inovadora

António F. Cachapuz <sup>a</sup>

Isabel P. Martins <sup>a</sup>



António Cachapuz



Isabel Martins

*Professor Associado da Universidade de Aveiro onde é responsável pela área de Didáctica da Química.*

*Licenciado em Química pela Universidade de Toulouse, França, aí também obteve o grau de «Docteur 3ème cycle» em química estrutural orgânica. Em Inglaterra obteve o Mestrado e depois o Doutoramento em Educação em Química.*

*Tem trabalhos de investigação no domínio de estereoquímica de compostos organo-fosforados, concepções alternativas de alunos sobre conceitos da Química e formação de professores.*

*Licenciada em Química pela Universidade de Coimbra.*

*Doutorada em Ciências da Educação - Didáctica da Química pela Universidade de Aveiro.*

*Professora Auxiliar na Secção Autónoma de Didáctica e Tecnologia Educativa da Universidade de Aveiro.*

*Na Licenciatura em ensino da Física e Química, lecciona Didáctica da Química e orienta o Estágio Pedagógico; e a nível do Mestrado em Ciências da Educação, especialidade de Supervisão.*

*Integra grupos de investigação que desenvolvem, na Universidade de Aveiro, projectos subsidiados pelo INIC e pela JNICT, sobre Concepções Alternativas de alunos e Formação de Professores de Ciências, em particular de Física e Química; é co-autora de diversos estudos publicados e apresentados em conferências nacionais e internacionais.*

*Co-autora de manuais escolares de Física e de Química, para o 3.º ciclo do Ensino Básico.*

*A teacher who is sensitive to students but not well-versed in a science discipline may become adept at ascertaining students' skills and concepts but be very unsuccessful in promoting growth in understanding that discipline. Conversely, a teacher who is well-versed in a science discipline but insensitive to students' skills and concepts may do a fine job outlining the discipline but also be very unsuccessful in promoting understanding of the discipline.*

Lunetta e Cheng, 1987

## Lógica do estudo

Que algo não corre bem no ensino da Química em Portugal é o que sugerem docentes/investigadores (ver p. ex. [1], [2], [3]) ou ainda avaliações «impressionistas» feitas pelos próprios alunos (para quem os quer ouvir). A reforma curricular em curso, ensino básico (EB) e secundário (ES), é filha aliás da mesma lógica. No entanto, qualquer proposta de inovação curricular, por muito válida que seja, arrisca-se a ser inócua se não se articular com adequadas estratégias de formação de professores. Com efeito, serão eles que, em última análise, regularão o impacto de quaisquer propostas inovadoras. Não ter devidamente compreendido e previsto o significado de um tal argumento tem levado a frequentes falsas expectativas sobre inovação curricular no ensino das Ciências: «Despite the innovations incorporated in science curricula developed since 1960's there is evidence to suggest that traditional teaching methods are still utilized and students outcomes are associated with memorization of science facts and algorithms to solve problems without necessarily understanding how the algorithms work» [4]. Ou seja, a questão central de qualquer inovação curricular não é tanto a construção de novos currículos (embora possa ser relevante) mas sobretudo o que os professores deles vão fazer no quadro das suas estratégias de ensino, em particular se estas reflectem ou não novas maneiras de estar no ensino.

Se algo de novo e marcante os anos 80 trouxeram a nível da Educação em Ciência (Química), foi a afirmação do construtivismo como um possível tema unificador no que respeita à investigação, ao desenvolvimento curricular ou à formação de professores (EB/ES). No essencial, o construtivismo

<sup>a</sup> Secção Autónoma de Didáctica e Tecnologia Educativa, Universidade de Aveiro.

considera que, ao contrário de epistemologias empiristas, o conhecimento é sempre contextual e não tem existência independente do sujeito (aluno) que o constrói. Nesta perspectiva, o papel fundamental do professor de Química é o de ajudar os seus alunos a (re)construírem novos significados a partir de conhecimentos que já lhes são familiares através de desestruturação e reestruturação sucessivas do seu conhecimento – processo de mudança conceptual – e não a acumularem conhecimentos de acordo com uma lógica de aquisição conceptual. Para Santos [5] o grande desafio que se coloca ao professor «é o de ajudar o aluno a utilizar de forma consciente, produtiva e racional o seu potencial de pensamento – ensinar a pensar – bem como, a tornar-se consciente das estratégias de aprendizagem a que recorre para construir (reconstruir) conceitos científicos». Wheatley [6] sugere uma maior ênfase na exploração pelos alunos de situações problemáticas – Problem Centered Learning – organizadas com base em conceitos centrais da disciplina e aponta vários critérios (p. ex., encorajar os alunos a utilizarem os seus próprios métodos), de modo a que tal formato de instrução possa ser educacionalmente válido. Estamos longe portanto de perspectivas tradicionais sobre a aprendizagem dos alunos tão caras aos seguidores de John Locke, e considerando-os como uma «tábula rasa» onde os conhecimentos se inscreveriam, ou ainda como um balde vazio, «empty bucket», nas palavras (críticas) de Karl Popper. Tais perspectivas tradicionais, marcadamente empiristas, alimentam no entanto práticas de ensino da Química no EB e ES ainda dominantes as quais sobrevalorizam os comportamentos (behaviorismo) em desfavor do raciocínio e pensamento crítico. É neste quadro que se «compreende» a ênfase frequentemente dada à memorização de factos (p. ex., aspectos fenomenológicos), conhecimento de convenções (p. ex., escrita de fórmulas), classificações (p. ex., tipos de reacções), aplicação rotineira de conceitos ou ainda a utilização do trabalho experimental para descobrir (!?) conceitos da Química. O que está verdadeiramente em jogo é pois uma ruptura com quadros epistemológicos e metodológicos actualmente dominantes.

Não é por acaso que formatos tradicionais do ensino da Química do tipo acima referidos têm lugar\*. De um modo geral, o ensino virado para a mudança conceptual dos alunos exige um elevado nível na formação didáctica dos Professores o que implica quer uma sólida formação científica em Química quer uma sólida formação pedagógica. «Because knowledge is personalized, active teaching is required to monitor student understanding and to facilitate learning through the use of cues, prompts and clarifications» [7]. No que respeita à formação científica em Química, dimensão que se privilegiará neste estudo, as exigências de um ensino da Química para a mudança conceptual devem ser confrontadas com resultados de investigações recentes envolvendo alunos (universitários) futuros professores (AFP) em fase final da sua formação inicial, alguns mesmo já exercendo funções docentes (professores estagiários), e cuja conclusão principal é a de que tais AFP revelam possuir sobre conceitos

centrais da Química algumas das concepções alternativas (CA's)\*\* vulgarmente identificadas em alunos do EB e ES (ver exemplos em Quadro 1).

QUADRO 1  
Exemplos de CA's identificadas em AFP de várias Universidades

CA	AMOSTRA	FONTE
Confusão entre temperatura e energia	4.º ano de Licenciaturas em Ensino de Física, Química, e Física e Química	[8]
A solubilidade como propriedade dos iões	idem	idem
A entropia do universo mantém-se («Princípio da conservação da entropia»)	Professores estagiários de Química (N=13)	[9]
As reacções químicas rápidas são mais extensas	Professores estagiários de Química (N=66)	[10]
O aquecimento continuado como critério operacional de reacção endotérmica	idem	idem

Para nós é preocupante que uma boa ideia – ensino da Química para a mudança conceptual – possa ser ferida pela existência de lacunas a nível da formação em Química dos professores. A exemplo de outros países em que idêntico problema foi identificado (ver p. ex., [11]), uma possível estratégia de intervenção passa pela adopção de métodos inovadores a nível da formação de professores em Química. Em abono deste argumento, refira-se que uma das conclusões de um recente estudo sobre a problemática das CA's na formação inicial dos professores de Química (e Física) e envolvendo os regentes das disciplinas de Didáctica/ Metodologia da Química de todas as Universidades do Continente [12], é de que embora 70% dos professores universitários (inquiridos) entenda que os próprios AFP partilham algumas CA's que são supostos ajudar a superar só cerca de metade referem estratégias de formação minimamente estruturadas tendo em vista a eventual superação dessas CA's. É nesta lógica que este trabalho se insere.

Como objecto de estudo privilegiou-se a formação inicial dos professores por já se ter alguma informação de base e por

\* Por certo existem razões não imputáveis aos professores que seria importante e justo detalhar. Destaque-se em particular a ausência de uma adequada formação contínua a que têm direito.

\*\* As CA não devem ser confundidas com simples «erros primeiros» resultando por exemplo de simples distrações, respostas precipitadas, lapsos de memória, ou erros de cálculo, mas sim como potenciais modelos explicativos frequentemente com referenciais intuitivos, podendo unificar mais do que um tipo de fenómenos e resultando de um esforço consciente de teorização.

se pensar que seria mais fácil a difusão de propostas no sistema de ensino. O objectivo do estudo é duplo:

- Alertar os interessados para a existência de importantes lacunas a nível da formação em Química de AFP em fase final da sua formação.

- Sugerir uma possível estratégia de intervenção a nível da formação inicial tendo em vista superar tais lacunas.

Os destinatários do estudo são todos os docentes com responsabilidades a nível da formação em Química dos AFP. Destaque-se no entanto os orientadores de estágio e responsáveis a nível do ensino superior por disciplinas de Didáctica e Metodologia de Ensino da Química. São eles em última análise a quem eventualmente caberá aprofundar, complementar ou refinar a proposta que a seguir se expõe.

### Uma estratégia alternativa de formação

Qualquer estratégia de formação de índole construtivista deve ter em conta três princípios orientadores básicos:

- Ter como ponto de partida (e de chegada) os próprios sujeitos em formação, neste caso os AFP de Química.

- O processo de formação deve, tanto quanto possível, ser continuamente modelado pelas mudanças conceptuais dos AFP em formação; razão porque é vital que o professor formador dê tempo e oportunidades para a actividades de reflexão, conflito cognitivo e discussão entre os AFP.

- O formador deve estar em condições de poder apreciar o desenvolvimento do processo de formação sem o que não poderá ajustar mecanismos de retro-acção apropriados.

No caso de um dos objectivos de formação dos AFP ser capacitá-los para o ensino de um conceito X (p. ex., energia de reacção química), os princípios orientadores acima referidos estão na base de uma possível estratégia de formação cujas principais fases de desenvolvimento se esquematisam no Diagrama 1.

A análise deste Diagrama revela desde logo duas opções fundamentais abertas ao professor formador consoante são ou não detectadas em A – fase DIAGNÓSTICO – CA's dos AFP sobre o conceito em estudo. Embora a alternativa referente ao ramo ADE seja aquela que, dado o objectivo deste estudo, se desenvolverá com mais pormenor, refiram-se no entanto dois importantes aspectos relativos à alternativa ABC, ou seja, a menos problemática no que respeita à existência de CA's dos AFP.

Em primeiro lugar, o objectivo central da fase B é levar os AFP a compreender que é possível uma outra maneira de estar no ensino da Química que se afasta de práticas tradicionais e a que eles foram muito provavelmente expostos durante o seu percurso escolar. Para tal feito propõem-se duas actividades:

- A ilustração de CA's que os alunos do EB/ES vulgarmente apresentam sobre o conceito em estudo, possíveis razões e modos de as reconhecer;

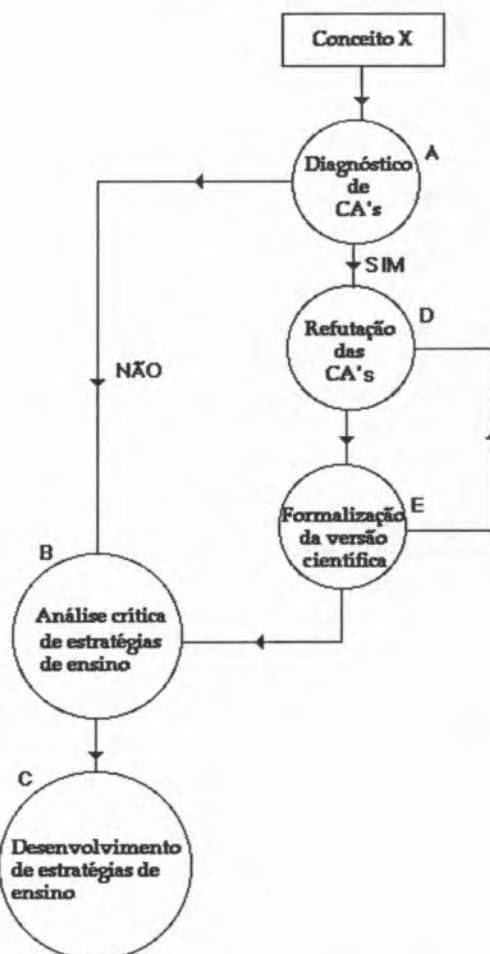
- Análise crítica de estratégias exemplares de ensino usadas para promover a mudança conceptual desses alunos. Com estas actividades não se pretende a transferência mecânica das experiências que outros têm sobre o ensino da Química, mas tão só utilizar aquelas como objecto de análise crítica dos contextos, condições e dificuldades de realização, seus sucessos e insucessos. A exploração educacional referida,

particularmente útil no âmbito de disciplinas de Didáctica/ Metodologia de Ensino da Química, será tanto mais vantajosa quanto os exemplos de estratégia de ensino apresentados\* tenham como intérpretes diferentes professores, para que mais facilmente os AFP possam ser confrontados com diferentes estilos de ensino.

Em segundo lugar, e no que respeita à fase C (Diagrama 1), não é de esperar que os AFP, como fruto da sua formação

DIAGRAMA 1

Possível estratégia de formação dos AFP para o ensino do Conceito X



anterior, possam desde logo planear e levar à prática estratégias exemplares do ensino da Química. Este é por certo um percurso lento porque tem a ver com o crescimento e autonomia profissional dos professores. No entanto, no âmbito de disciplinas de Didáctica/Metodologia de Ensino da Química, os AFP devem já ter iniciativas de planeamento de aulas, incluindo recolha e organização de materiais de apoio ou ainda sugestões de novas experiências (ou modificações nas

\* É uma prioridade incrementar estudos de investigação sobre estratégias de ensino da Química nos EB/ES visando a mudança conceptual já que não abundam trabalhos desse tipo. Nesse sentido, os autores vêm desenvolvendo na Universidade de Aveiro, com outros colegas (Grupo INEA/FQ) e também com professores de Química do EB/ES, projectos de investigação-acção financiados pelo Instituto Nacional de Investigação Científica (INIC). Pense-se deste modo facilitar que a pesquisa seja apreendida por referências às próprias práticas dos professores colaboradores do EB/ES para melhor as fazer evoluir no sentido inovativo desejado.

geralmente utilizadas) tendo em vista promover o conflito conceptual nos alunos do EB/ES. No caso dos professores estagiários (já envolvidos portanto em situação real de ensino) é fundamental que sejam encorajados e ajudados a reflectir criticamente sobre as estratégias que desenvolveram. Tal reflexão não deverá limitar-se à análise de comportamentos manifestados mas também incidir nos fundamentos que os justificam, p. ex., perspectiva epistemológica subjacente. Finalmente, e em termos de gestão do modelo de formação, é desejável assegurar a coerência na formação dos AFP, pelo que a mesma equipa de docentes (ou docentes com a mesma filosofia de trabalho) devem poder estabelecer a adequada articulação entre as fases B e C.

No caso da fase DIAGNÓSTICO (ver A, Diagrama 1) permitir trazer à luz do dia CA's dos AFP a estratégia de formação deve seguir um percurso consideravelmente diferente do referido.

O diagnóstico de CA's através de simples questões escritas/orais (ver sugestões na literatura especializada), pode tornar o processo mais flexível do que com a administração de testes. As questões a colocar aos AFP devem ser construídas tendo em conta a lógica interna da presumível CA. Tal significa que questões vulgarmente usadas para fins sumativos não adquirem necessariamente o estatuto pretendido só pelo facto de passarem a ser administradas antes do início do ensino de um dado tema. São de preferir questões de resposta estruturada sempre que o número de AFP não seja excessivo. Caso o seja, a opção por questões de resposta de múltipla escolha, embora mais redutoras e difíceis de construir, poderão ser a alternativa possível.

As duas fases seguintes, REFUTAÇÃO e FORMALIZAÇÃO (ver Diagrama 1) estão estreitamente articuladas no espaço e no tempo e são por certo as mais problemáticas da estratégia proposta. A fase de REFUTAÇÃO tem como objectivo a desestruturação das CA's do AFP, como primeiro passo para a preparação racional à mudança. A fase de FORMALIZAÇÃO visa a reestruturação do conhecimento do AFP por forma à apreensão por este da versão cientificamente aceite do conceito em estudo. A reestruturação é formalmente equivalente à fase maéutica do método socrático. O processo global não é certamente linear sendo pois de prever ciclos de desestruturação/reestruturação sucessivos. Na fase de REFUTAÇÃO, as actividades facilitadoras do processo de desestruturação referido devem ser concebidas e organizadas de modo que os AFP possam tomar consciência das suas CA's e tenham oportunidade de as pôr em causa, como p. ex.:

- Encorajar a reflexão individual do AFP sobre as suas concepções previamente diagnosticadas como CA's (sem que no entanto seja explícita a natureza do erro) como o intuito de se (nos) esclarecer os pressupostos subjacentes à mobilização que delas fez.
- Promover a discussão em grupo (3 a 4 AFP) de modo a confrontar diferentes concepções usadas (suas semelhanças e diferenças), esclarecer o porquê e sob que condições fórmulas e algoritmos foram empregues, de modo a facilitar ao formador a compreensão da lógica interna da CA. A constituição dos grupos deverá pois ser heterogénea, incluindo também aqueles que evidenciaram explicações adequa-

das (estes, em particular, não deverão manipular a discussão o que exige uma certa disciplina).

Apresentar exemplos de CA's identificadas em alunos dos EB e ES, e promover o confronto entre as concepções dos AFP e essas CA's, tal como sugerem alguns autores [13].

- Explorar implicações das CA's identificadas noutros contextos químicos de modo a fazer ressaltar limitações e contradições nos argumentos apresentados pelos AFP.

- Realizar, quando possível, experiências simples de modo a explorar conflitos cognitivos nos AFP, contrapondo as suas perspectivas teóricas inadequadas com dados da observação (ver p. ex., [14]).

É previsível que tais actividades ajudem os AFP a tomar consciência do erro e a assumi-lo. Eventualmente, o conflito inter-pares gerado a nível do trabalho de grupo pode mesmo fazer surgir a versão científica correcta, ou próxima da que se pretende introduzir. Se tal acontecer, e a não ser que aquela seja consensualmente aceite, tal versão não deverá ser senão uma alternativa a «testar» na fase seguinte.

Na fase de FORMALIZAÇÃO, os AFP devem ser envolvidos em actividades que lhes permitam apreciar a vantagem das versões científicas do conceito em estudo em relação às CA's anteriormente caracterizadas, em particular no que respeita a novos contextos químicos. É na dialéctica entre «velhas» e «novas» ideias e na compreensão do seu diferente potencial explicativo que assenta um dos critérios de aceitabilidade das versões científicas. Quer o ensino assistido por computador quer o uso de analogias podem ser meios com grande impacto (quer motivacional quer cognitivo) que ajudem à reestruturação e desenvolvimento do conhecimento dos AFP. Nem por isso a apreensão das versões cientificamente correctas é necessariamente garantida.

### Um exemplo de aplicação

O exemplo que se apresenta envolveu 29 professores estagiários (Licenciaturas em Ensino das Universidades de Aveiro e Coimbra e seleccionados na base de voluntariado); o tema era energia das reacções químicas\*. A concepção alternativa cuja existência se pretendia diagnosticar (hipótese de trabalho) era, em que medida numa reacção de combustão a evolução da reacção é feita à custa de sucessivas quantidades de uma componente energética fornecida inicialmente ao sistema.

A lógica interna desta CA envolve, nomeadamente, a noção de energia como substância material (que passaria para dentro do sistema) e uma falta de compreensão do papel de  $\Delta H$  (reacção) em manter o sistema reaccional à temperatura que permite a sua evolução.

A tarefa utilizada consistiu em perguntar (resposta estruturada) aos professores estagiários (fase DIAGNÓTICO) para explicarem (por escrito), como é que tem lugar a combustão de uma fita de magnésio quando se chega a chama de um fósforo a uma das suas extremidades (recorde-se que um tal

\* Os resultados que se apresentam são parte de um trabalho de investigação, «Activation energy and Chemistry learning: Alternative conceptions of student teachers - Implications for science instruction» apretnado pelos autores na 11th Biennial Conference on Chemical Education, Atlanta, USA, 1990.

exemplo de combustão é abordado no 8.º ano de escolaridade). Os AFP foram instruídos no sentido de escreverem tanto quanto considerassem necessário para explicar as suas ideias acerca da questão colocada e também de que os resultados não teriam qualquer efeito na sua avaliação final (é fundamental assegurar um clima de mútua confiança).

A análise dos resultados revelou que, de um modo geral, os professores estagiários não tinham concepções adequadas sobre o modelo formal de reacção química. A distribuição das respostas revelou: 24,1% (N=7) perfilham a CA em estudo; 6,9% (N=2) respondem correctamente; 55,2% (N=16) dão outras respostas (combinações de CA's e modelos «ad-hoc» da termodinâmica de modo a gerar explicações localmente plausíveis). Alguns alunos, 13,8% (N=4), não respondem ou declaram não saber como responder. Não foi identificada nenhuma diferença particular entre os professores estagiários pertencentes às duas Universidades. Em face destes resultados, os AFP foram convidados (uma semana depois) a participarem nas fases seguintes, REFUTAÇÃO e FORMALIZAÇÃO (ver Diagrama 1), a terem lugar com o apoio dos autores. Grupos de 4/5 AFP reuniram-se (cerca de 1 h para actividades referidas nos dois primeiros pontos de REFUTAÇÃO e depois com os autores (um por grupo, durante cerca de 2.30 h, em actividades referidas no terceiro ponto de REFUTAÇÃO e em FORMALIZAÇÃO). Como resultado da reflexão e análise crítica levada a cabo, foi patente que a dificuldade maior dos AFP era a compreensão da natureza das modificações que têm lugar no sistema magnésio-oxigénio como resultado do aumento de temperatura. Frequentemente, os AFP pensavam que a energia «dada» inicialmente ao sistema era a energia de activação da reacção e que seria conservada dentro do sistema (substancialização da energia) para o fazer evoluir. (Nota: recorde-se que desde o 12.º ano os alunos são supostos dar uma explicação elementar em termos da articulação entre temperatura (T) de um sistema e energia de activação (Ea, Arrhenius), i.e., com o aumento da temperatura aumenta também a proporção de partículas com energia suficientemente alta (Ea) para que as suas colisões sejam eficazes, ou seja, Ea como valor mínimo da energia que é necessária para a formação do «complexo activado», a partir dos reagentes). As respostas dadas pelos AFP sugerem que a energia que «entrou» no sistema propagar-se-ia ao longo deste segundo um de dois mecanismos analógicos: (i) modelos mecanicistas – p. ex., «... quando o magnésio entra em ignição as colisões entre os diferentes átomos aumentam e portanto a energia é transferida para os átomos vizinhos até que toda a fita arda». Neste caso, um dos argumentos usados para promover o conflito cognitivo foi confrontar os AFP com o facto de que durante a combustão (e não só no fim) a temperatura na vizinhança dos sistema também aumenta; (ii) modelos de condução térmica – p. ex., «... o magnésio é um metal e portanto um bom condutor, então todo ele arde», ou ainda, «... o calor é transferido ao longo da estrutura metálica». Para realçar as limitações desta perspectiva, os AFP foram solicitados a explicar porque é que a combustão do etanol é (vulgarmente) uma reacção mais rápida que a do magnésio, embora este último seja um melhor condutor térmico. Para a judar os AFP a compreenderem a diferença entre energia/temperatura início da reacção) explorou-se o facto de ser indiferente a reacção ser

iniciada por um ou dois fósforos (quantidade de energia diferente mas a mesma temperatura de ignição do sistema). Para explorar a diferença entre  $\Delta H$  (reacção) e temperatura e permitir realçar a função de  $\Delta H$  em manter o sistema a uma temperatura adequada para que a reacção evolua, foi discutida em contraponto o caso de uma reacção endotérmica não-espontânea, a decomposição térmica do carbonato de cálcio. Em termos globais, a experiência realizada foi duplamente gratificante. Primeiro, pela natureza que ficou de uma melhor compreensão por parte dos professores estagiários envolvidos de importantes aspectos da Termodinâmica e Cinética química. Para alguns deles terá sido «... a primeira vez que sinto que percebi isto» ou ainda «... nunca tive uma oportunidade como esta para perceber isto» (isto, refere-se às interrelações  $\Delta H$  (reacção)/T/Ea). A maior dificuldade sentida foi criar um clima de confiança e empatia de modo a que os professores estagiários assumissem a sua inadequada formação científica com naturalidade. Segundo, foi possível aos autores construir uma melhor ideia de necessários enquadramentos institucionais na formação Inicial dos Professores de Química para que a proposta de estratégia apresentada possa ser enriquecida. Deles se falará brevemente no que se segue.

### Conclusões

Duas importantes conclusões são de destacar:

- É preocupante a permeabilidade de actuais modelos de formação de professores no que respeita à persistência de concepções alternativas, já que a formação científica em Química não sendo condição suficiente para se ser um bom professor de Química é certamente uma condição necessária.
- A proposta de estratégia de formação que se apresentou, não obstante as suas limitações, demonstrou já ter alguns méritos, o que a qualifica como possível ponto de partida para estratégias mais elaboradas.

Não tomar em devida conta as implicações destas conclusões tornará por certo mais problemático qualquer esforço de inovação a nível do ensino da Química nos EB/ES. Seria ingénuo pensar que o problema se circunscreve aos AFP das duas Universidade envolvidas neste estudo. Bem pelo contrário, o problema é da Universidade (estudo em curso envolvendo todas as Universidades Portuguesas do Continente aponta aliás para o mesmo tipo de resultados). Por certo algo de positivo poderá ser feito a nível da Formação Contínua dos professores, mas seria uma medida de bom senso começar por otimizar todo o potencial da Formação Inicial.

Embora a proposta de estratégia apresentada seja particularmente adaptada às disciplinas de Didáctica/Metodologia de Ensino da Química bem como ao estágio pedagógico, é relativamente fácil explorar aspectos desenvolvidos no segundo ponto de «Uma estratégia alternativa de formação» («ramo» ADE, Diagrama 1) a nível de disciplinas de Química dos dois primeiros anos das Licenciaturas em Ensino. Sem progressos a este nível, a tarefa dos docentes de Didáctica/Metodologia (no fim da formação) não parece fácil. O nó do problema não passa por aumentar o número de horas curriculares atribuídas às disciplinas propedêuticas de Química (os alunos já pouco tempo têm para estudar), mas sim em melhorar qualitativamente o tempo de ensino. Por exemplo,

bem mais se ganharia a nível das aulas teóricas-práticas, se em vez de (como frequentemente sucede) os alunos copiassem os exercícios que vão sendo resolvidos pelo professor no quadro (ou até ditados), se centrasse a atenção na análise crítica dos algoritmos usados pelos alunos, pressupostos e condições em que assentou a sua resolução, se confrontassem diferentes métodos de realização (quando tal é possível, ou seja, dar ênfase aos processos e não só aos produtos da aprendizagem, desvendar a natureza do erro e não só a sua medida. Outro estimulante exercício seria aproveitar para os fins acima referidos o tempo gasto com temas repetidamente tratados, em diferentes disciplinas de um mesmo curso, o que naturalmente implica um esforço de coordenação. Esta última deveria aliás também estender-se a professores de várias áreas de formação (Química/Didáctica) de modo a se construir uma estratégia de intervenção conjunta e devidamente planeada. Um passo fundamental nesta direcção será dado quando os docentes universitários transferirem para o seu ensino atitudes que normalmente têm para com a sua aprendizagem (investigação). Como se referiu no início deste estudo, o que está em jogo é uma outra maneira de estar no ensino da Química. Em nosso entender é um esforço que vale a pena fazer.

#### Referências

- [1] Actas do 1.º Encontro «Educação em Ciência», Universidade do Minho, 1987.
- [2] Actas do 1.º Encontro Nacional de Didácticas e Metodologias de Ensino, Universidade de Aveiro, 1988.
- [3] Actas do Simpósio «Formação de Professores em Química/Ciências - Desafios para um Mundo em Mudança», Pereira, M. (Ed.), Lisboa, 1988.
- [4] Tobin, K., e Garnett, P., 1988. «Exemplary Practice in Science Classrooms». *Science Education*, **72**(2), pp. 197-208.
- [5] Santos, E., 1991. «Mudança Conceptual na Sala de Aula - Um Desafio Pedagógico», Livros Horizonte, Lisboa.
- [6] Wheatley, G., 1991. «Constructivist Perspectives on Science and Mathematics Learning». *Science Education*, **75**(1), pp. 9-21.
- [7] Garnett, P. e Tobin, K., 1988. «Teaching for understanding: exemplary practice in high school chemistry». *J. Res. Sci. Teaching*, **26**(1), pp. 1-14.
- [8] Cachapuz, A., 1989. «De como a aprendizagem da Química na formação Inicial de Professores pode ser uma barreira à inovação»: Actas do Simpósio Ensino Superior de Química em Línguas Internacionais de origem Latina, Lisboa (em preparação).
- [9] Pereira, D., e Ribeiro, G., 1989. «Concepções erradas sobre energia, entropia e conceitos afins em alunos do ensino terciário». *Revista Portuguesa de Educação*, **2**(3), pp. 7-12.
- [10] Cachapuz, A., Malaquias, I., Martins, I.P., Pedrosa, M.A., Loureiro, M.J., Thomaz, Marília F., Costa, N., 1991. «Pre-service teacher training and alternative conceptions in chemistry»: Paper presented at the 11th ICCE, U.K.
- [11] Betkousky, M., McDonald, S., e Eggen, P., 1989. «Teacher misconceptions - implications for science instruction». Paper presented at the 14th Annual Conference of ATEE, Kristianstad, Sweden.
- [12] Cachapuz, A., Malaquias, I., Martins, I.P., Pedrosa, M.A., Loureiro, M.J., Thomaz, Marília F., Costa, N., 1991. «Problemática das Concepções Alternativas na Formação Inicial de Professores de Física e Química». Actas do 2.º Encontro Nacional de Didácticas e Metodologias de Ensino, Universidade de Aveiro, pp. 173-183.
- [13] Vasconcelos, N. e Loureiro, M.J., 1988. «Conceitos Alternativos em Física: sua importância na formação de Professores». Actas do 1.º Encontro Nacional de Didácticas e Metodologias de Ensino, Universidade de Aveiro, pp. 104-123.
- [14] Martins, I., e Cachapuz, A., 1990. «How do pupils perceive the concept of energy in chemical situations?». *School Science Review*, **71** (257), pp. 83-85.

65

Tb

158,93

TÉRBIO, de **Ytterby**, cidade da Suécia que também originou o nome de outros três elementos: as «terras-raras» itérbio e érbio e o metal de transição ítrio; descoberto em 1843. No estado impuro é piróforo, isto é, explode em chamas quando aquecido.

66

Dy

162,50

DISPRÓSIO, de **dysprositos** ou difícil de obter; descoberto em 1886. A principal aplicação do disprósio é em reactores nucleares, onde tem o papel de «veneno» nuclear, isto é, é usado como material absorvente de neutrões, de modo a controlar as cadeias reaccionais atómicas produtoras de neutrões.

67

Ho

164,93

HÓLMIO, de **Holmia**, nome latino de Estocolmo; descoberto em 1879. Tal como o disprósio, o hólmio é um metal que pode absorver neutrões obtidos por cisão nuclear. É por isso usado em reactores nucleares como «veneno» consumível enquanto conserva uma reacção em cadeia sob controlo.

68

Er

167,26

ÉRBIO, de **Ytterby**, Suécia; descoberto em 1843. É usado em cerâmica, na forma de óxido, para produzir um vidro róseo. O érbio, o hólmio e o disprósio têm propriedades químicas e físicas idênticas; apenas se distinguem, de um para outro, por mais um electrão na sua terceira camada interna.

## Convite à Relexão ...

### **Todos Professores de Todos**

A primeira tarefa essencial que existe para todos os portugueses não é a da política; ela seguirá, pelo menos nos próximos tempos, rumos em que pouco poderemos influir, tanto da parte de quem governa ou de algum modo detém poder como do lado de quem dele está excluído; ou se exclui; o grande trabalho, o tal imenso desafio que se nos apresenta é o de educar o povo, insistindo em que educar não é levar ninguém a ser isto ou aquilo, não é tentar influir de qualquer modo em sua orientação futura, mas dar meios de expressão à sua capacidade criadora e de comunicação, quer ela se exerça lendo e escrevendo quer manualmente num ofício, e sem que se separe uma actividade da outra; antes veria o ler e o escrever como resultante da necessidade de participar mais amplamente na vida; ensinar ou aprender a ler e a escrever por si próprios nada significam, a não ser que o caminho seja o de calígrafo, à maneira japonesa ou árabe; trata-se de um meio, como o fogo ou a alavanca ou a roda; não de um fim.

Todos vamos ter que ser professores de todos e cada um dos que sabe um pouco mais ensinará os que sabem um pouco menos, quer na alfabetização, quer no entendimento do mundo em que se vive e em que nenhum aspecto deve ficar ignorado, com insistência especial nas ciências, já que é inteiramente

obsoleto o conceito, herdado de uma falsa educação dos séculos XVII e XVIII, de que ser culto é saber pintura, história ou música, e não geologia, astronomia ou física, e de que a filosofia é matéria que se tem de dar nas Faculdades de Letras e não nas Ciências, com a basilar tentativa de entender o que significam os conceitos fundamentais da matemática.

Ninguém sabe tão pouco que não possa igualmente ser professor; os que forem das cidades a ensinar o povo, cujas aldeias também estão nos bairros de lata, deverão ir com a apetência e a humildade necessárias para entender que o povo lhes pode ensinar a eles muito mais; inclusive a mais animadora das lições: a de que são melhores do que pensavam. Como igualmente não devem esquecer que a suprema lição que podem dar a quem ensinam é a de que neles, apesar de todas as misérias, a humanidade não morreu e, por se ter conservado oculta por mais tempo, pode agora socorrer os que comprometeram a sua em tarefas de técnica; gente de língua portuguesa, e quanto mais carregada a cor maior a possibilidade, é a que, por conduzir pacificamente à vida plena povos dela destituídos, mais pode ser vista como a guia de todos os que procuram construir um mundo novo; urge despertá-la e prepará-la.



# Interpretações do Princípio de Le Chatelier e a Compartimentação do Saber

– concepções alternativas relativas à evolução dos sistemas químicos para situações de equilíbrio

M. Arminda Pedrosa <sup>a</sup>

M. Carmen Alpoim <sup>a</sup>



Arminda Pedrosa



Carmen Alpoim

Nasceu a 25 de Março de 1950 em Vilar de Figos, Barcelos. Completou na Universidade de Coimbra a licenciatura em Química, ramo científico (Química-Física) em 1974 e o Mestrado em Química-Física em 1985. Obteve o PhD na Universidade de East Anglia (Reino Unido) em Julho, de 1988, com a tese «The Use of Oral Assessment in Chemistry»; foi-lhe concedida a equivalência ao grau de Doutor em Química, especialidade de Educação em Química em Março de 1989. Exerce funções docentes na área de Química desde 1974, fundamentalmente na Universidade de Coimbra, tendo de 1979 a 1981 desenvolvido essa actividade na mesma área na Escola de Formação de Professores para o Ensino Secundário, na República de Cabo Verde. É presentemente Professora Auxiliar no Departamento de Química da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra. Tem orientado acções de formação de professores dos Ensinos Básico e Secundário, apresentado comunicações em conferências nacionais e internacionais e é autora/co-autora de artigos em publicações nacionais e estrangeiras.

Nasceu a 19 de Março de 1951 em Coimbra. Completou na Universidade de Coimbra a licenciatura em Química, ramo científico (Química Orgânica) em 1973. Obteve o PhD na Universidade de Londres – Imperial College of Science and Technology, em Julho de 1980, com a tese «The Di-equatorial – Diaxial Rearrangements of Steroidal Dibromides», tendo-lhe sido concedida a equivalência ao grau de Doutor em Química em Março de 1981. Exerce funções docentes na área de Química desde 1973 na Universidade de Coimbra sendo desde 1981 Professora Auxiliar no Departamento de Química da Faculdade de Ciências e Tecnologia desta Universidade. Tem orientado monografias, apresentado comunicações em conferências nacionais e internacionais e é autora/co-autora de artigos em publicações nacionais e estrangeiras.

## Introdução

Estudantes de diferentes níveis etários [6, 7] e de diferentes sistemas de ensino [3] têm revelado dificuldades de aprendizagem nos tópicos de equilíbrio químico, em particular dos aspectos relativos à compreensão da sua dinâmica. Tem-se verificado que os estudantes constroem representações de conhecimento diferentes daquelas que autores de livros de química e professores tiveram intenção de veicular.

A compreensão da dinâmica do equilíbrio químico, no que respeita aos mecanismos interpretativos, particularmente das consequências, das perturbações exteriormente impostas a um sistema fechado em situação de equilíbrio químico, é algo complexo cuja explicação cabal requer conhecimentos seguros de alguns aspectos de termodinâmica e de cinética e, sobretudo, a capacidade de interrelacionar as implicações que as variações de um parâmetro particular têm nos restantes parâmetros, porventura variáveis, em caso de *perturbação efectiva* do equilíbrio.

Este tópico com ênfase nos seus aspectos de equilíbrio dinâmico é tratado a nível dos 11.º e 12.º anos do Ensino Secundário (ES), de disciplinas de alguns cursos dos Institutos Superiores Politécnicos, de algumas disciplinas dos cursos de Engenharia e em várias disciplinas das licenciaturas de Física e de Química na Universidades. Poderia então pensar-se que as eventuais dificuldades de compreensão deste assunto fossem ultrapassadas à medida que os estudantes progredem nos níveis de ensino formal, ES e Universidade. Contudo, tendo em conta que a aquisição de novos conhecimentos, produto do processo de aprendizagem de cada estudante, se desenvolve no contexto dos conhecimentos previamente adquiridos e resultantes da experiência de cada indivíduo, sendo por estes influenciada [5], compreende-se que os pontos de vista dos estudantes sejam por vezes divergentes dos considerados correctos pela comunidade científica, mesmo quando em vias de terminar os seus planos de estudo universitários.

Na verdade, é sabido que a percepção e o significado atribuído a estímulos, sejam eles palavras, frases ou observações de acontecimentos, no laboratório ou fora dele, têm que ser

<sup>a</sup> Departamento de Química, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade de Coimbra

consistentes com as ideias já existentes, as quais influenciam a informação seleccionada e reciclada, as ligações estabelecidas entre os estímulos, a avaliação e a adição de novos significados assim gerados [8]. A necessidade de estabelecer ligações, construir, testar e adicionar significados exige que os estudantes assumam a responsabilidade da sua própria aprendizagem, isto é, aprender não significa absorver passivamente mas sim construir activamente e atribuir significados. A aprendizagem é um processo extremamente complexo e único para cada estudante, a qual presume compreensão por parte do aprendiz que verá, a partir de estímulos, o seu conhecimento modificado e reorganizado à medida que é utilizado na construção do significado. Consequentemente, surgirão concepções diferenciadas correspondentes a pontos de vista diferentes e relativos a um mesmo conceito, princípio ou interpretação de fenómenos [2]. Considerando como referencial o ponto de vista do especialista, as concepções diferentes das deste, em maior ou menor extensão, constituirão aquilo que se designa por concepções alternativas (CA). A partir da resposta individual, linguística e/ou não linguística e verbal e/ou não verbal, a questões ou situações particulares e por aplicação de métodos de análise de conteúdo adequados, é possível identificar essas concepções. A percepção de diferenças entre os novos significados e os previamente existentes requer o reconhecimento de incompatibilidade e de conflito entre os pontos de vista em discussão. Nesta perspectiva, conhecimento e competência são produtos da contínua organização/reorganização conceptual da experiência de cada indivíduo. Neste trabalho apresentam-se e discutem-se os resultados da aplicação de um teste de diagnóstico de CA relativas a sistemas gasosos em equilíbrio químico e à evolução temporal dos parâmetros dos sistemas após perturbações externamente impostas. Trata-se afinal de tentar identificar barreiras à aprendizagem da dinâmica de reacções químicas reversíveis em recipiente fechado e propor abordagens passíveis de as ultrapassar por recurso a estratégias de ensino destinadas a provocar o conflito e a consequente mudança conceptual desejada.

### Método

Administrou-se aos estudantes um questionário escrito, o qual constava de uma asserção, seguida de quatro perguntas, em que se definia o sistema químico apresentados na Tabela 1, em anexo. Considera-se em cada pergunta a variação de um dos parâmetros usualmente considerados na discussão da dinâmica do equilíbrio químico (volume, pressão parcial de um dos componentes, temperatura e adição de um gás inerte) e solicitava-se ao estudante que seleccionasse de um conjunto de respostas, de dimensão variável, aquela ou aquelas que considerava explicações correctas. No caso de nenhuma ser considerada correcta o estudante deveria explicar o seu ponto de vista no espaço reservado em *Outra*.

O teste foi administrado, numa aula sem limite de tempo, a 31 estudantes que constituíam toda a população que frequentava as aulas de Metodologia da Química no 2.º semestre do 4.º ano da licenciatura em Química (ramo educacional) na Universidade de Coimbra em 1990/91.

### Resultados

Na análise dos resultados que se apresenta a seguir consideraram-se as respostas divididas em dois grupos, A e B. O grupo A engloba aquelas respostas que referem explicitamente «deslocamento do equilíbrio» e no grupo B as restantes respostas contendo CA.

#### *Efeito da redução do volume para metade*

Tendo em conta as escolhas feitas pelos estudantes de entre as várias respostas alternativas propostas e constantes da Tabela 1 em anexo, é possível sistematizar os resultados obtidos no Quadro 1 a seguir.

QUADRO 1

Alternativa (s) escolhida(s)	a1	a1+a3	a2	a5	a5+a6	a5+a7	a6	a6+a7	a7	a8
Número de estudantes	1	1	1	4	1	2	2	1	5	3

Dos 31 estudantes testados, apenas 21 escolheram as alternativas propostas tendo os restantes formulado outras respostas contendo também concepções alternativas. É de salientar que nenhum dos 31 estudantes deu uma resposta totalmente correcta.

O grupo A engloba 19 estudantes que consideraram sob argumentações variáveis que «o equilíbrio se desloca» como consequência das alterações impostas ao sistema. Os 12 estudantes do grupo B, muito embora não explicitassem que o equilíbrio se deslocava, usaram outra fraseologia que implicitamente continha a mesma mensagem. A análise pormenorizada das respostas do grupo A permite dividi-las em 3 sub-grupos, constituindo a alternativa a5 o subgrupo mais numeroso - 7 estudantes - (ver Quadro 1 e Tabela 1). Esta alternativa evidencia uma visão compartimentada de equilíbrio bem como a CA a da existência de uma relação directa e biunívoca entre velocidade e extensão da reacção, de tal modo que o aumento da velocidade da reacção conduz a um aumento da extensão da mesma reacção e vice-versa. O subgrupo 2 engloba as respostas de 4 estudantes que consideram que a redução de volume implica um aumento de pressão «deslocando o equilíbrio» no sentido do menor número de moles. No terceiro subgrupo de respostas (6 estudantes) evoca-se explicitamente o Princípio de Le Chatelier (PLC) como argumento justificativo do «deslocamento do equilíbrio»; no entanto, as conclusões relativas à variação da  $[H_2]$  são contraditórias. Enquanto que 50% destes estudantes escolheram a alternativa a8 (ver Quadro 1 e Tabela 1), em que se considera que, a  $[H_2]$  aumenta em consequência da aplicação directa da equação dos gases perfeitos ao sistema - o aspecto dinâmico característico das reacções reversíveis é aqui ignorado; os restantes 50%, usando argumentações diversas, chegaram à conclusão oposta: a  $[H_2]$  diminui. Finalmente, 2 estudantes escolheram a alternativa a1, um dos quais associando-a à alternativa a3 (ver Quadro 1 e Tabela 1). Da análise de conteúdo do conjunto destas duas alternativas resulta clara a CA de que para uma dada extensão de reacção há uma e só uma composição de equilíbrio.

TABELA 1

Considere um recipiente fechado, como por exemplo uma seringa fechada, que contém a mistura de hidrogénio, monóxido de carbono e metanol em equilíbrio:



**a) Reduzindo o volume do recipiente para metade**, explique como varia a concentração de equilíbrio do hidrogénio relativamente à concentração deste mesmo componente na situação de equilíbrio inicial.

**Assinale** de entre as respostas apresentadas **a(s) que considera correcta(s)**. Caso nenhuma seja adequada presente em *Outra* uma explicação que considere correcta.

**a1[ ]** Como consequência da redução do volume do recipiente a reacção desloca-se no sentido da formação de  $\text{CH}_3\text{OH}$  e, por isso, o número de moles de hidrogénio da mistura diminui. Mas, considerando que o volume também diminuiu, a  $[\text{H}_2]$  na nova situação de equilíbrio não se altera relativamente à situação de equilíbrio inicial.

**a2[ ]** A variação do volume do recipiente apenas provoca a variação da pressão ou da temperatura, logo neste caso a  $[\text{H}_2]$  mantém-se constante.

**a3[ ]** A redução do volume do recipiente não tem qualquer efeito porque a  $K_{\text{eq}}$  depende somente da temperatura, e esta não variou, consequentemente a  $[\text{H}_2]$  mantém-se constante.

**a4[ ]** Em consequência da redução do volume do recipiente para metade a pressão duplica, e, as concentrações de todos os componentes da mistura também duplicam. De acordo com o Princípio de Le Chatelier, o sistema tende a reagir reduzindo a pressão, a reacção prossegue portanto no sentido da formação de  $\text{CH}_3\text{OH}$ , logo a  $[\text{H}_2]$  mantém-se constante.

**a5[ ]** Se o volume diminui a  $[\text{H}_2]$  aumenta e então as colisões entre  $\text{CO}$  e  $\text{H}_2$  também aumentam, consequentemente o equilíbrio desloca-se no sentido da formação de produtos e por isso a  $[\text{H}_2]$  diminui.

**a6[ ]** Tendo em conta que diminuir o volume equivale a reduzir o número de moles presente, como consequência da redução do volume a reacção prossegue contrariando aquele efeito (Princípio de Le Chatelier). Como as moléculas dos reagentes são mais que as dos produtos a reacção prossegue formando  $\text{CH}_3\text{OH}$  e consequentemente a  $[\text{H}_2]$  diminui.

**a7[ ]** Em consequência da redução do volume para metade todas as concentrações duplicam, e, por isso, o quociente da reacção,

$[\text{CH}_3\text{OH}] / [\text{CO}] [\text{H}_2]^2$  tem o valor  $1/4 K_{\text{eq}}$ . Como se forma uma molécula  $\text{CH}_3\text{OH}$  por reacção de três moléculas ( $\text{CO} + 2\text{H}_2$ ) o sistema contraria as modificações que lhe foram impostas e a reacção prossegue com maior extensão da esquerda para a direita, favorecendo deste modo a formação de  $\text{CH}_3\text{OH}$  e, por isso, a  $[\text{H}_2]$  diminui.

**a8[ ]** De acordo com o Princípio de Le Chatelier o equilíbrio desloca-se para a esquerda, no sentido do aumento do volume formando-se  $\text{CO}$  e  $\text{H}_2$ , e por consequência a  $[\text{H}_2]$  aumenta.

[ ] Outra:

**b) Adicionando um gás inerte**, explique como varia a concentração de equilíbrio do hidrogénio relativamente à concentração deste mesmo componente na situação de equilíbrio inicial.

**Assinale** de entre as respostas apresentadas **a(s) que considera correcta(s)**. Caso nenhuma seja adequada presente em *Outra* uma explicação que considere correcta.

**b1[ ]** Uma vez que a pressão total aumentou,  $P_{\text{final}} = P_{\text{inicial}} + p_{\text{g.inerte}}$ , o sistema reage de modo a contrariar a alteração imposta; a velocidade da reacção directa aumenta e por isso a  $[\text{H}_2]$  diminui.

**b2[ ]** Uma vez que a pressão total aumentou,  $P_{\text{final}} = P_{\text{inicial}} + p_{\text{g.inerte}}$ , o sistema reage de modo a contrariar a alteração imposta; a extensão da reacção aumenta consequentemente a  $[\text{H}_2]$  diminui.

**b3[ ]** Uma vez que a pressão total aumentou,  $P_{\text{final}} = P_{\text{inicial}} + p_{\text{g.inerte}}$ , o sistema reage de modo a contrariar a alteração imposta deslocando o equilíbrio no sentido dos produtos, logo a  $[\text{H}_2]$  diminui.

**b4[ ]** A adição do gás inerte provoca um aumento do volume do sistema, que reage contrariando a alteração imposta; a reacção directa é favorecida - a velocidade da reacção directa aumenta, consequentemente a  $[\text{H}_2]$  diminui.

**b5[ ]** A adição do gás inerte provoca um aumento do volume do sistema, que reage contrariando a alteração imposta; a reacção directa é favorecida - a extensão da reacção aumenta, consequentemente a  $[\text{H}_2]$  diminui.

**b6[ ]** A adição do gás inerte provoca um aumento do volume do sistema, que reage contrariando a alteração imposta favorecendo a reacção directa e consequentemente a  $[\text{H}_2]$  diminui.

[ ] Outra.

**c) Aumentando a pressão parcial de  $\text{H}_2$** , explique como varia a concentração de equilíbrio do hidrogénio relativamente à concentração deste mesmo componente na situação de equilíbrio inicial.

**Assinale** de entre as respostas apresentadas **a(s) que considera correcta(s)**. Caso nenhuma seja adequada presente em *Outra* uma explicação que considere correcta.

**c1[ ]** Se a pressão parcial de  $\text{H}_2$  aumenta então a  $[\text{H}_2]$  também aumenta; o sistema reage de modo a diminuir a  $[\text{H}_2]$ , logo a velocidade da reacção aumenta, a reacção é agora mais extensa, e por isso a  $[\text{H}_2]$  diminui.

**c2[ ]** Como a extensão da reacção só depende da temperatura e esta não variou, a constante de equilíbrio tem o mesmo valor, a extensão da reacção é a mesma, e, por consequência, a  $[\text{H}_2]$  mantém-se constante.

**c3[ ]** O sistema reage contrariando aquele aumento, logo a velocidade da reacção aumenta, a reacção é pois agora mais extensa e a  $[\text{H}_2]$  diminui.

[ ] Outra.

**d) Aumentando a temperatura**, explique como varia a concentração de equilíbrio do hidrogénio relativamente à concentração deste mesmo componente na situação de equilíbrio inicial.

**Assinale** de entre as respostas apresentadas **a(s) que considera correcta(s)**. Caso nenhuma seja adequada presente em *Outra* uma explicação que considere correcta.

**d1[ ]** Como o aumento de temperatura favorece a reacção por aumentar a sua velocidade, logo a constante de equilíbrio também aumenta, a reacção é mais extensa a temperaturas mais elevadas, por consequência a  $[\text{H}_2]$  diminui.

**d2[ ]** Como a reacção é espontânea, o aumento de temperatura favorece-a por aumentar a sua velocidade, logo a constante de equilíbrio também aumenta e a  $[\text{H}_2]$  diminui.

**d3[ ]** Como a temperatura foi aumentada o sistema reage contrariando esse efeito, consequentemente aumenta a velocidade da reacção inversa, que é uma reacção endotérmica, e a  $[\text{H}_2]$  aumenta.

**d4[ ]** O valor da constante de equilíbrio depende da temperatura, mais precisamente aumenta com o aumento da temperatura, a reacção é mais extensa e por consequência a  $[\text{H}_2]$  diminui.

[ ] Outra.

No grupo B a resposta mais comum, 6 estudantes, foi a alternativa a7, que evidencia a não compreensão da evolução do sistema após a alteração nele provocada pela redução do volume por não se considerar a variação relativa das velocidades da reacção directa e inversa; este raciocínio conduziu à confusão entre velocidade e extensão e à conclusão de que a extensão da reacção aumenta. A alternativa a6 (ver Quadro 1 e Tabela 1) escolhida por 3 estudantes revela fundamentalmente que a representação da solução gasosa é idêntica à de uma solução homogénea líquida de tal modo a redução de volume corresponde a uma redução do número de moles. No último grupo de 4 estudantes, enquanto um deles se limitou a afirmar que «o sistema contraria a perturbação imposta diminuindo a  $[H_2]$ » e o outro considerou como explicação a alternativa a2 (ver Quadro 1 e Tabela 1) os dois restantes argumentaram que, tendo a pressão e as concentrações de todos os componentes duplicado, o sistema de acordo com o PLC reagia reduzindo a pressão e a  $[H_2]$ .

#### *Efeito da adição de um gás inerte*

Da análise das alternativas escolhidas, verifica-se que, dos 31 estudantes, 29 escolheram respostas alternativas apresentadas na Tabela 1. A maioria, 25 estudantes - grupo A, escolheram a alternativa 3, mencionando explicitamente que «o equilíbrio se desloca no sentido dos produtos»; as restantes quatro respostas constituem o grupo B.

Como se verifica do Quadro 2 e da Tabela 1, 50% dos estudantes do grupo A reforçaram a ideia de «deslocamento de equilíbrio» constante da alternativa b3 com outras alternativas, nomeadamente a b1, b2, b6 e b'1, esta última constante do Quadro 2. Importa observar que 5 estudantes consideraram que a variação de pressão provoca uma variação de volume tendo como consequência uma diminuição da  $[H_2]$  na nova situação de equilíbrio. Deste conjunto de 5 estudantes, 4 explicitaram a ideia de que o volume do sistema aumentou, enquanto o outro estudante expressou a ideia inversa, i. e., que o volume do sistema diminuiu. Aparentemente, os 4 estudantes entendem que a adição de um gás inerte provoca o aparecimento de uma espécie nova ( $H_2$ +gás inerte) que é reagente, activa na reacção e, o aumento do seu número de moles favorece a reacção directa. Por seu turno, a outra resposta considera que o volume diminui por aplicação directa e parcelar da lei dos gases perfeitos a um sistema fechado, i. e., como o número de moles aumenta, a pressão aumenta; como a pressão aumenta, o volume diminui; consequentemente a  $[H_2]$  aumenta e a reacção directa é a favorecida.

QUADRO 2

Alternativa(s) escolhida(s)	b3	b3+b1	b3+b2	b3+b6	b3+b2+b5+b6	b3+b2+b6	b3+b'1	b6	b'2
Número de estudantes	13	3	4	2	1	1	1	3	1

b'1: A adição de um gás inerte provoca um aumento de pressão conduzindo a uma diminuição de volume. Deste modo o sistema reage contrariando a alteração imposta favorecendo a reacção directa e tendo por consequência uma diminuição da  $[H_2]$ .

b'2: A adição de um gás inerte provoca um aumento de volume do sistema que reage favorecendo a reacção inversa, aumentando, assim, a  $[H_2]$ .

A alternativa b6, constante na Tabela 1, foi a escolhida por 3 dos estudantes do grupo B para justificar a evolução do sistema. O outro estudante, embora partisse da mesma permissão - o aumento de volume - concluiu, ao contrário, que a  $[H_2]$  em situação de equilíbrio aumentava. À semelhança do estudante do grupo A mencionado, aparentemente este estudante terá raciocinado com base na lei dos gases perfeitos, aplicada directa e parcelarmente e na equação de definição da molaridade de um componente de uma mistura, para concluir que a  $[H_2]$  diminui por efeito do aumento do volume do sistema e, consequentemente, a reacção inversa seria a favorecida.

#### *Efeito do aumento de pressão parcial de $H_2$*

O grupo A é neste caso constituído por 10 respostas e o grupo B contém 18 respostas.

Como se pode deduzir da distribuição das respostas do Quadro 3 e da Tabela 1, verifica-se que dois estudantes do grupo A, embora afirmando que a  $K_{eq}$  permanece constante, consideram que o equilíbrio se desloca chegando, no entanto, a conclusões opostas; enquanto um afirma que a  $[H_2]$  diminui o outro afirma que a pressão parcial final do  $H_2$  é superior à pressão parcial inicial do mesmo componente. Note-se que a explicação dos processos que ocorrem nestes sistemas com base na ideia de que o equilíbrio se desloca conduz a múltiplas representações do conhecimento algumas das quais incorrectas. Ainda no mesmo grupo A, 7 estudantes concluem, com base em argumentos diversos, que a  $[H_2]$  diminui. Três consideram que o equilíbrio se desloca no sentido da formação do menor número de moles, três outros que o equilíbrio se desloca para diminuir a pressão e/ou o número de moles, por fim, um outro estudante refere que o equilíbrio se desloca no sentido da diminuição de volume aparentemente raciocinando como se se tratasse de uma mistura homogénea líquida em atmosfera aberta, em que, da diminuição de volume, resulta uma diminuição do número de moles.

QUADRO 3

Alternativa(s) escolhida(s)	c1	c1+c3	c3	c3+c'1	c'1	c'2	c'3	c'4	c'5	c'6	c'7	c'8	c'9
Número de estudantes	1	5	8	1	2	1	1	1	3	2	1	1	1

c'1: Por aumento da pressão parcial do hidrogénio, o sistema reage contrariando a alteração imposta, tornando a reacção directa mais extensa, logo diminuindo a  $[H_2]$  no equilíbrio.

c'2: Por aumento da pressão parcial do hidrogénio, o sistema reage no sentido dos produtos para reagentes, ou seja, do maior número de moles para o menor número de moles.

c'3: Apesar da  $K_{eq}$  permanecer constante, atendendo à perturbação imposta, a reacção tende a deslocar-se no sentido de anular a perturbação; no entanto a  $pH_2$  final é superior a  $pH_2$  inicial.

c'4: Apesar da  $K_{eq}$  permanecer constante, atendendo à perturbação imposta, a reacção tende a deslocar-se no sentido da formação de metanol, diminuindo a  $[H_2]$ .

c'5: Por aumento da pressão parcial do hidrogénio e de acordo com o Princípio de Le Chatelier, o equilíbrio desloca-se no sentido da formação do menor número de moles, diminuindo a  $[H_2]$ .

c'6: Como a pressão total aumenta, o equilíbrio desloca-se no sentido da formação do menor número de moles diminuindo a  $[H_2]$ .

c'7: Como a pressão total aumenta, o volume também aumenta, deslocando-se o equilíbrio no sentido da diminuição deste, conduzindo a uma diminuição da  $[H_2]$ .

c'8: Por aumento da pressão parcial do  $H_2$  a extensão da reacção desloca-se para a direita até se restabelecer o equilíbrio. O volume não sofre qualquer alteração, verificando-se variação no número de moles dos vários componentes.

c'9: Por aumento da pressão parcial do  $H_2$ , o volume diminui, e o equilíbrio, de acordo com o Princípio de Le Chatelier, desloca-se aumentando a  $[H_2]$ .

Uma das duas últimas respostas (c'8) considera que «a extensão da reacção se desloca para a direita» até se restabelecer o equilíbrio, havendo variação do número de moles de  $H_2$  e dos outros componentes, mas mantendo-se o volume constante. É aqui claro que extensão é considerada com o significado de velocidade. A outra resposta considera erradamente que, aumentando a pressão, o volume diminui (lei de Boyle), de onde resulta «por aplicação do PLC que o equilíbrio tende a deslocar-se aumentando a  $[H_2]$ ».

No grupo B a alternativa mais escolhida foi a c3 que, em alguns casos (6 estudantes), foi acompanhada de outras alternativas (ver Quadro 3). A análise do conteúdo das respostas deste grupo permite concluir que, para 17 estudantes (alternativas c1, c'1 e c3), existe relação directa e biunívoca entre velocidade e extensão da reacção.

A CA mais importante detectada neste conjunto de respostas corresponde a uma visão compartimentada do sistema, de tal modo que são só os reagentes que sofrem alterações, conduzindo assim à modificação da constante de equilíbrio. É de realçar também a CA expressa em c1 - a existência de uma relação directa e biunívoca entre velocidade e extensão da reacção.

Detectou-se com estas respostas, e independentemente dos diferentes raciocínios utilizados pelos estudantes, a CA de que o aumento da concentração de um dos reagentes afecta e aumenta a extensão da reacção.

### Efeito do aumento de temperatura

QUADRO 4

Alternativa(s) escolhida(s)	d2	d3	d4	d4+d1	d'1	d'2	d'3	d'4
Número de estudantes	1	14	6	2	2	1	1	1

d'1: Em consequência do aumento de temperatura o sistema, pelo Princípio de Le Chatelier, contraria este efeito deslocando o equilíbrio, aumentando a velocidade da reacção inversa e por consequência a  $[H_2]$ .

d'2: Em consequência do aumento de temperatura, pelo Princípio de Le Chatelier, o sistema contraria este efeito deslocando o equilíbrio e aumentando a  $[H_2]$ .

d'3: Em consequência do aumento de temperatura, aumenta a velocidade da reacção espontânea e da correspondente constante de equilíbrio, deslocando-se o equilíbrio e provocando uma diminuição da  $[H_2]$ .

d'4: Como a  $K_{eq}$  depende da temperatura, aumentando esta o equilíbrio desloca-se e aumenta a constante de equilíbrio da reacção espontânea diminuindo a  $[H_2]$ .

Três dos estudantes do grupo A, concluíram que a  $[H_2]$  aumentava, baseando-se no deslocamento do equilíbrio por aplicação do PLC, enquanto os restantes dois estudantes concluem, ao invés, que a  $[H_2]$  diminui, baseando-se no pressuposto de que a constante de equilíbrio da reacção aumenta ou de que a velocidade da reacção espontânea - considerando o  $\Delta H$  como critério de espontaneidade - e a constante de equilíbrio da reacção aumentam.

As respostas dos 24 estudantes do grupo B concentram-se maioritariamente na alternativa d3, logo seguida da alternativa d4, como consta do Quadro 4. Contudo, deve notar-se que o conjunto das ideias alternativas expressas pelos estudantes do grupo B coincide com as ideias alternativas contidas no grupo A; este grupo somente acrescenta àquelas ideias a de deslocamento do equilíbrio com base na aplicação do PLC.

Uma visão compartimentada de equilíbrio é expressa por praticamente toda a população envolvida neste estudo (30 estudantes), já que o aumento de temperatura é visto como afectando somente uma das reacções envolvidas no equilíbrio (ver Quadro 4 e Tabela 1). Outras concepções alternativas foram ainda detectadas: uma reacção exotérmica é uma reacção espontânea (d2 e d'3); relação directa e biunívoca entre velocidade de reacção e extensão de reacção, de tal modo que, se a velocidade aumenta, a extensão também aumenta (d1+d4, e d'3); e a constante de equilíbrio aumenta com o aumento da temperatura (d4 e d'4).

### Discussões, conclusões e implicações educacionais

O princípio de Le Chatelier é usualmente utilizado no ensino do equilíbrio químico, a diferentes grupos de estudantes, de diferentes níveis etários dos ensinos secundário e superior, como um meio de operacionalizar previsões de evolução do sistema e de alteração da composição do mesmo, quando este atingir novamente um estado de composição invariante no tempo. Contudo, verifica-se uma tendência generalizada

para aplicar este princípio literal e acriticamente, de tal modo que não se questiona sequer se a variação do parâmetro em consideração produz ou não alteração do estado de equilíbrio, i. e., considera-se que qualquer acção exercida pelo exterior sobre o sistema em equilíbrio constitui uma perturbação efectiva. As respostas escolhidas pelos estudantes, neste estudo, no caso da adição de um gás inerte, constituem disto evidência. Na verdade ignora-se que só há alteração do estado de equilíbrio se este for efectivamente perturbado, i. e., se da variação do parâmetro em questão resultar variação da composição do sistema, no que respeita às espécies quimicamente activas no processo, por forma a produzir variação no valor do quociente de reacção,  $Q$ , ou variação da temperatura que conduzirá, por seu turno, à modificação da composição do sistema por a extensão da reacção ser então diferente. Em caso de perturbação eficaz do equilíbrio em qualquer das situações (variação de composição do sistema com consequente variação do valor do quociente da reacção, mas invariância da constante de equilíbrio ou variação desta em virtude da variação da temperatura) o equilíbrio é de facto destruído, o sistema deixa de estar em equilíbrio e verifica-se que a composição deste já não é constante, mas sim variável com o tempo até que uma nova situação de equilíbrio seja atingida. Dizer-se que «o equilíbrio se desloca» poderá constituir um dos meios operantes no aparecimento de ideias alternativas incompatíveis com a noção de destruição momentânea do estado de equilíbrio e consequente evolução do sistema para outro estado de equilíbrio diferente do inicial, dada a intrínseca natureza dinâmica do equilíbrio químico.

A evidência produzida com este estudo, no tocante à deficiente compreensão da evolução dos sistemas em equilíbrio químico sujeitos a perturbações exteriormente impostas, leva-nos a considerar necessário abordar este tema de modo diferente do proposto pela maioria dos livros de texto utilizados quer no ES quer nos Institutos Politécnicos e Universidades. Deverá considerar-se em primeiro lugar a interpretação e discussão das variações temporais das concentrações, ou da sua invariância, com base em conhecimentos da termodinâmica, seguindo-se-lhe a interpretação ao nível molecular com base em conhecimentos da cinética. Este tipo de abordagem a ser seguido para todos os possíveis efeitos perturbadores operantes sobre sistemas fechados em equilíbrio químico fará com que a primeira pergunta a que se pretenda dar resposta seja: trata-se ou não de uma perturbação eficaz?

O ensino do equilíbrio químico far-se-ia, com as necessárias adaptações, aos programas no ES e ao desenvolvimento dos estudantes, pressuposto em diferentes disciplinas do ensino superior, numa perspectiva integradora de conhecimentos da termodinâmica e da cinética química numa sequência idêntica à apresentada a seguir.

1. Utilizando sistemas do tipo  $aA(g)+bB(g) \rightleftharpoons xX(g)+yY(g)$  em vaso fechado e a temperatura constante,  $T$ , devendo considerar-se vários exemplos concretos, em situações de equilíbrio químico e de não equilíbrio químico; no primeiro caso ter-se-á  $K_p$  e/ou  $K_c$  e no segundo caso  $Q_p$  e/ou  $Q_c$ . Ou seja:

$$Q_c = \frac{[X]^x [Y]^y}{[A]^a [B]^b} \quad K_c = \frac{[X]_i^x [Y]_i^y}{[A]_i^a [B]_i^b}$$

Os símbolos utilizados têm o significado usualmente atribuído na bibliografia relativa a este tópico; o índice  $i$  refere-se ao estado de equilíbrio inicial.

Pode dizer-se que  $K_p$  constitui um valor particular e especial de  $Q_p$  e  $K_c$  um valor particular e especial de  $Q_c$ , valores particulares estes que definem a extensão da reacção à temperatura considerada. No entanto, um dado valor de  $K$  ( $K_p$  ou  $K_c$ ) pode corresponder a um número infinito de situações particulares de equilíbrio químico, à temperatura considerada,  $T$ , já que, para um dado sistema de reagentes e produtos, existe um número infinito de possíveis valores de composições de equilíbrio à mesma temperatura,  $T$ , considerada.

2. Perturbação do equilíbrio por variação isotérmica de um dos parâmetros, i. e., variação da composição das espécies quimicamente activas e do valor do quociente da reacção, para a mesma extensão de reacção:

a) interpretação termodinâmica: se da perturbação eficaz do sistema resultar um aumento de  $Q$  ( $Q_p$  ou  $Q_c$ ) relativamente a  $K$  ( $K_p$  ou  $K_c$ ) o sistema evolui de modo que  $Q$  diminui progressivamente até atingir novamente o valor de  $K$ . A partir desta altura verifica-se invariância da composição química do sistema.

Se da perturbação eficaz do sistema resultar uma diminuição de  $Q$  relativamente a  $K$ , o sistema evolui de modo que  $Q$  aumente progressivamente até atingir novamente o valor de  $K$ . A partir desta altura verifica-se invariância da composição química do sistema.

b) interpretação termodinâmico-cinética: se da perturbação eficaz do sistema resultar um aumento de  $Q$  relativamente a  $K$ , a velocidade da reacção inversa passa a ser maior do que a da reacção directa; consequentemente, verifica-se a diminuição da concentração dos produtos e o aumento da concentração dos reagentes, até que as reacções inversa e directa tenham novamente velocidades iguais. A partir desta altura verifica-se invariância da composição química do sistema. Se da perturbação eficaz do sistema resultar uma diminuição de  $Q$  relativamente a  $K$ , a velocidade da reacção directa passa a ser maior do que a da reacção inversa, diminuindo a concentração dos reagentes e aumentando a concentração dos produtos, até que as reacções inversa e directa tenham novamente velocidades iguais, verificando-se então invariância da composição química do sistema.

Note-se que a interpretação da evolução do sistema e a consequente alteração da sua composição numa perspectiva cinética se fundamenta na consideração de as velocidades das reacções directa e inversa passarem a ser diferentes, tendo uma das reacções momentaneamente uma velocidade superior à outra (não é equivalente a dizer-se que a velocidade de uma das reacções aumenta, como se verifica nos resultados deste estudo), resultando numa contínua variação da composição do sistema e das velocidades das duas reacções, até que ambas as reacções se processem novamente com igual velocidade. Nesta altura deixa de se verificar

$$Q_p = \frac{P_X^x P_Y^y}{P_A^a P_B^b} \quad K_p = \frac{P_{X_i}^x P_{Y_i}^y}{P_{A_i}^a P_{B_i}^b}$$

alteração macroscópica da composição do sistema, o qual, ao atingir a nova situação de equilíbrio, terá uma composição diferente da composição no estado de equilíbrio inicial, muito embora a  $K$  permaneça a mesma.

3. variação da temperatura do sistema: variação da composição do sistema por alteração da extensão da reacção.

a) Interpretação termodinâmica:

Por aplicação da equação  $\Delta G = \Delta G^0 + RT \ln Q$  a sistemas em equilíbrio:  $\Delta G = 0$  e  $Q = K$ , obtém-se a equação  $\Delta G^0 = -RT \ln K$ , que combinada com a equação de Gibbs-Helmoltz,  $\Delta G^0 = \Delta H^0 - T \Delta S^0$ , origina a equação  $\ln K = -\Delta H^0/RT + \Delta S^0/R$  de onde resulta  $\ln(K_2/K_1) = (-\Delta H^0/R)(1/T_2 - 1/T_1)$ ; com  $T_2 > T_1$  (equação de Van't Hoff).

Raciocinando com base na equação de Van't Hoff pode afirmar-se que, para uma reacção endotérmica  $\Delta H^0 > 0$ , o  $\ln(K_2/K_1)$  é positivo, consequentemente  $\ln K_2$  é superior a  $\ln K_1$ , logo  $K_2$  é superior a  $K_1$ , ou seja, a constante de equilíbrio aumenta com o aumento de  $T$  e, por isso, assumirá valores superiores para temperaturas mais elevadas do que para temperaturas mais baixas.

De modo idêntico para uma reacção exotérmica,  $\Delta H^0 < 0$ , conclui-se que o  $\ln(K_2/K_1)$  é negativo, consequentemente  $K_2$  é menor que  $K_1$ , ou seja, a constante de equilíbrio diminui com o aumento de  $T$  e, por isso, assumirá valores menores para temperaturas mais elevadas do que para temperaturas mais baixas.

b) Interpretação cinética:

Vários são os conceitos e a informação a ter em consideração:

Princípio da reversibilidade microscópica; energia de activação; constante específica de velocidade de reacção; distribuição de energias cinéticas moleculares a diferentes temperaturas (distribuição de Maxwell-Boltzmann); variação da constante específica de velocidade de reacção com a temperatura; noção de mecanismo e processo elementar de uma reacção química.

O princípio da reversibilidade microscópica estabelece que, em qualquer estado de equilíbrio (macroscópico), cada processo elementar e o seu inverso se desenvolvem com a mesma velocidade, permitindo estabelecer a relação entre a constante de equilíbrio para a reacção e as constantes de velocidade dos processos elementares que a constituem.

Considere-se o caso mais simples de uma reacção reversível correspondente a dois processos elementares, i. e., as reacções directa e inversa ocorrem numa única etapa tendo a molecularidade e a ordem de reacção o mesmo valor. Quando a mistura de reagentes e produtos atinge uma situação de equilíbrio inicial (i) à temperatura  $T$ , teremos  $k_1[A]i^a[B]i^b = k_{-1}[X]i^c[Y]i^d$ , em que  $k_1$  e  $k_{-1}$  são as constantes específicas de velocidade para as reacções directa e inversa, respectivamente; o quociente entre o 1.º e o 2.º membro desta equação iguala a unidade, consequentemente pode afirmar-se que  $(k_1/k_{-1}) = ([X]i^c[Y]i^d)/([A]i^a[B]i^b)$  ou seja  $(k_1/k_{-1}) = K$ . Idêntica discussão para mecanismos de reacção mais complexos é apresentada em bibliografia diversificada - ver p. ex. [4].

Sendo a velocidade total de colisão [4] proporcional à velocidade molecular média e por isso proporcional à  $\sqrt{T}$ , embora as velocidades de algumas reacções sejam pratica-

mente independentes de  $T$ , uma variação de 10 K faz aumentar a velocidade da maioria dos processos bimoleculares de factores entre 1,5 e 5. Assim, p. ex., se  $T$  passar de 300 K para 310 K a velocidade média de colisão aumenta de um factor 1,015  $((310/300)^{1/2} = 1,015)$ . No entanto, uma vez que a velocidade molecular média é pouco sensível às variações de  $T$ , as grandes variações de velocidade de algumas reacções por aumento de  $T$  são interpretadas com base nas curvas de distribuição de energia cinética molecular dependente de  $T$  - curvas de distribuição de Maxwell-Boltzmann [1, 4]. Note-se que a fracção de moléculas com energia igual ou superior à energia de activação,  $E_a$  - energia (potencial) do estado de transição - varia muito com a temperatura e consequentemente o número de colisões eficazes depende da temperatura. O coeficiente pré-exponencial,  $A$ , na expressão matemática da constante específica da velocidade de reacção varia muito menos com  $T$  do que o factor exponencial,  $e^{-E_a/RT}$ ; deste modo pode considerar-se como uma boa aproximação  $\ln k = \ln A - E_a/RT = -E_a/RT + \text{constante}$ .

Compreende-se assim que, quando se aumenta a temperatura de uma mistura gasosa em equilíbrio químico num sistema fechado, o estado de equilíbrio é destruído. No caso da reacção directa ser exotérmica, as velocidades das reacções, directa e inversa, aumentam, muito embora a velocidade da reacção inversa aumente mais do que a velocidade da reacção directa e, deste modo, o sistema contraria a perturbação imposta - consumindo parte da quantidade de calor fornecida. A composição do sistema vai, portanto, sendo alterada; a concentração dos reagentes vai aumentando e a concentração dos produtos vai diminuindo até que as velocidades de ambas as reacções se igualem novamente. Nesta altura o sistema atinge um novo estado de equilíbrio e, consequentemente, a concentração dos reagentes neste estado de equilíbrio é superior à concentração dos reagentes no estado de equilíbrio inicial e a concentração dos produtos da reacção no novo estado de equilíbrio é inferior à concentração destes mesmos componentes no estado de equilíbrio inicial. Note-se que, se a reacção directa for endotérmica, a evolução do sistema se faz de modo inverso ao descrito para a reacção directa exotérmica, de tal modo que, no novo estado de equilíbrio, a concentração dos reagentes é inferior à concentração destes componentes no estado de equilíbrio inicial, enquanto a dos produtos é superior.

Importa notar que a discussão anterior se restringe a sistemas que possam ser considerados ideais; contudo, esta discussão pode ser alargada e aplicada a sistemas químicos não ideais, desde que sejam introduzidos os conceitos de actividade e fugacidade, o que permite incluir na discussão, nomeadamente, sistemas envolvendo a evolução para estados de equilíbrio químico em soluções diluídas.

Uma vez discutidos os efeitos perturbadores de sistemas em equilíbrio químico à luz da termodinâmica e da cinética, seria então enunciado o Princípio de Le Chatelier e discutido à luz desses princípios, destacando-o como um meio expedito de prever a evolução para novas situações de equilíbrio químico daqueles sistemas. Uma sequência de ensino deste tipo estimularia uma representação de conhecimentos integradora dos aspectos termodinâmicos e cinéticos e poderia evitar o aparecimento de algumas das CA detectadas neste estudo.

Os resultados aqui apresentados evidenciam sérias deficiências na compreensão das modificações de sistemas de reagentes e produtos, evoluindo para estados de equilíbrio químico, assim como dos aspectos dinâmicos destes estados e das evoluções dos sistemas de um estado de equilíbrio dinâmico para outro. Linguagem pouco rigorosa do tipo «... o equilíbrio desloca-se ...» poderá constituir um meio de operacionalizar a resolução de certos problemas numéricos relativos a situações de equilíbrio químico, mas pode estimular, e mesmo induzir, representações incorrectas do conhecimento relativas à evolução de tais sistemas. Esta linguagem deve ser abandonada privilegiando-se a designação de estados de equilíbrio ou de não equilíbrio e fazer-se a discussão da evolução para novas situações de equilíbrio.

#### Referências

- [1] Formosinho, Sebastião J., *Fundamentos de Cinética Química*, Fundação Calouste Gulbenkian, 1983.
- [2] Gilbert, J. K. and Watts, Concepts, Misconceptions and Alternative Conceptions: Changing Perspectives in Science Education, *Studies in Sci. Educ.*, **10**, 61-98, 1983.
- [3] Hackling, M. W. and P. J. Garnett, Misconceptions of Chemical Equilibrium, *Int. J. Sci. Educ.*, **7**(2), 205-214, 1985.
- [4] Mahan, Bruce H., *University Chemistry* (3rd Ed.), Addison-Wesley Publishing Company, 1975.
- [5] Osborne, R. J. and M. C. Wittrock, Learning Science: A Generative Process, *Sci. Educ.*, **67**(4), 489-504, 1983.
- [6] Pedrosa, M. Arminda, The Use of Oral Assessment in Chemistry, Unpublished PhD thesis, University of East Anglia, 1988.
- [7] Pereira, M. P. B. A., Teaching and Learning Difficulties in Chemical Equilibrium in Secondary Schools in Portugal, Unpublished PhD thesis, University of East Anglia, 1981.
- [8] Wittrock, M. C., A Generative Model of Mathematics Learning, *J. Res. Math. Educ.* **5**, 181-196, 1974.

## NATO ADVANCED RESEARCH WORKSHOP

### Molecular Electrochemistry of Inorganic, Bioinorganic and Organometallic Compounds

#### Date and Place:

25-29 March, 1992 (Sintra, close to Lisbon, Portugal)

#### Contact:

Prof. A.J.L. Pombeiro  
Complexo I, Instituto Superior Técnico,  
Av. Rovisco Pais,  
1096 Lisbon Codex, Portugal  
Fax - 351-1-3524372. Tel. - 351-1-3524303

#### Organizing Committee:

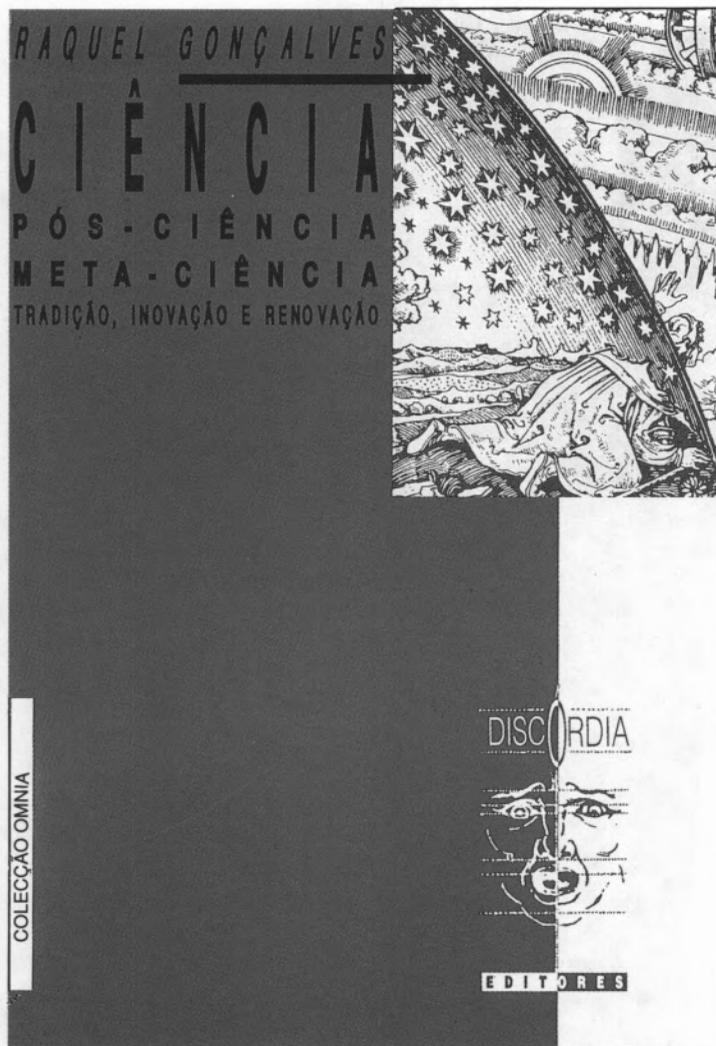
Profs. A.J.L. Pombeiro (Director)  
J. McCleverty (Director),  
J.-M. Savéant and  
K.M. Kadish

#### General Objective:

Assessment of the state-of-the-art in the application of electrochemistry to the investigation of the properties (including synthesis and reactivity) of inorganic, bioinorganic and organometallic complexes, discussion of prospects and formulation of recommendations.

#### PROGRAMME

- (i) Overview. Main Trends
- (ii) Electrosynthesis
- (iii) Redox properties
  - Redox potential/structure relationships, ligand and metal effects
  - Metal-centred and ligand-centred electron transfers
  - Redox properties, structure and reactivity
- (iv) Dynamics of electron-transfer
- (v) Electrochemistry of supramolecular coordination compounds
- (vi) Molecular electroactivation and electrocatalysis
- (vii) Mechanistic studies (including detection and characterization of metallo-intermediates, kinetic studies, techniques, numerical and computing methods)
- (viii) Spectroelectrochemistry
- (ix) Experimental aspects (including, *e.g.*, reference electrodes and reference potentials, modified electrodes by coordination compounds, cells, other instrumentation, techniques)
- (x) Electrochemistry in non-conventional conditions
  - Ultramicroelectrodes
  - Non-conventional media (solids, gas phase, very low temperatures, supercritical fluids)
- (xi) Prospects



DISCÓRDIA, imagem e exemplo do contraditório, assume o **elogio do conflito** e a recusa do consenso. Porque no mundo do complexo e do excesso de informação, a comunicação pode ser, em milhares de bits, uma só frase, uma só palavra, urge procurar em cada coisa o seu oposto, gerir a mudança, resolver contradições sem conciliar os contrários, viver os saberes que aspiram à sabedoria. Caminho para a Discórdia.

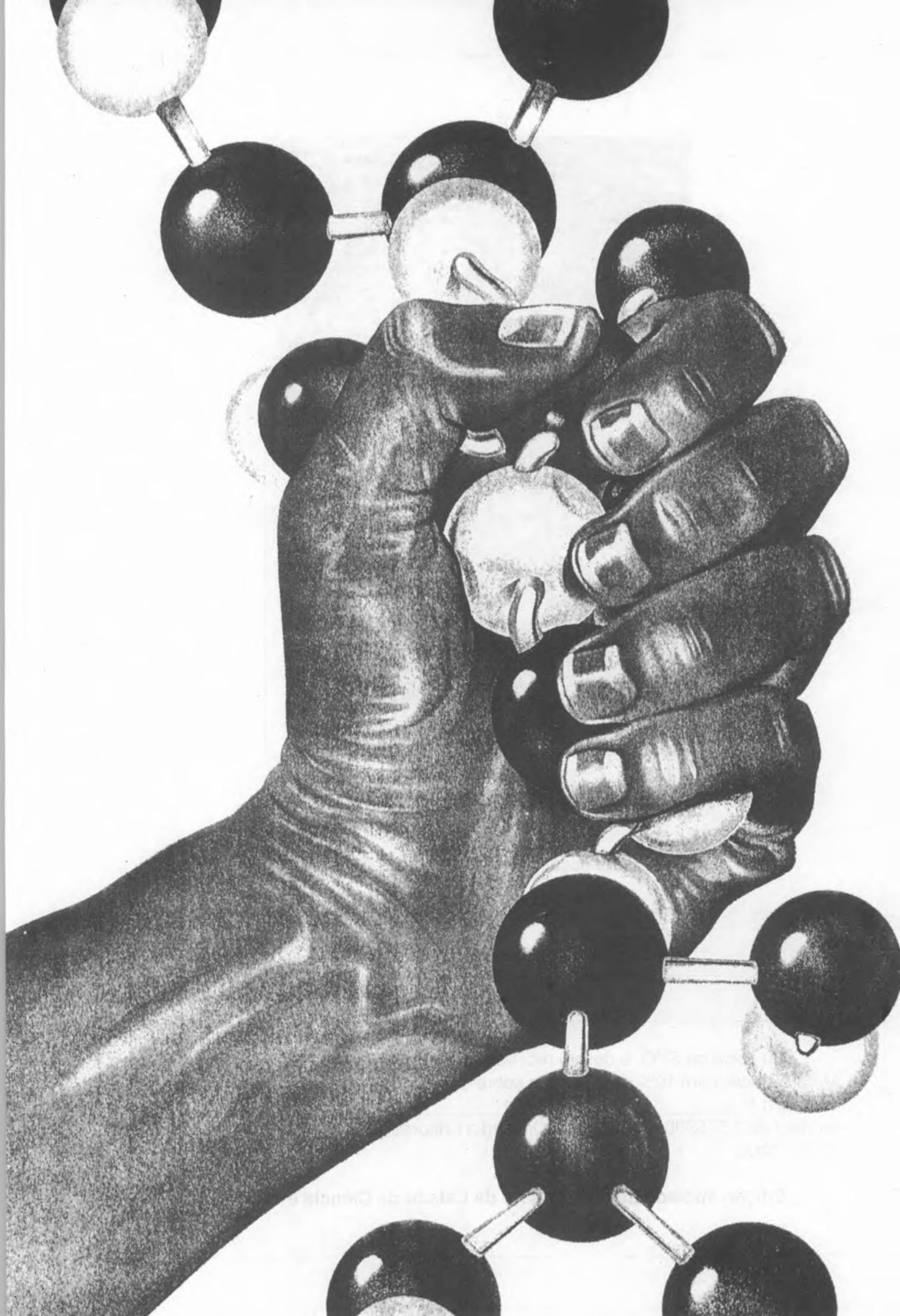
Número dois da Coleção OMNIA, editado por Discórdia Editores.

Nome \_\_\_\_\_

Morada \_\_\_\_\_

Sou sócio da SPQ, e desejo receber um exemplar do livro *Ciência, Pós-Ciência, Meta-Ciência*, com 10% de desconto sobre o preço de capa, para o que junto envio o cheque n.º \_\_\_\_\_, do Banco \_\_\_\_\_, no valor de 1.575\$00, em nome de Discórdia Editores, Lda., Av. de Roma, 93 c/v Esq., 1700 Lisboa.

**Edição apoiada pela Secretaria de Estado da Ciência e Tecnologia.**



# Energia: um Conceito Integrador

– incidência na reforma curricular

Duarte J.V. Costa Pereira <sup>a</sup>



Duarte Costa Pereira

*Natural da cidade do Porto, é Professor Associado com Agregação do Grupo de Química da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto.*

*É licenciado em Engenharia Químico-Industrial pela Universidade do Porto (prémios Gomes Teixeira e Centenário), possuindo além disso os graus de Master of Science (Chemical Education) pela Universidade de East Anglia (prémio do sector pela melhor dissertação), Doctor of Philosophy (Chemistry) pela Universidade de East Anglia, Doutor em Química (Educação em Química) pela Universidade de Aveiro, Agregado em Didáctica das Ciências (Didáctica da Química) pela Universidade de Aveiro.*

*Professor das disciplinas da área da Metodologia e Didáctica da Química na Universidade do Porto, colaborando na docência desta e doutras áreas com a Universidade do Minho e na de Trás-os-Montes e Alto Douro.*

*Coordenador do Pólo da Universidade do Porto do Projecto Minerva e de outros projectos da área das Novas Tecnologias da Informação (Projecto Portucale com a Câmara do Porto, Projecto Mar Português com a Comissão Nacional para a Comemoração dos Descobrimentos Portugueses e Projecto 500 Anos Depois - parte referente a Portugal e ao Brasil - com a Sociedad Estatal Quinto Centenario).*

*Membro fundador da Sociedade Europeia de Psicologia Cognitiva («European Society for Cognitive Psychology»), com sede em Amsterdão.*

*Representante da Universidade do Porto na Rede Europeia para o Desenvolvimento de Pessoal do Ensino Superior, ligado à UNESCO.*

*Coordenador Nacional da Secção de Tecnologia e Comunicação Educativa da Sociedade Portuguesa de Ciências de Educação.*

*Desempenhou, de 1980 a 1989, cargos directivos regionais na SPQ e coordenou a sua Divisão de Educação da Zona Norte de 1980-82 e de 1986-88.*

*Na Faculdade de Ciências da Universidade do Porto foi Director do Grupo de Química (1976), encarregado da gestão do mesmo grupo (1984), membro da Comissão Coordenadora do Conselho Científico (1980-81), Presidente da Assembleia de Representantes (1983-86) e Presidente do Conselho Pedagógico (1986-87).*

*Tem desenvolvido actividades de investigação principalmente nos domínios da representação do conhecimento, detecção de concepções alternativas e na utilização pedagógica das Novas Tecnologias de Informação.*

## Introdução

O actual paradigma prevalente em Educação Científica – o das concepções alternativas – tem revelado grandes dificuldades e principalmente falta de permanência das formulações da Física baseadas numa acção a distância, muito particularmente da Mecânica Newtoniana (Sequeira e Leite, 1988) baseada como é no conceito de força. Este é aparentemente mais simples que o conceito de energia que na formulação Hamiltoniana (posterior historicamente) toma o lugar de conceito central (Stewart, 1990), mas tal simplicidade é, de facto, aparente por ser simplesmente derivada de concepções alternativas (como a ideia de impulso, ou a proporcionalidade à velocidade) nada tendo a ver com a concepção Newtoniana de força. De facto, sendo tanto força como energia (Ribeiro, Costa Pereira e Maskitt, 1990) conceitos extremamente difíceis porque teóricos, eles fundamentam duas linguagens\* rigorosamente equivalentes no que diz respeito à Mecânica Clássica (Gregory, 1990) e o certo é que os conceitos não devem ser julgados isoladamente, como uma certa formulação da teoria das concepções alternativas inspirada na Pedagogia do Não de Bachelard pretende (Santos, 1991) mas devem ser julgados pela compatibilidade com as estruturas de acolhimento com que entram em interacção alostérica (Giordan, 1987), numa palavra, pela adequação da linguagem conceptual à estrutura mental do aprendiz. Desde logo sendo a energia um fenómeno local, não envolvendo acções à distância o seu tratamento é operacionalmente menos complexo, eliminando mesmo a necessidade duma formulação vectorial da dinâmica e restringindo-a à cinemática. Por outro lado o conceito de energia adapta-se também muito melhor à termodinâmica nas suas versões clássica (a que a força não se adapta) ou estatística (em que o calor se pode obter como soma dos trabalhos microscópicos não orientados...). Também a poderosíssima noção de campo resulta muito bem em todos os ramos da Física associada muitas vezes a grandezas vectoriais (como o próprio campo eléctrico e magnético), mas tendo sempre subjacente o

<sup>a</sup> Universidade do Porto.

\* De facto, segundo vários autores e independentemente do problema da realidade, que tem sofrido contribuições recentes por parte de Popper com a sua teoria das Propensões (Popper, 1991), a Física deve ser encarada como uma linguagem usada para descrever a realidade (Gregory, 1990, Pagels, 1982).

conceito escalar e local de energia. Finalmente, não é demais lembrar que a Teoria da Relatividade ao promover a equivalência entre massa e energia e a Mecânica Quântica ao basear (na formulação de Schrodinger) os seus resultados numa adaptação das equações de Hamilton (precisamente aquelas que introduziram o conceito de energia na Física!) não fazem mais que reforçar a centralidade e a importância deste conceito nas Ciências Físicas! Fora destas, o conceito impõe-se também na Biologia, onde a Bioenergética é um ramo cada vez mais importante e em áreas como a teoria da informação onde conceitos relacionados com a energia, como a entropia, desempenham um papel fundamental.

Sendo assim, a linguagem centrada na energia impõe-se, em todas as Ciências e, antes de nos preocuparmos em descrever com algum detalhe a situação na Química, permitam-me que lance um apelo aos responsáveis pelo desenvolvimento curricular nas outras áreas, mormente na Física para que é tempo de abandonar estratégias antigas, apenas com inegável interesse histórico, e procurar centrar a linguagem da Ciência no conceito de Energia, pois, para além do que foi referido, como dizia Pagels (1982) no seu prefácio ao Código Cósmico, «o mundo visível não é matéria nem espírito mas a invisível organização da energia».

### Os discursos da Química

As bases históricas, epistemológicas e metodológicas da Química são muito diversificadas (Costa Pereira, 1991c). Os aspectos mais importantes a reter parecem ser a pressuposição dum sistema corpuscular (Harré, 1984), isto é que o comportamento dos sistemas pode ser explicado em termos do comportamento de outras entidades menores que o integram, e por outro lado, que a radicar-se nas Ciências Físicas, a Química, como Ciência que estuda o comportamento de grandes conjuntos de átomos, fá-lo sobretudo (Bent, 1965) na Mecânica Quântica (que estuda os átomos) e na Mecânica Estatística (que estuda os grandes conjuntos). Esta hibridiz não impede a Química, no entanto, de ter conceitos próprios (às vezes até indesejavelmente distintos de uns ramos da Química para outros) e linguagem e métodos bem característicos!

Tentando ser o mais simples possível podem pelo menos distinguir-se três níveis distintos de discursos em Química (Costa Pereira; 1991a, 1991b) em que os objectos do discurso e a sua sintaxe são completamente diferenciados:

- O nível estrutural ou quantum / electrónico
- O nível reaccional ou estatístico / molecular
- O nível macroscópico ou termodinâmico / clássico

Vejamos cada um deles com um pouco mais de detalhe com o propósito de posteriormente fazer sobressair um denominador comum, no conceito de energia!

#### *O nível estrutural ou quantum / electrónico*

O nível mais básico da Química, se excluirmos a Química Nuclear (\*) da nossa apreciação, é o que considera as estruturas atómicas e pluri-atómicas e em que os *objectos* são

os electrões (particularmente os electrões de valência) e a *linguagem* é fornecida pela Mecânica Quântica. Podem aqui distinguir-se dois subníveis conforme haja um só núcleo (estrutura atómica) ou vários (estrutura molecular ou gigante), mas essa distinção não é essencial, já que os dois discursos se conciliam através do conceito de ligação química. As bases deste discurso são, sem dúvida, os postulados da Mecânica Quântica (representação proposicional rigorosa) e as suas consequências imediatas (como o princípio de incerteza de Heisenberg e o princípio de exclusão de Pauli), podendo dizer-se que no que toca aos problemas essenciais de estrutura química, se conseguem evitar as complicações dinâmicas, já que as soluções estacionárias da equação de Schrodinger, caracterizadas por um valor determinado de *energia*, são inteiramente satisfatórias. Dentro destas destacam-se as soluções correspondendo ao estado fundamental das várias estruturas, já que o espaçamento entre os níveis electrónicos é suficientemente grande para, a temperaturas como as que prevalecem na crosta terrestre, se terem apenas os níveis fundamentais significativamente preenchidos. Assim é que a caracterização destes níveis é geralmente suficiente para os problemas estruturais em Química, só se tendo que recorrer às soluções excitadas para descrições de estados de transição e reacções fotoquímicas, que de qualquer modo correspondem já ao segundo nível de discurso químico.

Há também, em face da insolubilidade rigorosa de sistemas mais complexos do que o do átomo de hidrogénio, uma quantidade de regras aproximadas (representações proposicionais não rigorosas com diferentes graus de aproximação) como a regra do octeto, a teoria da repulsão dos pares electrónicos, a teoria do campo do ligando, etc. juntamente com representações analógicas (modelos: do átomo, das moléculas, dos cristais iónicos, dos cristais metálicos, etc.). A profusão de representações e conceitos explicativos é tão grande que se pode dizer que a situação é confusa, sendo isto em grande parte devido à existência de duas aproximações, muitas vezes confundidas, do problema da ligação química: a Teoria da Ligação de Valência e a Teoria das Orbitais Moleculares. Com efeito, há conceitos como hibridação ou deslocalização que tendo «nascido» numa das teorias não são completamente «transportáveis» para a outra. Estamos assim em presença de dois «dialectos» cujos lexemas não são arbitrariamente intercambiáveis. Esta situação é infeliz até porque dá às pessoas de fora da disciplina uma ideia da Química como uma Ciência conceptualmente muito pobre (como ainda não há muito tempo foi afirmado por René Tom (1985), o pai da Teoria das Catástrofes), quando de facto o que existe é uma grande confusão de discursos a este nível!

#### *O nível reaccional ou estatístico / molecular*

Este nível relaciona-se com o anterior através de conceitos ainda de descrição electrónica como os de estado de transição e os de HOMO e LUMO (highest occupied molecular orbital e lowest unoccupied molecular orbital), para além de todos os parâmetros quânticos que são indícios de reactividade (polarização, polarizabilidade, ordem de reacção, etc.).

O nível em si é caracterizado por descrições que têm como *objecto* moléculas ou conjuntos de átomos ou iões existindo,

(\*) A esta corresponde um nível discursivo diferente onde a energia também é fundamental.

como veremos adiante, *dois tipos de linguagem* diferente, uma, *estocástica\** seguindo o paradigma estatístico iniciado no séc. passado a propósito da teoria cinética dos gases e outra, *determinista\** seguindo o figurino das equações diferenciais inaugurado por Newton na Dinâmica e que se espalhou ao estudo de quase todos os fenómenos dinâmicos. Em tais discursos está sempre presente uma propriedade chamada *energia* procedendo-se a um processo contabilístico (vide Costa Pereira e Valadares, 1991) em que surge a *entropia* apenas como uma maneira de contabilizar de uma forma sumativa e não multiplicativa as probabilidades das situações encontradas (Costa Pereira, 1990).

De facto, ao contrário do que acontecia como os aspectos estruturais em que a dependência temporal se podia ignorar, neste nível descritivo tal não acontece, de forma que há pelo menos dois tipos de discurso: um que apenas pretende descrever a tendência dos sistemas e outro que especificamente dá conta da dependência funcional em relação ao tempo das quantidades químicas ambos podendo ter o suporte de teorias muito diversas como a teoria das colisões ou a teoria do estado de transição.

O primeiro discurso – *Termodinâmica Estatística* – tem uma base perfeitamente estocástica e leva à consideração de *atractores* para os sistemas químicos, sejam eles os *atractores pontuais* que conduzem ao *equilíbrio químico* convencional, os *atractores circulares* que conduzem às menos familiares *reações oscilantes* ou ainda os *atractores estranhos* que podem conduzir ao *caos*! As duas últimas situações embora frequentes em ramos como a Bioquímica pouco ou nada são estudadas em abordagens convencionais da Química, mas nada justifica que esta situação se mantenha, com os modernos instrumentos para estudar sistemas complexos como são os computadores.

O segundo tipo de discurso – *Cinética Química* – descreve, em função do tempo, o comportamento das espécies químicas em presença. É um discurso híbrido, pois é determinista na medida em que usa equações diferenciais e é estocástico na medida em que pressupõe uma distribuição de velocidades e energias de acordo com determinado modelo teórico. Pode mesmo dizer-se que a partir da expressão genérica da velocidade de uma reação

$$-d[R]/dt = k f([A], [B], \dots)$$

que há uma completa separabilidade dos dois aspectos e portanto das duas linguagens, a estocástica aplicando-se a  $k$ , onde sobressai a dependência da temperatura e a determinística aplicando-se a  $f$ , onde sobressai a dependência explícita das concentrações e implícita do mecanismo das reações. Em certos casos, como o de autocatálise de reações bioquímicas, tal tratamento pode conduzir a percursos complicados com uma certa periodicidade e mesmo a situações caóticas. Também aqui o computador como modelador dinâmico por excelência pode ser um bom suporte para este discurso!

\* Os dois grandes paradigmas da Ciência Clássica são o determinístico que tem origem nas equações diferenciais de Newton que se generalizam ao tratamento de todo o género de fenómenos e o estocástico desenvolvido só no séc. passado e necessário para explicar os gases e o calor.

É importante aqui referir que os dois discursos deste nível, o termodinâmico e o cinético, embora sejam complementares, não se devem confundir, e que há uma precedência formal absoluta do primeiro sobre o segundo, o que condena implicitamente uma prática curricular muito generalizada, que é a da explicação do equilíbrio químico por igualização de velocidades de reações opostas, quando este de facto se deve procurar através dum balanço de entropia, por maximização desta! Senão como tratar os casos de mecanismos complexos que são na generalidade as reações químicas? Nem recorrendo ao conceito de passo limitante, para aí estabelecer o balanço se resolve o problema, isto simplesmente porque as considerações de equilíbrio são independentes e precedem as de cinética!

#### *O nível macroscópico ou termodinâmico / clássico*

Este nível é caracterizado por descrições que têm como *objecto* porções macroscópicas de matéria, ditos sistemas termodinâmicos e como *linguagem* a Termodinâmica Clássica, que remonta ao tempo de Carnot. A energia aqui aparece como várias funções de estado\* e relacionada com fenómenos fronteira tal como a produção de calor e trabalho.

Uma das mais espantosas descobertas da humanidade é a da sinérgica que se pode descrever como a possibilidade de sistemas extremamente complexos e vastos se deixarem descrever por um pequeno número de parâmetros. É dessa descrição que trata a termodinâmica clássica que constitui o último nível de descrição química. Existe uma perfeita correspondência entre os conceitos deste nível e os da termodinâmica estatística do nível anterior, embora estes dois discursos tenham consistência própria e sejam formalmente independentes. É a este nível que se fazem muitas das determinações energéticas experimentais que servem depois para racionalizar os discursos dos outros níveis.

#### **A Energia nos diferentes discursos da Química**

Tendo no número anterior explicado os vários níveis discursivos da Química, fomos encontrando referências à Energia, que já talvez chegassem para lhe atribuir as propriedades de conceito integrador, que correspondem à tese deste artigo. No entanto, para uma análise mais objectiva ocorreu-nos analisar um artigo publicado neste mesmo Boletim (Gil, 1988) em que se referem exhaustivamente as manifestações do conceito de energia na Química. Tentaremos, para cada uma localizá-la na tipologia do discurso químico mencionado no ponto anterior, fazendo-o de uma forma sumária, convidando o leitor a referir-se ao artigo para um esclarecimento dos vários conceitos relacionados com a energia aqui referidos.

#### *Conceitos energéticos utilizados no discurso estrutural da Química*

Aqui temos uma série de conceitos especificamente atribuíveis aos electrões, mas que se podem definir também a nível macroscópico pelo conhecido artifício molar. Temos

\* Energia interna, Entalpia, Energia livre de Gibbs ou de Helmholtz, etc.

entre outros: – energia de ionização, afinidade electrónica, energias de orbitais, etc.

Das categorias citadas explicitamente no artigo acima referido (Gil, 1988), podemos incluir aqui as seguintes:

- Energia radiante (p. 17)
- Energia e massa (p. 18)
- Energia de átomos (p. 18)
- Energia de electrões em átomos polieletrónicos (p. 19)
- Energia de electrões em moléculas (p. 21)
- Energia e espectroscopia (p. 24)
- Energia e fotoluminescência (p. 24)

#### *Conceitos energéticos utilizados no discurso reaccional da Química*

Aqui temos por um lado uma série de conceitos especificamente atribuíveis às moléculas, iões ou estruturas gigantes e por outro lado conceitos estatísticos. Entre os primeiros temos: energias de vibração, energias de rotação, energias de rede, etc.; entre os segundos avultam os de entropia e de energia de activação. Todos estes também podem definir-se a nível macroscópico pelo artifício molar.

Das categorias referidas explicitamente no artigo acima citado (Gil, 1988), podemos incluir aqui as seguintes:

- Energia molecular e geometria molecular (p. 22)
- Energia e cinética molecular (p. 22)
- Energia e condutibilidade (p. 23)
- Energia e quimioluminescência (p. 23)
- Energia e probabilidade - entropia (p. 23)

#### *Conceitos energéticos utilizados no discurso macroscópico da Química*

Incluem-se aqui todas as funções de estado termodinâmicas relacionadas com a energia, como a energia interna, entalpia, energia livre de Gibbs, energia livre de Helmholtz, bem como os aspectos energéticos dos fenómenos de fronteira que são o calor e o trabalho, para além das quantidades referidas nos outros níveis, molarizadas. Note-se no entanto que as relações definicionais diferem por vezes substancialmente no nível 2 e nível 3, como por exemplo a entropia que para o nível 2 é  $S = k \ln w$  e para o nível 3 é  $dS = \delta q / T$ .

No que diz respeito às categorias referidas explicitamente no artigo acima citado (Gil, 1988), podemos incluir aqui as seguintes:

- Interconversões e transferências de energia (p. 25)
- Dispersão e degradação da energia (p. 27)
- Energia de activação (p. 30)

#### **E que conclusões para o desenvolvimento curricular?**

Não me cabe aqui propor uma abordagem do conceito de energia na disciplina de Química, que já tratei em devido tempo (Costa Pereira, 1986). Muito menos terei pretensões de abordar o desenvolvimento curricular de tal conceito a nível da disciplina da Física embora a esse respeito recomende a leitura da unidade 8 da Didáctica da Física e da Química da Universidade Aberta (Costa Pereira e Valadares, 1991). Quero simplesmente aproveitar os exemplos da história recente, para ver se se arranjam soluções para o impasse em

que se caiu pela não homologação dos programas de Física e Química do Ensino Básico e Secundário.

Antes de mais gostaria de me referir a uma tentativa de reforma curricular dos princípios da década de 80 que teve como resultado concreto um programa para o 7.º ano de Física e Química, cujo tema essencial era a energia. Tal programa não chegou, tanto quanto eu sei, a ser testado, pelo menos numa escala significativa, e é bem pena que assim tenha sido, pois além do mais, evitaria os grandes atropelos (concepções «alternativas» ou mesmo erradas) que todos nós conhecemos e que são denunciados por Victor Gil (Gil, 1988) resultantes de a primeira abordagem de conceitos, como o de energia de ligação, se fazer noutra disciplina que não a Química.

De qualquer modo, a ideia de Física e Química no 7.º ano não pegou, como não pegou a de Ciências Físico Naturais, pois que embora tivesse muitos aspectos positivos era irrealista em face do parque de professores que temos. Aparecem assim os novos programas de Física e Química do 8.º ao 12.º anos, tendo no ano lectivo transacto sido apenas testado o relativo ao 10.º ano (por ser o único que correspondia ao início dum ciclo lectivo).

Tanto quanto pude observar cometeram-se três erros gravíssimos, a saber:

- um foi o facto de ser testar um programa que pressupunha as bases de outro (os do 8.º e 9.º anos) o que veio a revelar-se na enorme dificuldade sentida com a Física, particularmente porque o programa do 9.º ano desta disciplina é – honra lhe seja feita – totalmente dedicado ao conceito de energia com o seu já referido efeito integrador;
- o outro foi o de inverterem a ordem, começando por dar a Química o que torna o programa, que tinha uma certa lógica e que tentava uma certa integração, num amontoado disforme de assuntos, até porque não é correcta a ordem por que se dá a Cinética e a Termodinâmica Química. Sobre esta questão devo dizer que embora possa admitir e até encorajar tal troca no ensino básico pois as duas linguagens não começaram ainda a ser diferenciadas, não a acho correcta no ensino secundário, em que já o deveriam estar. Note-se que já não me oponho tanto à rejeição do discurso estrutural para o 2.º ano do ciclo (11.º ano), o que os autores fazem também no Ensino Básico;
- o maior erro de todos foi, no entanto, o de resolverem eliminar o tópico 6 da Física, precisamente sobre Termodinâmica, que era o assunto chave da integração da Física com a Química e da diferenciação das linguagens a que me referi, tendo toda a lógica do desenvolvimento curricular ido por água abaixo. Custa a crer como é que isto foi consentido! Sejamos no entanto optimistas: primeiro, não há dúvida que os autores, pessoas competentes, investiram muito esforço nos programas ora recusados; por outro lado, parece que não houve grandes críticas ao programa de Química e que as que se fizeram ao da Física resultam em grande parte dos erros experimentais apontados. Embora eu gostasse de ver a aproximação Newtoniana (ponto 1 do programa) fortemente reduzida e que se alcançasse uma maior coerência entre os programas do 10.º e 11.º anos, parece-me que na sua globalidade, muito especialmente no que se refere ao programa do 9.º ano da Física, o curriculum é aproveitável e que seria um erro enorme deitá-lo fora como há indícios que está para

acontecer, pelo menos ao programa de Física. Por muito bem que trabalhe uma nova equipa de Física (que não sei quem é, nem se existe) falta-lhe o trabalho de coordenação com a de Química que a anterior teve e que pode distinguir um curriculum dum amontoado de assuntos e actividades propostas!

#### Bibliografia

- Bent, H.A., *The Second Law, an Introduction to Classical and Statistical Thermodynamics*, Oxford University Press, 1965.
- Costa Pereira, D., *O Conceito de Entropia e o Ensino da Química*, Boletim da SPQ, **35**, 25-32, Lisboa, 1986.
- Costa Pereira, D., *Consequências da Distribuição Aleatória da Energia*, Boletim da SPQ, **39** (Série II), 31-35, 1990.
- Costa Pereira, D., *Didáctica da Física e da Química*, 2.º, 3.º e 4.º videogramas da Química, Universidade Aberta, 1991a.
- Costa Pereira, D., *Hypermedia and Science Education*, - The Case of Chemistry, in «Structure of Communication and Intelligent Help to Hypermedia Courseware», Nato Advanced Series, Springer Verlag (no prelo), 1991b.
- Costa Pereira, D., *Impacto das Novas Tecnologias de Informação nas*

*Estratégias de Ensino da Química*, Revista Portuguesa de Educação (a publicar), 1991c.

- Costa Pereira, D., Valadares, J., *Didáctica da Física e da Química*, II Vol., Universidade Aberta, 1991.
- Gil, V.M.S., *O Conceito de Energia em Química*, Boletim da SPQ, **32/33**, II Série, 15-31, Lisboa, 1988.
- Giordan, A., Vecchi, G., *Les Origines du Savoir*, Delachaux & Niestlé, Neuchâtel - Paris, 1985.
- Gregory, *Inventing Reality, Physics as a Language*, 1990.
- Harré, R., *As Filosofias da Ciência*, Edições 70, 1984.
- Pagels, H.R., *O Código Cósmico, A Física Quântica como Linguagem da Natureza*, Gradiva, 1982.
- Popper, K., *Um Mundo de Propensões*, Ed. Fragmentos, 1991.
- Ribeiro, M., Costa Pereira, D., Maskill, R., *Reaction and Spontaneity: the Influence of Meaning from Everyday Language on Fourth Year Undergraduates' Interpretation of Some Simple Chemical Phenomena*, International Journal of Science Education, 1990.
- Santos, M.E.V.M., *Mudança Conceptual na Sala de Aula*, Biblioteca do Educador, Livros Horizonte, 1991.
- Sequeira, M., Leite, L., *Newton's Third Law: a Study on Secondary School and University Students' Alternative Conceptions*. Comunicação à 13.ª Conferência da ATEE, Barcelona, 1988.
- Stewart, I., *Does God Play Dice?* Penguin Books, 1990.
- Tom, R., *Parábolas e Catástrofes*, Publicações Dom Quixote, 1985.

69  
**Tm**  
168,93

TÚLIO, de **Thule**, ou país nórdico; descoberto em 1879. Quando irradiado num reactor nuclear, o túlio produz um isótopo que emite raios X. Este isótopo, em pequenas porções, é usado em máquinas portáteis produtoras de raios X para fins médicos.

70  
**Yb**  
173,04

ITÉRBIO, de **Ytterby**, Suécia; descoberto em 1907. Este elemento é ainda pouco mais do que uma curiosidade laboratorial. Conjuntamente com outras «terras-raras» foi detectado recentemente na Rússia num mineral chamado gagarinite em homenagem ao primeiro astronauta. Oxida-se com facilidade.

71  
**Lu**  
174,97

LUTÉCIO, de **Lutetia**, o antigo nome de Paris; descoberto em 1907. É a mais pesada das «terras-raras». Muitas das suas propriedades químicas e físicas são ainda desconhecidas. É muito caro e até agora sem valor prático.

72  
**Hf**  
178,49

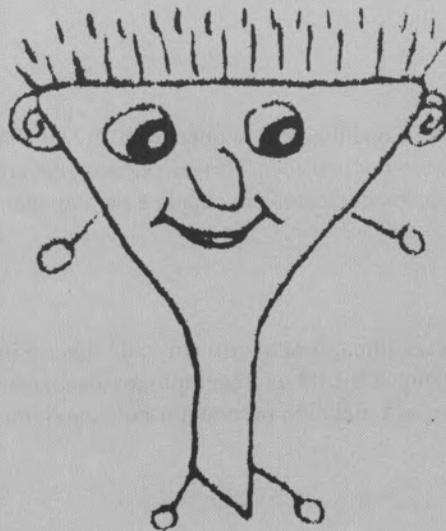
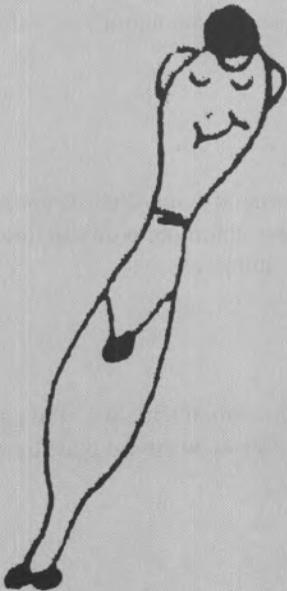
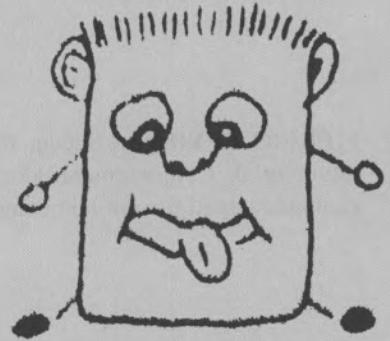
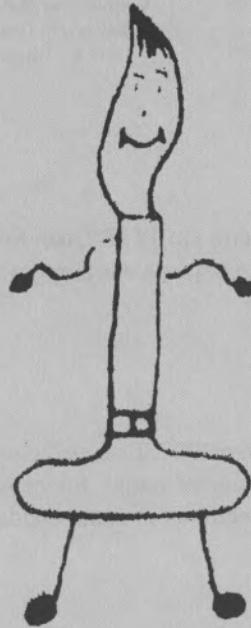
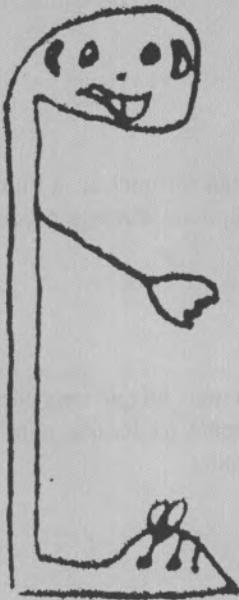
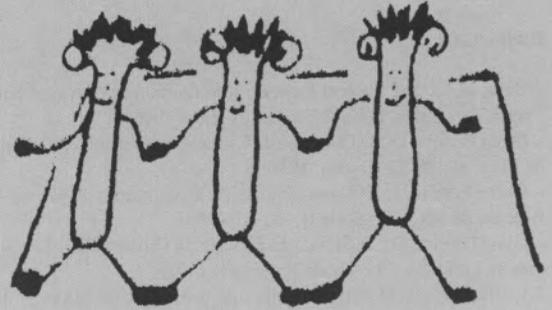
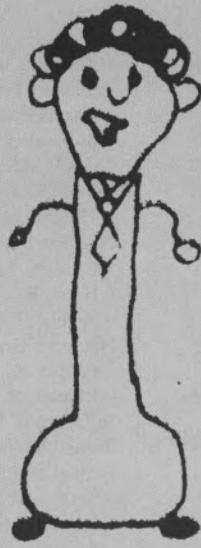
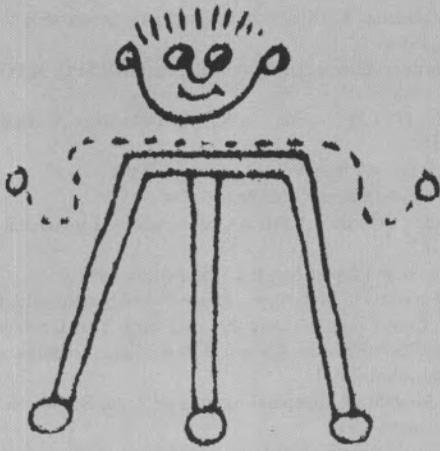
HÁFNIO, de **Hafnia**, o nome latino de Copenhaga; descoberto em 1923. O háfnio é o «metal maravilha» da época atómica, devido ao seu grande «apetite» por neutrões. Usa-se, por isso, em controladores neutrónicos de reactores que diminuem a velocidade das reacções nucleares em cadeia e para apagar «fogos» atómicos.

73  
**Ta**  
180,95

TÂNTALO, do rei **Tântalo** da Grécia mítica; descoberto em 1802. Quase inerte à corrosão, o tântalo é vital em reparações cirúrgicas do corpo humano: substitui, por exemplo, ossos no cérebro; em folhas ou em fio pode ligar nervos dilacerados; como um entrançado metálico prende músculos abdominais.

74  
**W**  
183,85

TUNGSTÉNIO, do sueco **tung sten**, ou pedra pesada; o símbolo W provém do seu nome alemão, **wolfram**; descoberto em 1783. É o metal de ponto de fusão mais elevado (3410 °C). Em filamentos resiste a intenso calor em lâmpadas. Novas brocas dentárias «indolores» têm pontas de tungsténio e rodam a velocidades elevadíssimas.



# Que Química para o 1.º Ciclo?

M. Mercês Sousa Ramos<sup>a</sup>M. Luz Castro Ribeiro<sup>b</sup>

Mercês Sousa Ramos



Luz Castro Ribeiro

Licenciou-se em Física, R. Científico, em 1974, pela FCUL. Fez Estágio Pedagógico no ES em 1976. Obteve o grau de Mestre em Ensino das Ciências, em 1991, pela FCUL. Lecionou no Ensino Preparatório (1973/75) e no Ensino Secundário (1975/86).

Tem desenvolvido actividades na Formação de Professores. Em 1983/84 e em 1985/86 orientou Estágios do Ramo Educacional e co-orientou trabalhos cujos resultados foram apresentados em Encontros da SPQ e SPF. Na ESEL, de 1988 até ao presente tem leccionado a cadeira de Ciências da Natureza e acompanhado grupos de alunos na Prática Pedagógica; é responsável pelas cadeiras: Actividades de Meio Físico e Física e Química. De 1986 a 88 acompanhou a Prática Lectiva de professores em profissionalização e co-orientou a cadeira de Metodologia da Física-Química. Orientou acções para prof. do 1.º ciclo do EB e Pré-primário no âmbito de uma iniciação aos processos científicos. Organizou um curso, Energia e Poluição, para prof. do 1.º e 2.º ciclos do EB. Na utilização do computador: orientou sessões e cursos para prof. de Física e Química; apresentou comunicações nas 4.ª e 5.ª Confs. de Física; desenvolveu software para aprendizagem de conceitos de Mecânica.

Participou (1982/83) na formação de um grupo de trabalho, com o objectivo de detectar dificuldades de aprendizagem dos conceitos Energia e Reacção Química.

Fez parte dos corpos gerentes da SPQ 1987/89 e da Comissão organizadora do 1.º Encontro Regional sobre o Ensino da Física.

Projectou e acompanhou a montagem do equipamento dos laboratórios na ESEL.

Desde 1987 tem vindo a desenvolver o projecto Ciência e Tecnologia dos 4 aos 12 anos numa Perspectiva Interdisciplinar. Deste trabalho têm resultado diversas comunicações e produção de materiais.

Licenciada em Eng. Químico-Industrial, em 1971, pela Universidade de Luanda e em Química Educacional, em 1978, pela Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, onde frequenta actualmente o Curso de Mestrado em Metodologia do Ensino das Ciências.

Desde 1980 é professora efectiva do Ensino Secundário, presentemente no quadro da Esc. Sec. D. Dinis, em Lisboa.

Entre 1981 e 1983 foi Delegada à Profissionalização, no âmbito da disciplina de Física-Química, na Esc. Sec. D. Dinis.

Entre 1986 e 1989 foi Docente Orientadora na Escola Superior de Educação de Lisboa, tendo sido co-responsável pela cadeira de Metodologia da Física-Química.

Desde 1985 tem realizado trabalho no âmbito do Desenvolvimento Curricular. Neste domínio, é co-autora do Programa da Área de Ciências do Ambiente do Curso Geral Nocturno S.U.C. e co-organizadora dos respectivos Guias de Aprendizagem.

Desde 1987 tem participado no desenvolvimento do Projecto Ciência e Tecnologia dos 4 aos 12 anos numa Perspectiva Interdisciplinar. No âmbito deste Projecto, é co-autora de diversas comunicações e tem co-orientado acções de formação para professores do 1.º ciclo do ensino básico.

## A aprendizagem da Química na sociedade actual

A crescente cientifização e tecnologização da sociedade leva a admitir que o domínio do pensamento científico e das linguagens da Ciência se tornam tão indispensáveis ao homem comum como o domínio de outros modos de pensamento e de expressão e que a Ciência não ajuda somente os indivíduos a dominar as forças da Natureza e os processos de produção mas que é também um factor importante na formação da sua personalidade. Sendo assim, uma formação científica suficientemente ampla deverá figurar como objectivo prioritário do ensino, para permitir que todos possam tornar-se cidadãos responsáveis.

A Química é sem dúvida uma das Ciências que desempenha um papel importante na organização das sociedades actuais, tanto pelos progressos a que conduziu, como pelos problemas que as suas aplicações fizeram surgir, como ainda pelas soluções que poderá permitir encontrar. Importa, por isso, que todos os cidadãos adquiram uma «cultura» razoável em Química.

## Algumas considerações sobre o ensino/aprendizagem da Química

A Química é uma Ciência altamente conceptualizada, isto é, repousa numa complexa rede de conceitos hierarquizados, cuja organização aumenta à medida que se ligam a um número crescente de conceitos mais específicos.

Segundo Hofacker (1975: 61), a teoria psicológica de Piaget mostrou que o nível das operações lógicas e abstratas necessárias para passar da teoria fundamental para a explicação da fenomenologia química não poderia ser realizada senão na adolescência, quando os alunos já se encontram no estágio das operações formais. Lawson (1987), baseando-se no modelo intelectual de Piaget demonstrou que certos conceitos são compreensíveis para os alunos que estão ainda no estágio das operações concretas do desenvolvimento enquanto que outros conceitos são apenas compreensíveis para os que atingiram o estágio das operações formais.

Fundamentando-se a Química em conceitos abstratos, só alunos com pensamento formal a poderão aprender?

Investigações realizadas sobre o processo de formação dos conceitos (Piaget, Vigotsky, Ausubel, Lawson, Shayer, Novak, entre outros) dizem-nos que um conceito é algo mais que a

<sup>a</sup> Escola Superior de Educação de Lisboa.

<sup>b</sup> Escola Secundária D. Dinis.

soma das ligações associativas formadas pela memória e mais do que um hábito mental; é um complexo e genuíno acto do pensamento que só pode ser realizado quando o próprio desenvolvimento mental da criança tiver atingido o nível necessário. A formação dos conceitos evolui devido à actividade mental da criança e é influenciada quer por condições exteriores quer por variáveis internas ou seja a informação que passa através das barreiras perceptivas é seleccionada tanto pelas limitações do nosso sistema perceptivo, como pelo tipo e qualidade das experiências passadas. Por outro lado, «Vários estudos têm mostrado que a educação pode conduzir a uma melhoria do pensamento formal... a inclusão de experiências concretas - isto é, a possibilidade de tocar, sentir, ver e manipular os materiais que conduzirão ao conceito - parece ser importante. Mas as experiências não são particularmente úteis se o aluno não fizer mais do que tocar, sentir, ver e manipular sem ser forçado a pensar o que faz...» J. D. Herron (1981: 85).

Nesta base, parece poder afirmar-se que as actividades que encorajam os alunos a trocas de ideias abstratas e a pôr em questão os resultados conduzem a atribuir significado aos factos observados e ao desenvolvimento do pensamento formal. A Química poderá, pois, ser aprendida por alunos do nível concreto, desde que se lhes torne a matéria acessível. Por exemplo, na introdução do conceito de ácido, este pode ser identificado como algo que faz virar a vermelho o azul de tornesol. A significação do conceito é facilmente apreendida a partir de observações sensoriais e necessita apenas de competências de classificação.

Assim, uma via possível para a iniciação aos conceitos químicos é fazê-la num sentido restrito e aproximativo, estabelecendo desde o início as relações com a fenomenologia química. Se os conceitos formais não são acessíveis aos alunos não formais, podemos levá-los a adquirir conceitos que possam substituir, temporariamente, os «conceitos exactos» a fim de que possam apreender um certo número de problemas e fazer, mais tarde, a transição entre os conceitos de substituição e os conceitos exactos.

Porque cada conceito (de ordem superior) utilizado em Ciência resulta de progressivas abstracções e ligações com outros conceitos deverão ser evitadas introduções duvidosas (ou falsas) de conceitos a um nível inferior que bloqueiem a progressão para um nível superior. Daí a necessidade de conceber o ensino/aprendizagem da Química de uma forma integrada.

Um outro aspecto que consideramos ser importante é a aprendizagem em cooperação cujas vantagens ressaltam dos trabalhos de Vigotsky (1979). Por exemplo, dando a duas crianças cuja idade mental é de 8 anos, problemas mais difíceis do que os que conseguiriam resolver por si sós dando-lhes uma pequena ajuda, se a uma delas for permitida a resolução em cooperação, esta é capaz de resolver problemas concebidos para uma criança de 12 anos, enquanto que, a outra, só com a pequena ajuda, não consegue ir além de problemas pensados para crianças de 9 anos. Esta discrepância entre a idade mental de uma criança e o nível que atinge quando resolve problemas em cooperação indica a existência de uma «zona de desenvolvimento próximo». Esta «zona» é importante na aprendizagem escolar porque «a criança fará amanhã sozinha aquilo que hoje é capaz de fazer em coope-

ração». Segundo o mesmo autor, ao colocar a criança apenas perante problemas que consegue resolver sozinha, não é utilizada a «zona de desenvolvimento próximo» e não é estimulada a progredir para outro estágio de desenvolvimento. Tendo em conta este trabalho, uma pedagogia adequada deverá manter um avanço em relação ao desenvolvimento do aluno, visando não apenas as funções maduras mas também as funções em via de maturação.

### Que Química para o 1.º ciclo?

«A Química é a Ciência dos diferentes tipos de matéria e das suas transformações ou, dito de outro modo, das propriedades e do comportamento das substâncias... O que é trágico no facto de ensinar um curso <fundado sobre as leis fundamentais da Química> é que os estudantes que não continuam em Química não terão oportunidade de ver uma única aplicação dos princípios a uma Química concreta.» (Gillespie, 1981: 56).

No 1.º ciclo, o estudo de diferentes tipos de materiais, propriedades e transformações que possam sofrer, transformando-se noutros materiais, com outras propriedades e ainda as condições em que estas ocorrem, julgamos ser não só adequado como oportuno e que pode «abrir caminho» para a aquisição de conceitos de ordem superior e consequentemente para o pensamento formal.

Inserido num projecto de âmbito interdisciplinar - *Ciência e Tecnologia dos 4 aos 12* - foi desenvolvido um conjunto de actividades de iniciação à Química, com alunos do 1.º ciclo numa escola de Lisboa. Neste projecto, Ciência e Tecnologia são concebidas como um todo com vista: à compreensão de conceitos ligados aos materiais, à energia, à estrutura, ao controlo, à segurança; ao desenvolvimento de capacidades, nomeadamente, observação, recolha e interpretação de dados, classificação, manipulação de materiais, concepção e realização de experiências e comunicação; ao desenvolvimento de atitudes de rigor, de curiosidade e interesse face ao meio que a rodeia e de corresponsabilização pela sua conservação.

Nas actividades realizadas foi dada relevância à comunicação. Esta assumiu diversas formas (texto escrito, discurso oral, desenhos, maquetes, esquemas, gráficos), de modo a contribuir para o desenvolvimento do pensamento abstracto. Descrevem-se algumas das actividades desenvolvidas no âmbito de uma iniciação à Química, numa perspectiva de integração com outras áreas do conhecimento e de acordo com o programa inicial.

### Descrição de actividade de iniciação à Química

#### *Propriedades dos materiais (leite e iogurte)*

#### *Conceito de reacção química: factores que a influenciam*

Uma primeira aproximação ao conceito de reacção química, e dos factores de que depende foi realizada através do fabrico de iogurte e de queijo por crianças de uma classe do 1.º ano após uma visita a uma quinta (Paiã). Da discussão acerca dos animais observados ressaltaram os produtos que estes fornecem. Foram identificadas algumas propriedades dos produ-

tos referidos, em particular as do leite e seus derivados. Surgiu a questão de como se fabrica iogurte e queijo. A professora propôs que fosse feito queijo e iogurte na cozinha da escola.

Para a obtenção do iogurte ferveram 1l de leite e deixaram-no arrefecer até próximo da temperatura do corpo humano (36,5º). Controlaram a temperatura deitando um pingo de leite nas costas das mãos - discutiram quando é que o leite estaria à mesma temperatura que a mão (não utilizaram o termómetro por não estarem familiarizados com números com dois algarismos). Para manter a temperatura do líquido utilizaram uma garrafa térmica e discutiram quando e porquê se utiliza esta. Misturaram 1 iogurte com o leite, deixando a mistura em repouso, tapada, durante aproximadamente 5 h. Na obtenção do queijo, também ferveram e arrefeceram o leite após o que deitaram o «coalho». Aqueceram e agitaram a mistura até ficar espessa, deixaram-na arrefecer novamente. Observaram o leite «coalhado» e fizeram o queijo. Enquanto tal, a professora discutiu com as crianças o aspecto e composição do leite, que parte do leite coagulou, que o líquido obtido também não é leite. As crianças concluíram que o leite se transformou em produtos com propriedades muito diferentes, devido à presença do «coalho» ou do iogurte e, à elevação da temperatura. Após estas actividades foram comparadas as características observadas do leite com as dos produtos dele obtidos bem como os procedimentos.

*Reacções químicas associadas à variação de cor*

O estudo da *humidade atmosférica* como elemento do clima, do programa do 2.º ano, permite uma iniciação às reacções químicas, percebidas através da variação da cor das substâncias em presença. A actividade desenvolvida baseou-se na observação e registo da cor de um galo higrométrico, correspondente à combinação do cloreto de cobalto, impregnado no galo, com água atmosférica e em função da percentagem desta no ar. Foram feitos registos diários da cor do galo e do grau da humidade atmosférica correspondente, de acordo com uma escala existente na base do próprio galo. Foram elaborados gráficos de pontos para os registos diários e gráficos de barras para a frequência dos vários graus de humidade em cada mês. Ao traçado destes gráficos seguiu-se a sua leitura e interpreta-

ção. Fez-se a análise comparativa entre gráficos de dois ou mais meses (qual o mês mais húmido?, qual o mês menos húmido?). Os primeiros pontos e as primeiras barras foram marcados e desenhadas, com o auxílio da professora, em papel quadriculado afixado na parede. Exemplifica-se com o trabalho realizado para o mês de Março.

Para que os alunos tivessem uma melhor percepção do tipo de transformação que ocorria no corpo do galo, ao mudar de cor, observaram a transformação do sulfato de cobre anidro em sulfato de cobre hidratado e deste em anidro.

*Propriedades dos materiais: materiais inflamáveis e corrosivos*

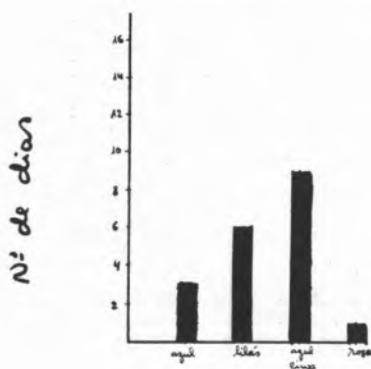
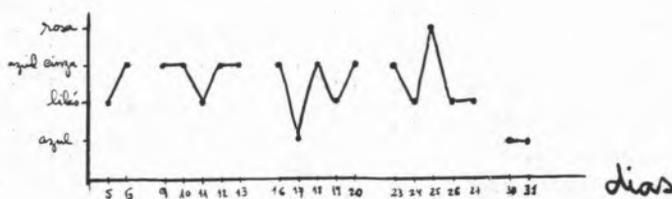
No âmbito da rubrica *Segurança* do programa do 2.º ano o estudo das regras de segurança relativamente ao uso de

Registo da humidade do ar  
Mês de Março/87 às 9h e 15m

Dias	5	6	9	10	11	12	13	16	17	18	19	20	23	24	25	26	27	30	31
Azul									X									X	X
Azul esma		X	X	X		X	X	X		X		X	X						
Lilás	X				X						X			X		X	X		
Rosa															X				

Código  
(de acordo com a escala do galo)

- Azul - muito seco
- Azul esma - seco
- Lilás - húmido
- Rosa - muito húmido



materiais inflamáveis e corrosivos foi perspectivado com vista a uma iniciação à Química. Nesse sentido os alunos observaram a queima de diversos materiais (tecidos, papel, madeira, petróleo, álcool, água, ferro) e fizeram a descrição comparativa das observações efectuadas: o que arde?, o que não arde?, como arde?... Com base nas observações foi elaborado um relatório colectivo sobre a queima dos materiais e discutidos cuidados a ter na utilização de materiais inflamáveis. Foi dada informação sobre normas de segurança e combate aos incêndios.

Os ácidos e sua acção sobre materiais foram introduzidos através de demonstrações feitas pelo professor: acção do ácido clorídrico, do vinagre e do limão sobre tecidos, papel, ferro (pregos) e amostras de rochas. Seguiu-se discussão com base nas observações efectuadas. Foram dadas informações sobre cuidados a ter no manuseamento de ácidos e sobre a identificação de símbolos que alertam para o perigo da sua manipulação.

Um outro grupo de alunos foi iniciado à acção de ácidos sobre materiais a partir da sua intervenção directa. Os alunos depois de terem recolhido amostras de rochas, fizeram a observação e registo das suas características (cor, brilho, dureza) e da acção do limão e do vinagre sobre as amostras disponíveis (calcário, mármore, arenitos, basalto e granito), com o apoio de uma ficha de trabalho.

#### Soluções aquosas

Relacionado com as rubricas do programa «alimentação» e «higiene e saúde», alunos do 2.º ano pesquisaram entre vários materiais (açúcar, sal, arroz, farinha, detergentes, sabões): o que é que a água dissolve?, o que é que a água não dissolve?, o que é que faz espuma quando misturado com a água?... Fizeram ensaios e apresentaram oralmente as suas conclusões. Jogaram: quem detecta melhor com os olhos fechados, se um alimento é doce, salgado, azedo, líquido ou sólido?

Relativamente aos sabões e detergentes, para além da observação da dissolução com formação de espuma, foi ainda abordada a sua acção sobre as gorduras: os alunos fizeram a observação de gotas de gordura em água com e sem detergente.

#### O conceito de energia e poluição

O conceito de energia foi abordado pelas crianças de uma classe em diversas rubricas do programa, do 2.º ao 4.º ano de escolaridade.

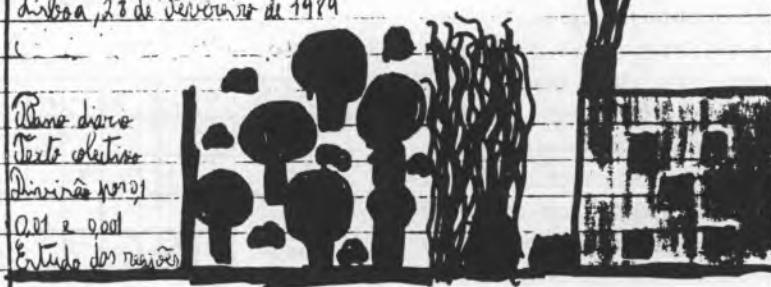
O primeiro contacto com o conceito

surgiu no estudo dos elementos do clima (Ramos e Ribeiro: 1990), no 2.º ano. Uma abordagem mais explícita ocorreu no contexto do estudo da alimentação humana (iniciada no 2.º ano e continuada no 3.º ano). As crianças discutiram de onde provinha a energia de que necessitam para viver. Os alimentos surgem como uma fonte de energia. Essa energia só pode ser obtida após diversas transformações. Ao longo do tubo digestivo são transformados em substâncias mais simples, assimiláveis pelo sangue. Transportadas a todo o corpo são novamente transformadas, libertando o calor e a energia de que o corpo necessita mas, originando também substâncias que é preciso eliminar.

A necessidade que, na nossa sociedade, o homem tem de obter energia para as suas actividades, recorrendo em grande parte aos combustíveis fósseis, foi um outro contexto em que a energia foi abordada (o estudo foi iniciado no 3.º ano e aprofundado no 4.º ano). Da queima dos combustíveis fósseis e seus derivados além da energia o homem obtém também

Lições, 23 de Fevereiro de 1989

Aluno: Diana  
Título colectivo  
Dissinção por 21  
Q.01 e Q.02  
Estudo dos rios



A Aldeia das Flores.

Os munícipes pediram a Sr. Jeronima e pediram-lhe para falar com o Professor Miranda sobre o assunto.

No dia seguinte chegaram à Escola a Clara disse:

— Sr. Professor, o que é que podemos fazer para salvar a nossa aldeia, o nosso rio, as nossas fontes e o nosso ar?

O professor era muito estudioso e sabia muitas coisas sobre como tratar os resíduos das fabricas para não poluírem o rio e a atmosfera. Prometeu aos meninos escrever um livro sobre esse assunto, para todo o país saber o que se estava a passar na A. Aldeia das Flores de então.

Durante um tempo a luz da casa do professor estava acesa ainda até mais tarde. Por fim o livro ficou pronto, nem faltava a história da tuta finaia. Depois de publicado aparecer por toda a parte. Foi um sucesso.

A partir daí o dono da fabrica teve de comprar maquinas novas para tratar os resíduos. Em pouco tempo o rio voltou ao normal. Toda a aldeia andava feliz.

Num domingo em que todos estavam no largo, o Sr. Jeronimo tirou os olhos, olhou para o céu e disse:

— Le estiverem de acordo, a nossa aldeia volta-se a chamar-se

“A Aldeia das Flores”

outros produtos que são prejudiciais para a sua saúde e para o ambiente, constituindo assim fonte de poluição. Por outro lado, o homem também utiliza essa energia para pôr a funcionar fábricas. Estas transformam as matérias primas noutros produtos em que o homem está interessado mas também libertam para o ambiente produtos tóxicos aumentando a poluição. Relativamente ao tema energia e poluição os alunos fizeram pesquisa bibliográfica e escreveram diversos textos. Julgamos que é elucidativo o texto escrito para final de uma história que uma das crianças levou para a sala. A história conta como se transformou uma aldeia cheia de luz e flores devido à poluição produzida por uma fábrica nela instalada. Da discussão em classe surgiu a proposta de um final diferente para a história a qual se apresenta a seguir. Ao escreverem este final para a história, estas crianças, revelaram uma perspectiva interessante quanto ao papel do «saber» na resolução dos problemas da sociedade e consciência cívica, não tendo ido para a situação mais simplista de fechar a fábrica. Esta discussão ocorreu no início do 4.º ano e veio em continuidade do trabalho desenvolvido no 3.º ano tendo sido o ponto de partida para um projecto sobre energias renováveis. \*

### Reflexos na aprendizagem dos alunos

A observação das demonstrações experimentais e a realização das experiências despertou interesse e entusiasmo nos alunos e possibilitou, em situações muito concretas, o desenvolvimento da oralidade e a iniciação da escrita de textos, sobre as experiências demonstradas pelo professor ou realizadas pelos alunos. Nos textos por eles elaborados detectou-se um ganho na facilidade de construção de frases e um enriquecimento no vocabulário nomeadamente associado à diversidade dos materiais, suas características e tipos de interacção entre eles.

Nos alunos que participaram neste projecto ao longo de três anos sucessivos (2.º, 3.º e 4.º anos) detectou-se uma evolução na elaboração dos relatórios, uma facilidade maior no traçado, na leitura e na interpretação de gráficos, tendo a sua aprendizagem mostrado não ser inferior à de alunos do 6.º e 7.º anos (Ramos e Ribeiro: 1990); no final do 4.º ano de escolaridade, a maioria destes alunos mostrava ser capaz de fazer estas actividades individualmente. A capacidade de observação e espírito crítico atingiu níveis elevados que, segundo a professora que os acompanhou estão intimamente relacionados com o tipo de actividade experimental que foi utilizado.

O acompanhamento deste projecto mostrou que as crianças aderem natural e espontaneamente ao tipo de actividades que foram implementadas e mostram-se motivadas para aprender, fazendo muitas vezes propostas ao professor; este tipo de

actividades mostraram poder constituir um primeiro passo para uma aquisição alicerçada de conceitos científicos com que as crianças não-de lidar mais tarde e (principalmente), se devidamente exploradas, um meio para o atingir do pensamento formal em diversos domínios. Parafraseando Lawson (1987: 5) «Se a escola não é responsável pela melhoria dos padrões de raciocínio avançado, quem será então?»

### Conclusões

A introdução de actividades de iniciação à Química no 1.º ciclo do ensino básico é possível desde muito cedo. As actividades acima descritas, integradas num âmbito mais vasto de iniciação à Ciência e Tecnologia, mostraram ser vantajosas para o desenvolvimento dos alunos não só ao nível da Ciência e Tecnologia como também ao nível da língua, das representações e da psicomotricidade, não tendo impedido o cumprimento do programa, segundo a opinião dos professores. Os conceitos e procedimentos abordados através dessas actividades fazem também parte dos programas de Ciências da Natureza e de Química do 2.º e do 3.º ciclos do ensino básico, embora com um grau de complexidade diferente. Parecem-nos, por isso, constituir uma base de conhecimento e de aptidões que, para além do valor que por si só tem, pode ser facilitadora da aprendizagem esperada com esses programas.

### Bibliografia

- Ausubel, D., Novak, J. D. e Hanesian, H., 1978, *Educational Psychology: a cognitive view*. New York: Holt, Rinehart e Winston.
- Conseil de l'Europe, 1988, «*Innovation dans l'Enseignement Primaire*», Project n.º 8. Strasburg.
- Fensham, O., 1981, «*Contenu social des cours de chimie*», in *Tendances nouvelles de l'enseignement de la chimie*, vol. V. Paris: Les Presses de l'Unesco.
- Gillespie, R. J., 1981, «*La chimie-des faits ou des idées?*», in *Tendances nouvelles de l'enseignement de la chimie*, vol. V. Paris: Les Presses de l'Unesco.
- Herron, J. D., 1981, «*Piaget pour les chimistes où on explique ce que les <bons> étudiants ne peuvent pas comprendre*», in *Tendances nouvelles de l'enseignement de la chimie*, vol. V. Paris: Les Presses de l'Unesco.
- Hofacker, U., 1975, «*Objectifs précise et actuels de l'enseignement de la chimie*», in *Tendances nouvelles de l'enseignement de la chimie*, vol. IV. Paris: Les Presses de l'Unesco.
- Lawson, A. E., 1987, «*Research on Advanced Reasoning, Concept Acquisition and a Theory of Science Instruction*», comunicação apresentada ao Adolescent Development and School Science International Seminar, Kings' College, England.
- Novak, J., (sem data), *Uma Teoria de Educação*. São Paulo: Livraria Pioneira Ed.
- Piaget, J., 1970, *A Construção do Real na Criança*. Rio de Janeiro: Zahar Editores.
- Piaget, J., 1972, *Seis Estudos de Psicologia*. Rio de Janeiro: Comp. Ed. Forense.
- Piaget, J., 1987, *Psicogénese e História das Ciências*. Lisboa: Dom Quixote.
- Ramos, M. M. e Ribeiro, M. L., 1990, «*Da Oportunidade de ensinar Física na Escola Primária*», in *O Professor*, n.º 6 (3.ª série), 4-15. Lisboa.
- Shayer, M., 1987, «*Neo-Piagetian Theories and Educational Practice*», in *International Journal of Psychology*, 22, 751-772. North-Holland.
- Vigotsky, L. S., 1979, *Pensamento e Linguagem*. Lisboa: Edições Antídoto.

\* Comunicação apresentada na 7.ª Conferência Nacional de Física (1990), por Ramos, M. M., Ribeiro, M. L. e Sequeira, M. J., com o título «Física no 1.º ciclo. O estudo da energia no 4.º ano de escolaridade».



# O Projecto IUPAC/UNESCO de Desenvolvimento Curricular

– uma experiência de cooperação internacional  
no desenvolvimento de materiais didácticos

Maria Elisa Maia Pestana <sup>a</sup>



Maria Elisa Pestana

*É Professora Auxiliar da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa.*

*Licenciada pela Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, doutorou-se em East Anglia, Reino Unido.*

*É a representante nacional no CTC-IUPAC.*

*Tem trabalho de investigação nas áreas de Resolução de Problemas e de Concepções Alternativas e tem trabalhado em desenvolvimento curricular a nível nacional e internacional, colaborando no Projecto UNESCO/IUPAC de Desenvolvimento Curricular.*

Nos últimos tempos e um pouco por todo o mundo, o ensino da ciência tem sido alvo de muitas críticas. A generalização do ensino secundário a largas camadas da população obriga a repensar o tipo de ensino de ciência que tem sido levado a cabo. É preciso não esquecer que a maioria dos estudantes não vai prosseguir estudos universitários a fim de obter uma formação científica especializada. Isto levou já alguns países a estudar e eventualmente a implementar novas reformas curriculares em que são apresentadas abordagens inovadoras no que se refere a conteúdos e estratégias, mas a situação actual não é de modo algum satisfatória na maioria dos países.

Num mundo em rápida evolução tecnológica há necessidade de contar com uma população constituída por cidadãos responsáveis com um mínimo de «alfabetização científica», ou seja, com um conjunto de conhecimentos que lhes permita interpretar o mundo circundante e tomar parte activa nas decisões que dizem respeito à comunidade a que pertencem. A actual mobilidade das pessoas e, em geral, a facilidade de comunicações entre os diferentes pontos do globo faz ressaltar a existência de um certo número de problemas globais, que dizem respeito a todos nós como cidadãos do Planeta Terra. A possível resolução destes problemas passa por um grande esforço de investigação por parte da comunidade científica e tecnológica e implica que determinadas decisões tenham que ser tomadas, quer a nível local, quer mesmo a nível mundial. Estas decisões têm que ser apoiadas – e em muitos casos mesmo provocadas – pelos cidadãos.

É este um dos aspectos em que a educação em ciências se revela fundamental. Considerando que muitos dos problemas globais que afligem o nosso mundo têm componentes químicos, é necessário que exista um público bem informado nesta matéria, a fim de poder fazer um julgamento de valor relativamente a soluções possíveis, respeitantes ao bem-estar comum.

Um dos grandes problemas da actualidade diz respeito à degradação continuada e generalizada do meio ambiente. Cabe aí uma responsabilidade particular à química, tanto no que diz respeito aos danos causados pela utilização de tecnologias poluentes, como pela possibilidade de contribuir para o desenvolvimento de tecnologias «limpas» e para a resolução de problemas de poluição já existentes.

Em estrita interligação está o problema do aumento global do consumo de energia, sendo de referir que o desenvolvimento de um país está, em geral, relacionado com este consumo.

<sup>a</sup> Departamento de Química, Faculdade de Ciências de Lisboa.

Como, porém, uma parte muito significativa desta energia é obtida a partir da queima de combustíveis, para além do aspecto relativo ao esgotamento de reservas, existe ainda o impacto ambiental produzido pelos diferentes produtos de combustão que podem, por exemplo, causar chuvas ácidas e efeito de estufa. A produção de energia tem, pois, custos sociais/económicos/ambientais que é necessário pesar.

Apesar da divulgação que tem sido feita pelos *media* dos crescentes problemas ambientais e da ameaça que eles constituem para o nosso planeta e inclusive para a sobrevivência da raça humana, na grande maioria dos países não tem havido uma alteração significativa da política energética e ambiental. Notícias de poluição de rios e do mar, ou de destruição de florestas, ou de acontecimentos dramáticos como Chernobyl ou Bophal ou ainda sobre as possíveis consequências do efeito estufa ou do «buraco» na camada de ozono caem rapidamente no esquecimento, não levando os governos a acções concretas, em particular no sentido de implementação de uma verdadeira educação ambiental.

Esta situação tem preocupado a UNESCO que, em 1989, convidou a prof. Marjorie Gardner, então Directora do Lawrence Hall of Science da Universidade da Califórnia em Berkeley, a organizar um simpósio/«workshop» sobre «Integração de tópicos sobre energia e ambiente no ensino da química» [1]. Participaram nesta reunião, também subsidiada pelo Comité do Ensino da Química da IUPAC (CTC-IUPAC), representantes de mais de 30 países. Estiveram ainda presentes os presidentes dos Comités de Ensino da IUPAC, e das organizações similares – UIPAP (Física), IGU (Geografia) e IUBS (Biologia) – bem como representantes da UNESCO, do Banco Mundial e da American Chemical Society.

Na parte inicial do simpósio, os diferentes participantes relataram a situação dos respectivos países em relação a políticas de energia e ambiente, em particular no que respeita ao ensino da química/ciências. Ficou aí bem patente a quase total inexistência de currículos formais de educação ambiental a nível secundário (e também primário). Em muitos países, no entanto, há professores, em particular na área das ciências, que, conscientes da importância de tal tipo de educação conseguem introduzir no seu ensino uma componente ambiental. Fazem-no quer através de trabalhos de projecto, quer, por exemplo, em clubes de ciência, quer também pela exploração, em sala de aula, de exemplos pertinentes relativos a questões ambientais. Queixam-se, porém, frequentemente de falta de materiais didácticos que possam utilizar nesse sentido.

O programa da reunião incluiu também diversas conferências sobre tópicos relacionados com energia e/ou ambiente apresentadas por eminentes cientistas entre os quais se devem destacar os prémios Nobel Glenn T. Seaborg e Y.T. Lee. No entanto, a parte mais importante do programa, foi o desenvolvimento experimental de materiais didácticos no contexto de uma reunião internacional. Esta «experiência» de cooperação internacional teve como objectivo produzir uma versão experimental esquemática de uma unidade didáctica sobre energia e ambiente que pudesse ser usada em escolas secundárias em qualquer parte do mundo [2]. As limitações de tempo (cerca de 11 horas de trabalho em sessões de discussão conjunta ou em pequenos grupos de trabalho) levaram os participantes a ser pragmáticos, não se envolven-

do em prolongadas discussões estéreis, tendo, logo de início, sido definidos critérios e focado um tema, com vista à realização prática da unidade. A selecção do tópico baseou-se nos seguintes critérios:

- focado sobre energia e ambiente na sua relação com o ensino da química;
- de âmbito internacional, mas com consequências locais/regionais;
- apropriado para alunos do ensino secundário;
- de natureza contemporânea;

devendo a unidade desenvolver-se de forma a:

- conduzir a uma variedade de estratégias de ensino, com particular incidência em actividades dos alunos;
- poder ser aprofundada e tratada a vários níveis;
- utilizar materiais e equipamentos seguros, de baixo custo e de fácil obtenção;
- inculcar nos alunos sentimentos de optimismo, esperança e controlo;
- poder ser desenvolvida em 10-12 horas lectivas.

O tema escolhido, que incorporava preferências de todos os grupos foi «A queima de combustíveis – como pode a química ajudar-nos a minimizar os desperdícios em materiais e energia?».

Nas várias sessões de trabalho a unidade (esquemática) foi delineada e desenvolvida, tendo havido acordo em que deveria incluir como componentes: importância do tema e sua articulação, conceitos relevantes, possíveis soluções de carácter químico, decisões de âmbito social, pré-requisitos, mapa conceptual, aspectos pedagógicos, actividades dos alunos (laborais e outras) e finalmente relações tecnologia/sociedade, aplicações e ilustrações e ligações a outras áreas. Foi dado um relevo particular à apresentação de sugestões sobre actividades dos alunos (com destaque para o trabalho de laboratório) e à organização de planificações alternativas para o ensino da unidade em que se exploram consequências da queima de combustíveis, tanto do ponto de vista energético como ambiental, e se discutem soluções [3].

A unidade foi propositadamente deixada incompleta de modo a poder conduzir a um desenvolvimento posterior em cada país, adaptando-se às condições sócio-culturais locais. Os participantes foram no final convidados a levar para os respectivos países a unidade produzida para aí, em colaboração com professores locais, ser (eventualmente) traduzida, adaptada e testada em escolas secundárias.

Esta experiência de desenvolvimento curricular foi coordenada pelos profs. Henry Heikkinen (Universidade de Northern Colorado, USA) e Lee Summerlin (Universidade do Alabama em Birmingham, USA).

Foi interessante verificar a facilidade com que os participantes de mais de 30 países dos cinco continentes puderam comunicar e trabalhar num contexto comum de educação em química, e que as suas preocupações em relação ao ensino apresentavam tanta concordância.

Os resultados da aplicação e avaliação da unidade nos diferentes países, durante o ano lectivo seguinte (ou em curso, conforme os países), foram enviados para a prof.

Marjorie Gardner, que apresentou a sua análise no Simpósio Internacional Sobre Energia, Ambiente e Ensino da Química que se realizou em Setembro de 1990 na Universidade de Moscovo [4, 5]. Nessa data a unidade tinha sido testada em 15 países, tendo sido traduzida total ou parcialmente em 11 línguas, tendo outros países referido dificuldades de implementação devido a factores de tempo ou de rigidez de programas oficiais. Apesar de inicialmente desenhada para utilização na parte terminal do ensino secundário, houve variantes na sua aplicação que foi feita também no final do ensino primário, no início do secundário ou ainda no primeiro ano da universidade. O tempo médio despendido foi também variável, pois alguns países revelaram dificuldades de utilização de uma unidade tão longa em currículos muito rígidos.

Quanto à distribuição do tempo lectivo foi, em média, de 42% para exposição/discussão, 23% para trabalho laboratorial (difícil de implementar em alguns países) e 35% para outras actividades dos estudantes entre os quais se podem mencionar: pesquisa bibliográfica, resolução de problemas, representação de papéis, visitas de estudo, entrevistas, visualização de filmes/vídeos, projectos artísticos, exposições, etc. Foi também referido que, em média, 53% do tempo foi gasto no ensino do conteúdo da química, 11% no de técnicas laboratoriais, 18% no de atitudes e valores e 18% no de aplicações sociais. Em vários relatórios foi realçada a necessidade de uma formação adequada de professores a fim de equilibrar estas 4 componentes.

Numa apreciação global a unidade foi considerada um sucesso em todos os países em que foi realmente experimentada. Foi referida como positiva, em muitos casos excelente, não tendo havido uma única cotação negativa. Houve ainda várias indicações de interesse em aplicação e desenvolvimento posterior. Foi ressaltado o entusiasmo dos alunos e o aumento da sua consciencialização em relação a problemas ambientais, mas também das possibilidades de a química poder ajudar a resolver esses problemas. Os professores referiram a importância do encorajamento para o desenvolvimento de novos métodos instrucionais e de novas tecnologias.

A maior dificuldade relatada foi a de tempo, tendo sido considerada irrealista a possibilidade de utilização da unidade completa em 10-12 horas lectivas, havendo, no entanto, a possibilidade de utilização parcial. Uma dificuldade adicional foi, para vários professores e alunos, a de encontrarem dados actuais fidedignos a nível local/nacional ou mesmo internacional.

O comentário final dos relatórios foi o de que a reunião de Berkeley tinha sido importante e produtiva e que este trabalho deveria ser continuado. O falecimento da prof. Marjorie Gardner, que constitui uma enorme perda para a comunidade científica, em particular para todos os que se dedicam à

Educação em Química, atrasou a revisão final da unidade que, no entanto, deverá ser publicada em breve pelo CTC-IUPAC.

Foi também decidido pelo CTC que o esforço da prof. Marjorie Gardner, verdadeira impulsionadora desta ideia de cooperação internacional para produção de materiais didácticos, deveria ser continuado, aproveitando-se a realização de conferências internacionais tais como a ICEE (International Conference on Chemical Education, da IUPAC) para promover reuniões de trabalho, na linha da realizada em Berkeley, mas eventualmente de menor duração.

Assim foi planeada para o 11.º ICEE, em Agosto de 1991, uma destas reuniões de trabalho logo no início da Conferência e com uma duração de 4,5 horas. Estiveram presentes cerca de 40 participantes de 20 países e dela resultou um esquema para uma unidade didáctica, nas mesmas linhas da desenvolvida em Berkeley. O tema escolhido, de acordo com os mesmos critérios foi «Qualidade da água e actividade humana – a química pode encontrar soluções». O esquema obedece à mesma articulação e desenvolve-se de modo análogo, havendo do mesmo tipo de preocupações ambientais. Esta unidade esquemática, entregue a todos os participantes (e outros professores que revelaram interesse por ela) será (eventualmente) traduzida e depois aplicada e avaliada em diferentes países. Espera-se que os resultados possam contribuir para se obter uma versão final que, no entanto, manterá o seu carácter esquemático que lhe dá uma grande flexibilidade possibilitando a adopção às diferentes condições locais.

#### Referências

- [1] Actas da conferência UNESCO International Workshop/Symposium on Energy and Environment as Related to Chemistry Teaching, University of Califórnia, Berkeley, 1990.
- [2] H. Heikkinen e L. Summerlin, An Experiment In International Curriculum Development. Apresentado no International Symposium on Energy, Environment and Chemistry Teaching, Universidade de Moscovo, 1990 (a publicar).
- [3] Burning Fuels – how can chemistry help us minimize wastes in energy and environment? Actas da Conferência, Berkeley 1990.
- [4] M. Gardner. Analysis of the Last Conference in Berkeley and Basic Approaches to the Problem in Moscow. Apresentado no International Symposium on Energy, Environment and Chemistry Teaching, Universidade de Moscovo, 1990 (a publicar).
- [5] K.M. Shea, Burning Fuels – how can chemistry help us minimize wastes in energy and environment? – Feed back analysis. Educational Division, American Chemical Society, 1990.

NOTA – A unidade «Burning Fuels ...» traduzida em português, foi aplicada em Portugal, na Escola Secundária Madeira Torres, em Torres Vedras, sob supervisão da Dr.ª Manuela Malhoa Gomes, por Amália Magalhães a quem se agradece a colaboração e entusiasmo neste trabalho.

Agradece-se à Fundação Luso-Americana para o Desenvolvimento os subsídios para as deslocações a Berkeley e ao Colorado, que permitiram o desenvolvimento deste projecto.



# A Química na Reforma Curricular dos Ensinos Básico e Secundário

Maria Clara F. Magalhães <sup>a</sup>



Maria Clara Magalhães

*Licenciou-se em Química pela Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa em 1978.*

*Doutorou-se em Química, especialidade Química Inorgânica, na Universidade de Aveiro em 1989.*

*Realizou um pós-doutoramento em Química Bioinorgânica no Departamento de Química da Universidade de Basileia, Suíça (1989-1990).*

*Foi Professora Provisória do 4.º grupo A na Escola Industrial e Comercial Alfredo da Silva, Barreiro (1972-1976), e na Escola Técnica de Anselmo de Andrade, Almada (1976-1977) onde realizou o estágio pedagógico.*

*Foi Professora Agregada do 4.º grupo A na Escola Industrial Machado de Castro, Lisboa (1977-1979).*

*Na Universidade de Aveiro foi Assistente Estagiária (1979-1981) e Assistente (1981-1989) sendo Professora Auxiliar desde 1989.*

*É responsável pelo projecto de investigação sobre «Síntese e caracterização estrutural e termodinâmica de soluções sólidas».*

*É coordenadora da Prática Pedagógica das Licenciaturas em Ensino.*

A elaboração de um programa não é um trabalho nada fácil, mas torna-se ainda mais difícil aos níveis introdutórios – ensinos básico e secundário. Comentar uma proposta de ensino é uma tarefa bastante mais simplificada!

Qualquer programa de ensino envolve uma metodologia. E qualquer método tenderá para ser um processo em evolução contínua, e deve querer-se sujeito a uma crítica no sentido do seu aperfeiçoamento. É nesta perspectiva que apresento uma reflexão sobre os programas de química propostos para a reforma curricular iniciada em 1990. Esta reflexão divide-se em duas partes: uma apreciação global, e comentários sobre questões específicas dos conteúdos. Não se pretende um estudo exaustivo mas somente uma abordagem das matérias que mais interrogações levantaram no modo como estão expostas.

## Apreciação global

Para que um projecto se apresente como um todo coerente é necessário haver um corpo estruturado de conceitos que rejam a globalidade do processo de ensino-aprendizagem. Na disciplina de Física e Química estes encontram-se explicitados em 1 – *Introdução*, 2 – *Finalidades Formativas* e 3 – *Objectivos Gerais da Disciplina*, da Proposta do Programa de Físico-Químicas para o 3.º Ciclo do Ensino Básico (8.º e 9.º anos) sendo extensivos também ao Ensino Secundário. Se alguns dos objectivos são específicos da disciplina de Física e Química, outros há que devem fundamentar qualquer percurso de ensino-aprendizagem, não cabendo a sua apreciação no âmbito desta análise.

De uma maneira geral os conteúdos programáticos agora apresentados, para a componente de Química, não diferem muito dos programas actualmente em vigor. A grande mudança reside na metodologia proposta para o estudo das diversas Unidades de Ensino:

- abordagem numa perspectiva essencialmente experimental;
- articulação do ensino da Física e da Química entre si e com outros domínios do saber;
- conexão entre a Química e o desenvolvimento científico, tecnológico e social.

Estes aspectos inovadores irão exigir grandes alterações tanto ao nível das disponibilidades físicas e materiais da escola como das mentalidades, para não falar da própria formação de professores.

<sup>a</sup> Departamento de Química, Universidade de Aveiro – 3800 Aveiro.

Algumas das aulas deverão ser leccionadas no laboratório, que necessitará estar minimamente equipado e contar com a colaboração *indispensável* de um técnico auxiliar experiente. Tendo em consideração a realidade portuguesa, em que muitas escolas não possuem espaços físicos disponíveis para funcionarem como laboratórios a tempo inteiro, e não existe o técnico auxiliar considerado indispensável, como se poderá introduzir a nova metodologia de ensino da Química? Trocar o laboratório por toda uma gama de recursos educacionais não torna esta disciplina mais atractiva, retira-lhe o que ela poderá ter de cativante – a experimentação. Transparências, diapositivos, filmes, microcomputadores, etc. são meios auxiliares de ensino e não substitutos do laboratório. A realização de pequenas experiências pelos alunos permite-lhes tomarem contacto com uma das vertentes de uma ciência teórico-experimental.

Uma análise breve das propostas divulgadas dos programas de Física dos 8.º ao 11.º anos mostra uma falta considerável de ligação entre os programas de Física e Química que constituem a mesma disciplina. É desejável que a reformulação exigida presentemente para os programas de Física possa diminuir esta divergência. Como se pretenderá efectuar a ligação da Química com outras áreas do saber, como as ciências da terra e da vida, tradicional e academicamente desligadas da Química? Como ligar a Química ao desenvolvimento social, avanços tecnológicos e problemas ambientais?

Uma parte interessante desta disciplina dependerá também de uma boa escolha de aplicações científicas e tecnológicas modernas. Nestes aspectos reside um grande desafio aos autores dos futuros manuais escolares, já que na ausência de programas adequados de formação contínua de professores, estes ficam «dependentes» da bibliografia publicada.

O ensino da Química de acordo com os novos programas exige dos professores um leque alargado de conhecimentos. Requer também da parte dos alunos a consulta de fontes variadas de informação (enciclopédias, jornais, livros, revista, etc.) que devem ser seleccionadas de acordo com a sua qualidade científico-pedagógica. As bibliotecas (escolares e municipais) estão, regra geral, deficientemente apetrechadas com livros técnicos e de divulgação científica. O professor anónimo de Física e Química ou não tem conhecimento ou tem um conhecimento deficiente da bibliografia mais especializada. Assim, parece-me uma lacuna grave a ausência de referências bibliográficas. Onde irão os professores procurar os necessários complementos de formação?

### Análise de conteúdo

Um estudo pormenorizado dos programas propostos para aplicação em regime experimental evidenciou diversas inconsistências linguísticas que podem induzir ambiguidades no desenvolvimento de Unidades Didácticas e explicação de conceitos. A utilização menos correcta da linguagem identifica-se quer ao nível da estrutura quer do conteúdo. Neste contexto considero essencial alguns comentários sobre grandezas físicas e unidades, e critérios para interpretar e prever a extensão das reacções. Além deste temas apresentam-se alguns exemplos pontuais que pretendem demonstrar a necessidade de um exame crítico dos novos programas.

A substituição em todos os programas da palavra «quantidade» por «porção» na grandeza quantidade de substância não me parece a mais conveniente. Os significados vulgares [1] de porção e quantidade \* tornam esta última palavra mais adequada para exprimir uma grandeza física. De acordo com as últimas recomendações da IUPAC [2] a palavra «substância» pode ser substituída pelo nome da respectiva substância. Por exemplo, em vez de «quantidade de substância de oxigénio» pode dizer-se «quantidade de oxigénio». No entanto, ao nível introdutório, creio que esta simplificação poderá trazer dificuldades aos alunos. Note-se ainda que, no caso do oxigénio e de outros equivalentes, é necessário tornar claro se se está a mencionar o elemento ou a substância elementar.

Também não se compreende que a constante de Avogadro seja designada no 9.º ano como «número de Avogadro» e que ao nível do 12.º ano se chame correctamente constante de Avogadro. Trata-se de uma grandeza física com dimensões de inverso de quantidade de substância ( $\text{mole}^{-1}$ ) e não de um número puro [2-4].

Denominar a Unidade 5, do programa de Ciências Físico-Químicas do 10.º ano, de *Quantidade em Química* não me parece muito correcto. Nesta Unidade de Ensino estudam-se as grandezas físicas – quantidade de substâncias, massa molar, volume molar e concentração. Será que denominar *Quantidade em Química* uma Unidade de Ensino onde se referem outras grandezas físicas e métodos de determinação analítica, não causará grande perturbação no ensino de uma grandeza física que devido à sua novidade ainda não entrou no quotidiano de muitos professores? Porque não denominá-la, por exemplo «Grandezas e Unidades em Química. Cálculos estequiométricos»? Nas últimas recomendações da IUPAC [2] refere-se que a *quantidade de substância tem sido usada pelos químicos há muito tempo sem um nome próprio. Era referida simplesmente como «número de moles». Esta prática deverá ser abandonada porque está errado confundir o nome da grandeza física com o nome da unidade.*

Nesta Unidade Didáctica, o objectivo específico: *Realizar cálculos sobre concentração de soluções expressa em massa por unidade de volume de solução e em mole de soluto por  $\text{dm}^3$  de solução (molaridade)*, induz as seguintes observações:

– a substituição da palavra molaridade por concentração já foi proposta pela IUPAC [4] em 1971, para evitar a confusão com molalidade, e para que a palavra «molar» que significa «por unidade de quantidade de substância» ou em alguns casos «unidade de concentração» não seja utilizada para a unidade de concentração – mole de soluto por  $\text{dm}^3$  de solução;

– a concentração é uma grandeza física relacionada com a composição de soluções. A sua unidade SI é a  $\text{mol m}^{-3}$  podendo utilizar-se múltiplos e submúltiplos desta unidade. Outra grandeza que traduz a composição das soluções é a concentração mássica (massa de soluto por unidade de vo-

\* Porção – parte de um todo; fracção; parcela; certa quantidade de qualquer coisa; bocado; fragmento; quinhão. Quantidade – qualidade do que pode ser medido ou numerado; qualidade do que é susceptível de aumento ou diminuição; grande número; valor das vogais ou das sílabas; tempo que se emprega em pronunciá-las; duração relativa dos sons musicais.

lume da solução [3]. Se cada grandeza física (com dimensões) tem associada uma unidade porquê a necessidade de referir as unidades de concentração e de concentração mássica? Não é correcto utilizar a concentração como sinónimo de composição. Esta confusão é bastante geral. Por exemplo, nas sugestões metodológicas para o ensino da Unidade 12 do 8.º ano afirma-se: *O professor deverá integrar o uso de modos simples de exprimir concentrações, designadamente em grama por  $dm^3$ . ...*

Do exposto pode concluir-se que os diagramas de fluxos de conceitos, *Materiais: constituição e transformações* (8.º e 9.º anos) do programa do 3.º ciclo do Ensino Básico e *Quantidade em Química* apresentado no programa do 10.º e 11.º anos do Ensino Secundário, devem ser alterados. A quantidade de substância é uma grandeza física que tem uma definição e um objecto de aplicação. Da forma como o organograma, apresentado no programa dos 10.º e 11.º anos, está representado pode inferir-se que a quantidade de substância é uma grandeza relacionada com a massa e o volume. Nas Figuras 1 e 2 representam-se as alterações propostas aos fluxos de conceitos referidos.

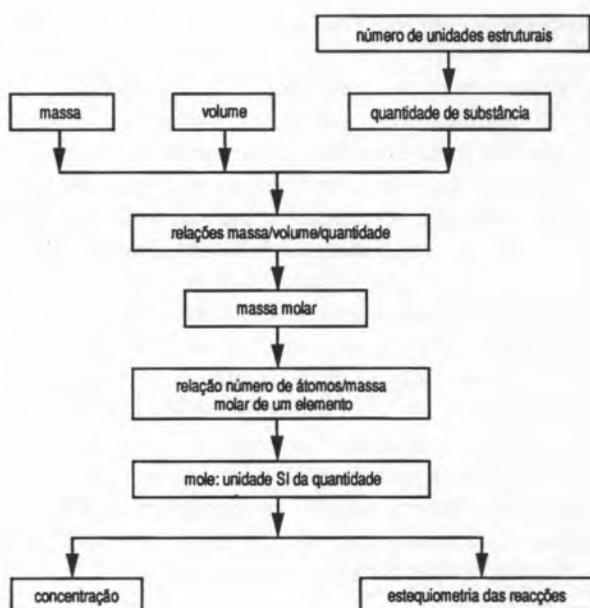


FIGURA 2

Proposta de organograma para «Grandezas físicas e unidades»

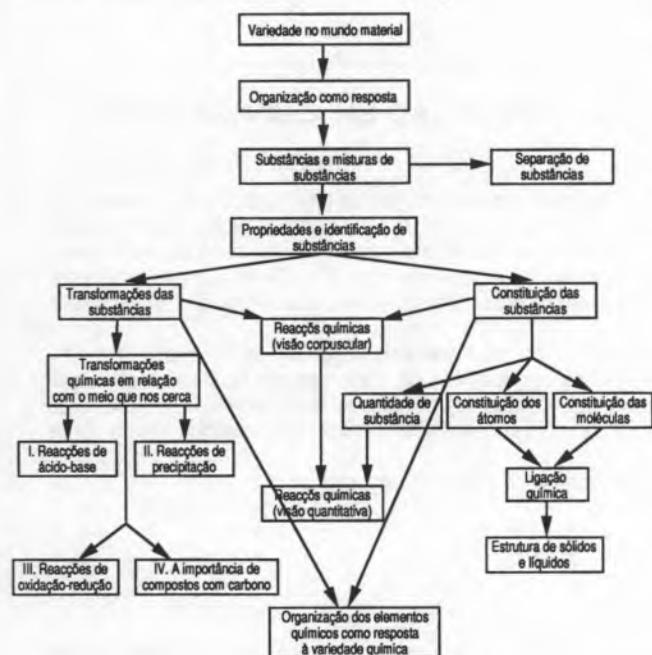


FIGURA 1

Organograma para «Materiais: constituição e transformações (8.º e 9.º anos)»

Ainda no programa do 10.º ano mas na Unidade 7 onde se indica *...uma classificação em sais solúveis, pouco solúveis e insolúveis* deve dizer-se «... uma classificação em sais solúveis e pouco solúveis». Do ponto de vista experimental não existem substâncias insolúveis.

Na Unidade 1 do programa do 12.º ano em vez de *Discutir o efeito da temperatura do oxigénio na solubilidade deste gás na água*, deve escrever-se «Discutir o efeito da temperatura na solubilidade do oxigénio na água». O modo como está redigido pode parecer que a temperatura do gás e da água são duas grandezas distintas.

Apresentar nos programas do 11.º e 12.º anos a entropia como «*balbúrdia corpuscular*» ou «*caos*» microscópico não será uma atitude demasiado redutora?

O estudo da entropia e não da energia de Gibbs – facto salientado pelos autores que lhe chama energia livre [5] – é explicado nas sugestões metodológicas pela ligação que se pretende com o ensino da Física. Será esta função termodinâmica a que melhor se aplica ao estudo das reacções químicas? No meio que nos rodeia ocorrem continuamente reacções químicas. É a vida no ecossistema terra. Sendo a terra um reservatório de pressão e temperatura porque não utilizar a energia de Gibbs? Que reacções se podem prever com base na variação de entropia? Porquê utilizar como critério de espontaneidade um conceito que me parece de aplicação demasiado restrita, e em situações académicas? Sendo o programa de Química bastante extenso e prevendo-se para a Unidade 6 do 11.º ano unicamente três aulas (o que será insuficiente para uma aprendizagem dos conceitos que se querem introduzir) porque não retirar esta Unidade de Ensino do programa referido? A sua supressão não introduzirá lacunas nos conhecimentos dos alunos que poderão estudar os critérios para interpretar e prever reacções ao nível do 12.º ano.

Os aspectos bastante positivos dos novos programas são a introdução ao nível do 9.º ano da Unidade 8 – *A Química e o seu impacto na sociedade* e ao nível do 12.º ano da parte II – *A Química, uma ciência em acção*. Se para o 12.º ano esta parte II corresponde a cerca de 40% do programa para o 9.º ano são referidas apenas duas horas para a sua realização. Pretendendo-se que os alunos saiam do ensino básico *com uma formação global que lhes permita interpretar os fenómenos do dia a dia, conhecer melhor o mundo em que vivem e inserir-se bem na sociedade do presente e do futuro...* e insuficiente reduzir a Unidade 8 a *uma recolha retrospectiva de exemplos já estudados e organizá-los em temas*.

É no desenvolvimento destas Unidades de Ensino que tanto os alunos como os professores terão de recorrer a outra bibliografia que não os manuais escolares, pelo menos os de tipo actual. Torna-se assim mais saliente a grande lacuna que os programas apresentam a este nível.

### Sugestões metodológicas finais

Se se pretende uma maior interligação entre o meio que nos rodeia e a Química creio que os processos de oxidação/redução são os mais estimulantes para essa acção [6]. Os alunos estão familiarizados com fenómenos como a combustão, a fotossíntese, a respiração, e outros – muitos dos exemplos utilizados na Unidade 13 do 8.º ano são de reacções deste tipo (corrosão, electrólise, reacções fotoquímicas). Porque não aproveitar estes conhecimentos para de uma forma elementar introduzir conceitos de Química? Será também uma boa ocasião para os alunos perceberem a importância da estrutura electrónica, que é ensinada, em geral, de uma maneira muito académica.

Como balanço final gostaria de referir que uma execução cabal dos novos programas de Química exigirá além das mudanças institucionais, uma alteração profunda na formação de professores tanto inicial como contínua.

### Agradecimentos

Agradeço aos Doutores Ana Luísa Janeira, José Estrela e Maria Isabel Martins pelos comentários e sugestões que me foram facultando ao longo do trabalho.

### Referências

- [1] Lexilello, *Novo Dicionário de Língua Portuguesa*, Lello e Irmão Editores, Porto, 1989.
- [2] IUPAC, Physical Chemistry Division, *Quantities, Units and Symbols in Physical Chemistry*, Blackwell Scientific Publications, Oxford, 1988.
- [3] M.E. Jardim, M.E. Pereira, *Terminologia, Símbolos e Unidades para Grandezas Físico-Químicas*, Escolar Editora, Lisboa, 1985.
- [4] M.L. McGlashan, *Physico-Chemical Quantities and Units*, 2nd ed., Monographs for Teachers No 15, The Royal Institute of Chemistry, London, 1971.
- [5] IUPAC, Physical Chemistry Division, *Manual of Symbols and Terminology for Physicochemical Quantities and Units, Appendix IV - Notation for States and Processes, Significance of the Word «Standard» in Chemical Thermodynamics, and Remarks on Commonly Tabulated Forms of Thermodynamic Functions*, *Pure Appl. Chem.*, 1982, **54**, 1239-1250.
- [6] M.C.F. Magalhães, *Oxidação/redução: uma perspectiva de ensino com base em sistemas naturais*, *Actas do 2.º Encontro Nacional de Didácticas e Metodologias de Ensino*, Universidade de Aveiro, 1991, 589-600.



**ICCE**

## 11.ª CONFERÊNCIA INTERNACIONAL DE EDUCAÇÃO EM QUÍMICA (ICCE)

York, 25 a 30 de Agosto de 1991

Não é a primeira vez que aparece no *Boletim da SPQ* uma notícia sobre as Conferências Internacionais de Educação em Química (1, 2), organizadas pelo Comité para o Ensino da Química (CEQ) da IUPAC, sob os auspícios da Unesco, que se realizam aproximadamente de dois em dois anos. Em Setembro de 1989 a Conferência decorreu em Waterloo, Canadá, e as próximas realizar-se-ão em Dezembro de 1992 em Bangkok e em 1994 em Porto Rico. Constituem um fórum para professores interessados em Educação em Química exporem e partilharem ideias e projectos de investigação e desenvolvimento.

A 11.ª Conferência teve por tema «Bringing chemistry to life». Foi presidida pelos Professores D. Waddington e M. Chastrette, ambos já conhecidos de muitos professores portugueses envolvidos em questões de Educação em Química. Houve uma participação massiva de 650 participantes de 64 países; a maioria dos participantes ficou alojada no campus da Universidade de York, o que fomentou reuniões e conversas informais que abriram ou cimentaram trabalhos de interesse comum, envolvendo participantes de vários países.

No Programa das conferências plenárias, simpósios e oficinas de trabalho focaram-se os seguintes aspectos:

- acesso de todos os jovens à Química
- novos currículos para os níveis primário, secundário e terciário
- novos métodos de ensino
- investigação em Educação em Química
- novas fronteiras da Química e de impacto no ensino.

A conferência de abertura foi proferida pelo Prof. R.J.P. Williams que expôs sobre «Bringing inorganic chemistry to life». Na conferência de encerramento o professor W.S. Fyfe, Doutor *Honoris causa* pela Universidade de Lisboa, ilustrou de uma forma acutilante o tema «Education for Global responsibility». Das restantes conferências plenárias salientaram-se as de Susan Adamson, ligada ao Science Education Group da Universidade de York que abordou o tema «Novas perspectivas de Educação em Química» e a do Prof. H. Heikkinen, actual secretário do CEQ, sobre «A termodinâmica e a cinética da mudança em Educação em Química». De referir ainda a dificuldade da escolha das quatro conferências em simultâneo no último dia de A.H. Johnstone, W. de Vos, L.E. Summerlin e B.W. Sholloum.

A conferência foi uma ocasião para desenvolver e partilhar projectos educacionais a nível internacional. Com início na manhã do primeiro dia numa "workshop" internacional, sob a responsabilidade dos Prof. H. Heikkinen e M.ª Elisa M. Pestana, produziu-se uma unidade de ensino sobre «Água»; os participantes levaram a 1.ª versão da unidade para os seus países para a traduzirem, aplicarem e adaptarem no programa de desenvolvimento curricular IUPAC - Unesco, iniciado em 1989 em Berkeley. Numa outra "workshop" foram apresentados dois dos projectos de desenvolvimento curricular em curso com uma dimensão europeia. Outro ponto alto correspondeu aos 20 simpósios e 34 oficinas de trabalho, preparados ao longo de vários meses, e nos quais se discutia um assunto em profundidade durante cerca de duas horas, podendo prolongar-se a discussão no caso dos participantes o entenderem. Houve também ocasião para apresentar e discutir inúmeros trabalhos sob a forma de comunicação em cartaz.

Em paralelo organizaram-se pequenas reuniões *ad-hoc*, entre as quais sobre as Divisões de Educação das Sociedades de Química e sobre as Associações de Professores de Ciência, bem como da *Newsletter*, veículo de comunicação do Comité de Ensino da Química (CEQ) da IUPAC, publicado duas vezes por ano, de que apareceu uma versão em português durante cerca de quatro anos.

### Referências

- (1) Pereira, M.P. (1980). Conferência Internacional sobre Educação em Química. – Tema: O ensino da Química – interação dos níveis secundário e terciário. *Boletim da SPQ*, Ano 3, Série II, n.º 3, 40-43.
- (2) Gil, V.S. (1982). 6th International Conference on Chemical Education. – Tema: Teaching chemistry in a diverse world. *Boletim da SPQ*, Ano 5, Série II, n.º 9, 13-15.

Mariana P. Pereira (Dep. Ed. - FCUL)

## Convite à Relexão ...

### **Aprender: trazer à luz – mergulhar no escuro**

*Kreuzer* : Viver é, pois, uma aventura. Correm-se riscos para dispor de novas oportunidades. Que significa então «aprender»? Significará também expor doutrinas? Esboçar dogmas, doutrinas, teorias, hipóteses, para que sejam testadas no mundo?

*Lorenz* : Nós entendemos o título «Viver é aprender» de uma forma conceptual muito ampla: a aquisição de informações. E a aprendizagem de um animal, através do *conditioning* (condicionamento), da adaptação, é evidente algo completamente diferente da aprendizagem do experimentador, que propõe uma hipótese mais ou menos engenhosa, para ser testada. Isto tem a ver com a questão da indução, que já paira entre nós. Talvez voltemos a ela mais tarde...

*Kreuzer* : Penso que já lá estamos...

*Lorenz* : Julgo que não estamos assim tão distantes uns dos outros. Parece-me que determinados conhecimentos vão amadurecendo inconscientemente, precisamente porque os indivíduos pesantes têm tanto em comum entre si. Os conhecimentos novos desenvolvem-se à semelhança de fungos, subterraneamente, e então surge aqui, e ali, e mais além um cogumelo.

*Popper* : Existem dois tipos totalmente distintos de aprendizagem. Uma é a aventura, o aprender algo de novo, e a outra, é o empenhamento, o esforço de modo a, por assim dizer, desterrar algo, que se aprendeu, para o subconsciente. Na condução aprende-se a esquecer aquilo que se aprendeu e a prestar atenção à estrada, e em seguida *só* se presta atenção à estrada e o resto é automático. Para se tocar piano, de início é extremamente difícil coordenar os dedos com as notas, já que se está a aprender algo de novo. Mas depois, quando já se tiver aprendido o que era novo, procuramos dedicar-nos apenas ao essencial: à ideia do compositor.

*Lorenz* : Certo.

*Popper* : Existem, portanto, dois estádios completamente distintos da aprendizagem: o primeiro é a aprendizagem aventureira, a aprendizagem do investigador, do descobridor, o outro, é o saber de cor – fora com ele, expulsêmo-lo para o subconsciente! A psicologia da aprendi-

zagem considera, lamentavelmente, esta segunda espécie, insignificante, da aprendizagem como sendo a única: a aprendizagem pela repetição. E então – e agora estou a responder-te – sucede que toda a teoria da indução se erige com base neste erro da psicologia da aprendizagem. A repetição não desempenha qualquer papel no descobrir, apenas desempenha um papel no «esquecer». A repetição serve para nós automatizarmos algo, para que isso deixe de nos sobrecarregar, para que não tenhamos de prestar-lhe mais atenção. Existe uma enorme diferença entre a aprendizagem através do ensaio e do erro, que é sempre uma aventura, e a aprendizagem através da repetição, que nunca conduz a nada de novo, mas que apenas faz «esquecer» o aprendido, ou seja, que o impele para o subconsciente.

*Lorenz* : Eu diria que ela retém, que fixa... sim, concordo plenamente. No que se refere à experimentação, diga-se que todo o processo de adaptação do acontecimento da vida começa com a experiência. A aprendizagem pela repetição, como tu lhe chamas, é, pelo contrário, um processo de armazenamento de informações. O saber adquirido é remetido para o subconsciente, a fim de aliviar o espírito experimentador, mas no entanto ficamos dependentes dele, já que este saber mecanizado desviado para o subconsciente é o pressuposto da liberdade de que fazemos uso «superior». Toda a experiência consiste em estruturas, e toda a estrutura adquire capacidades para suportar pelo preço do sacrifício de um certo grau de liberdade. Um verme pode enroscar-se onde quiser, mas nós só nos conseguimos dobrar onde as articulações o permitem; no entanto, podemos estar de pé e o verme não. Nas ocorrências intelectuais superiores, as funções mecanizadas desempenham um papel muito importante como pressupostos do livre pensamento e da percepção figurativa.

*Popper* : Por exemplo, a tabuada como pressuposto da aritmética.

*Lorenz* : A tabuada é um pressuposto.

*Popper* : No entanto, não podemos dizer que aprendemos a tabuada por indução. Trata-se efectivamente de um equívoco...



# Calor e Temperatura

– as ideias dos alunos do Ensino Básico

Maria Luísa Veiga<sup>a</sup>



Maria Luísa Veiga

Nasceu em 1946.

É licenciada em Química, com 14 valores, pela Universidade de Lourenço Marques - Moçambique, desde 1974.

Como bolsista da Fundação Calouste Gulbenkian obteve, na Universidade de East Anglia - Inglaterra, os graus de «Master of Science» e «Doctor of Philosophy» em «Chemical Education», respectivamente nos anos de 1980 e 1988.

Após ter-se profissionalizado, com 16 valores, no 2.º ciclo do Ensino Básico, foi aí Orientadora de Estágios Pedagógicos de Ciências da Natureza do Ramo Educacional da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra.

Entre 1980-1985 esteve destacada como Coordenadora da Delegação de Coimbra da Direcção-Geral do Ensino Básico, onde funcionavam os Sectores de Avaliação, Orientação Educativa, Didácticas, Apoio à Comunidade e Organização/Gestão Escolares.

Desde essa data e até 1990 integrou a Comissão Instaladora da Escola Superior de Educação do Instituto Politécnico de Coimbra, onde actualmente exerce actividades docentes e de investigação como professora-coordenadora.

A convite do Ministério da Educação de Cabo Verde e ao abrigo da Cooperação bilateral desempenhou periodicamente, durante 10 anos, funções de assessoria técnica e pedagógica junto do GEP e da Direcção da Escola de Formação de Professores, em cuja criação participou. Em simultâneo integrou duas equipas seleccionadas por concurso internacional que realizaram Projectos em Cabo Verde e Moçambique, financiados pelo Banco Africano de Desenvolvimento, respectivamente nos domínios da Reforma do Sistema Educativo e da Formação de Professores do Ensino Primário.

Como bolsista da DGE Sup. leccionou, em 1989, no Departamento de Metodologias de Ensino da Faculdade de Educação da Universidade de Campinas - Brasil, um curso intensivo de curta duração para alunos de pós-graduação de «Química e seu Ensino».

A par com um elevado número de comunicações apresentadas em Congressos e Colóquios nacionais e estrangeiros tem orientado diversos Cursos e Seminários e publicado vários artigos nos domínios da Formação de Professores, Educação em Ciências, Investigação Educacional e Política Educativa, bem como participado na realização de projectos no quadro do ensino e aprendizagem das Ciências.

## Resumo

O estudo\* investiga em que medida as convicções e expectativas sustentadas por alunos portugueses do 5.º ao 9.º ano de escolaridade (10-15 anos de idade), em relação a algumas noções que os currícula nacionais de «Ciências» tentam desenvolver (por ex. *calor e temperatura*), afectam a interpretação que eles próprios constroem das experiências de ensino e aprendizagem com que são confrontados na sala de aula.

Numa 1.ª fase foram identificadas algumas dessas concepções iniciais\*\* dos alunos, a sua alteração com o aumento da idade e com a conseqüente progressão nos níveis de escolaridade, bem como a sua consistência em contextos diversos e em actividades similares. Os resultados sugerem que esses alunos, embora sujeitos ao ensino formal de tais noções, ainda retêm e usam ideias intuitivas para pensar acerca do conhecimento vivido nas aulas de «Ciências».

A 2.ª fase investiga de que modo as concepções alternativas dos professores podem influenciar o desenvolvimento das ideias dos alunos, tendo-se reconhecido características comuns nas conceptualizações de *calor e temperatura* evidenciadas pelos dois grupos.

Os resultados do estudo reforçam a ideia da impossibilidade de pensar a cultura do quotidiano, também dita informal, como algo exterior à sala de aula de «Ciências» e que a não perpassa.

## Objectivo do estudo

Um vasto número de investigações realizadas em todo o mundo revela que uma das maiores preocupações do professor de «Ciências» reside no facto de os alunos não compreenderem conceitos «básicos» e não serem competentes em muitos dos skills intelectuais mais «simples» por eles requeridos (Osborne and Gilbert, 1979).

Para além da enumeração das razões geralmente justificativas de tal falta de compreensão e que vão desde a não vontade ou a impossibilidade de os professores dialogarem aberta-

<sup>a</sup> Escola Superior de Educação, Instituto Politécnico de Coimbra.

\* Este estudo insere-se nos trabalhos desenvolvidos pela autora no âmbito do doutoramento em «Chemical Education», obtido em 1988 na UEA, Inglaterra.

\*\* As «concepções iniciais» também referidas como concepções erróneas (Hlem, 1980), «pré-concepções» (Novak, 1977), «concepções alternativas» (Driver and Easley, 2978) e «Ciência/ideias dos alunos» (Gilbert et al, 1982). A este propósito consultar Abimbola (1988).

mente com os alunos até às restrições impostas pelo sistema de avaliação formal, pode perguntar-se que fazem os professores para descobrirem a «real» compreensão que os alunos têm desses conceitos. Pode ainda ser questionada a importância de descobrir de que forma os alunos sentem, interpretam, compreendem, percebem ou conceptualizam aspectos «científicos» da realidade. Em primeiro lugar, porque tal é um pré-requisito para análise de outras compreensões superordenadas e mais complexas exigidas aos alunos. Segundo, porque aumenta a consciencialização dos professores em relação à gama de diferentes ideias que os alunos podem trazer do exterior para a sala de aula e às dificuldades que podem encontrar. Em terceiro lugar, porque tal é necessário para entender como se relacionam regras com princípios de causa e efeito. Finalmente, porque é um meio privilegiado para aumentar uma efectiva comunicação, condição essencial para o sucesso educativo.

Um elevado número de investigadores de todo o mundo tem realçado a importância de conhecer as ideias dos alunos no que respeita aos tópicos mais diversos. Muitos desses resultados têm sido generalizados através de níveis etários, de culturas e de currícula. Este estudo, realizado com alunos portugueses, pretende associar-se, na forma de contributo, a tais investigações, identificando: *i*) as pré-concepções dos alunos na área em estudo; *ii*) a mudança dessas concepções com a idade; *iii*) a consistência dessas ideias em contextos diferentes e em actividades análogas; *iv*) as concepções alternativas dos professores evidenciadas no ensino dos fenómenos em estudo; *v*) as semelhanças reveladas por alunos e professores na conceptualização desses fenómenos.

### Sistematização dos conceitos

O reconhecimento e compreensão das ideias que os alunos têm sobre *calor e temperatura* (estes representam somente parte dos conceitos investigados no estudo em causa) implicam necessariamente que seja feita uma sistematização «científica» desses conceitos e uma análise da história da sua evolução.

Por economia de espaço e porque os modelos que dominaram ao longo dos tempos se encontram referenciados numa vasta gama de obras de termodinâmica e divulgados em grande número de trabalhos realizados (Caldeira e Martins, 1990; Veiga, 1988), deixamos ao critério do leitor a sua consulta.

### Método da fase I

#### *Objectivos, amostra e recolha de dados*

É voz corrente entre professores de «Ciências» das nossas Escolas dos Ensinos Básico e Secundário que disciplinas como a Química, a Física e as Ciências da Natureza são difíceis porque envolvem esquemas conceptuais que são, pela sua natureza, teóricos e abstractos (em vez de observáveis e confirmáveis pela evidência directa) e colocam os alunos face a actividades que implicam o uso de modelos representativos de objectos e fenómenos hipotéticos.

Confrontados com esta realidade e partindo de permissas que reflectem uma perspectiva construtivista do processo de

ensino e aprendizagem, tentámos identificar os esquemas conceptuais comuns sobre que assentam os currícula nacionais de «Ciências» do 5.º ao 9.º ano de escolaridade, ou seja, as ideias que tentam ir desenvolvendo ao longo da escolaridade obrigatória. A validação da lista apresentada foi feita por um painel de dez professores de reconhecida competência profissional e que leccionam aquelas áreas disciplinares nos níveis de ensino em estudo, exigindo-se que cada item seleccionado cumprisse os seguintes atributos: *i*) ser considerado fundamental, em termos de fornecer uma base para a compreensão de outros fenómenos e conceitos científicos mais complexos; *ii*) ser importante, em termos de aumentar a capacidade dos alunos na interpretação de uma mais vasta gama de acontecimentos da vida diária; *iii*) ser familiar aos alunos através das experiências do dia-a-dia fora do contexto escolar.

Sob estas restrições seleccionaram-se, por consenso, os fenómenos de *expansão e contracção, mudanças de fase, condução de calor, dissolução, combustão e miscibilidade*. Uma revisão da literatura permite-nos afirmar que um elevado número de trabalhos realizados noutros países e em condições diversas (Beveridge, 1985; Cauzinille-Marmeche et al, 1985; Driver, 1985; Meheut et al, 1985; Osborne and Cosgrove, 1983; Voelker, 1975) revelam bem a natureza e extensão das dificuldades dos alunos na compreensão destes fenómenos.

Com a consciência das fraquezas que apresenta qualquer técnica usada para «penetrar» na compreensão dos sujeitos elegeram-se a «entrevista em torno de acontecimentos»\*, pelas vantagens conhecidas na sua aplicação a estudos «em profundidade» e que não visam, como tal, qualquer tipo de generalização.

Porque um dos objectivos do trabalho era a identificação da consistência das ideias dos alunos em contextos diferentes, essa técnica foi usada com duas variantes: *i*) por um lado, os alunos foram colocados perante demonstrações de experiências de laboratório que descreveram e discutiram oralmente com o entrevistador (situação designada por DL); *ii*) por outro lado, a visão que os alunos têm de fenómenos «paralelos» evidentes no dia-a-dia foi investigada através da descrição oral dessas situações pelo entrevistador, que usou gravuras para estimular a discussão (situação designada por DD). O facto de, para grupo etário definido entre os 10-15 anos, metade ter sido entrevistado primeiro em DL e depois em DD e a outra metade ter sido sujeita a entrevista em ordem inversa permitiu estudar a influência da ordem dos contextos em que as actividades eram apresentadas sobre a consistência das pré-concepções dos alunos.

As actividades seleccionadas foram experiências de laboratório vulgarmente realizadas pelos professores nas aulas e comuns aos manuais escolares utilizados (por ex. dissolução de cristais de sulfato de cobre em água), bem como os exemplos «paralelos» de situações quotidianas que os professores usam como «apoio» (por ex. dissolução de açúcar em leite).

A amostra, constituída por trinta alunos que frequentavam do 5.º ao 9.º anos de escolaridade e que tinham, por imposição

Tradução da expressão «interview-about-events».

de metodologia, entre 10-15 anos, foi seleccionada, segundo etapas que conduziram a uma amostra «típica» portuguesa, de uma população de 1625 alunos da área de Coimbra.

A enorme quantidade de material recolhido em gravação foi analisada segundo a técnica de «compressão de dados» (Erickson, 1979), transformando sucessivamente o discurso em proposições «representativas» até se conseguirem «inventários conceptuais» por indivíduo, de onde se extrairam matrizes que foram agrupadas por categorias (por ex-teoria particular de matéria, natureza do calor e temperatura, ...). A comparação das categorias através de actividades análogas para os grupos etários estabelecidos permitiu a identificação de tendências de desenvolvimento ao longo da idade, bem como a detecção de ideias comuns a todos os grupos etários. Foram estas ideias comuns que se designaram por «concepções alternativas» dos alunos.

### Resultados

Dado o volume de material obtido, restringiremos os resultados aqui apresentados a aspectos relacionados com as ideias dos alunos sobre *calor temperatura*. Com base nas interpretações evidenciadas, foi obtido um conjunto de concepções alternativas (CA) que resume essas ideias globais.

#### CALOR:

i) C.A. *substantiva* – *calor* com natureza «substantiva»; *calor* como uma «quantidade» que

- está contida nos objectos
- é fornecida ou retirada a alguma coisa e origina um aumento ou decréscimo da sua temperatura
- pode ser transferida de um objecto para outro
- passa de um ponto para outro de um mesmo objecto e flui de objecto para objecto.

Esta C.A. foi especialmente notada na explicação das mudanças de fase, condução de *calor* e expansão e contracção.

ii) C.A. *causal* – *calor* como agente «causal», num raciocínio de tipo transdutivo; na associação de dois ou mais fenómenos é tomado um acontecimento obrigatório e relacionado com um outro subsecuente.

A evidência desta C.A. foi, em geral, simultânea com a «substantiva», sendo a quantidade de *calor* fornecida a um corpo associada com qualquer efeito que pudesse ocorrer à posteriori. A fonte de *calor* era quase sempre explicitada e concluída de contiguidade. O *calor* era tido como a causa de um qualquer acontecimento seguinte e não como um elo mediador entre causa e efeito.

iii) C.A. *causa e processo* – *calor* como causa num processo gradual, em que a transdução é associada com os sucessivos efeitos do *calor* no processo global.

Esta C.A. implicava geralmente a «causal», mas nem sempre o inverso se verificava. Enquanto, em alguns alunos, era típico um raciocínio de tipo transdutivo, outros usavam explicações intermédias para o processo, acentuando as sucessivas implicações que iam ocorrendo, embora assumindo sempre *calor* como causa do efeito final.

iv) C.A. *fluido* – *calor* fluindo num mecanismo de transferência; *calor* visto como um «fluido» que se move no interior de um objecto ou que passa de um para outro objecto.

Esta C.A. foi suportada por referência a duas hipóteses: i) *calor* é um fluido que se espalha por si próprio, implicando a existência de orifícios, de espaços vazios, através dos quais o *calor* passa; ii) *calor* como um fluido que é transportado. As explicações dos alunos abaixo referidas são exemplo dessas duas hipóteses implícitas

- «a barra de metal foi aquecida numa extremidade... mas o calor vai passando de um ponto para outro da barra... ele vai atravessando a barra até chegar à outra extremidade...»;
- os metais têm cargas eléctricas negativas que se movem livremente e que transportam o calor passo-a-passo até este atingir a outra extremidade da barra...».

#### TEMPERATURA:

i) C.A. *relação reversível* – que pode traduzir-se nos seguintes termos

- a adição/subtracção de *calor* provoca um aumento/diminuição de *temperatura*;
- a *temperatura* é uma medida da quantidade de *calor*.

ii) C.A. *causal* – é assumida uma relação causa-efeito (quer directamente, quer através da descrição de efeitos intermédios), em que a *temperatura* desempenha o papel de «causa» e não de «efeito», como na C.A. anterior.

As C.A. *causal* e *relação reversível* não são contraditórias, como à primeira vista aparentam. Pode algo («causa») provocar um aumento de temperatura («efeito») e esta pode, por sua vez, ser a «causa» de um outro processo.

Os extractos seguintes ilustram a C.A. *causal*

- «pode concluir-se que um aumento de temperatura provoca um aumento da velocidade das reacções químicas...»;
- «um aumento de temperatura faz com que as partículas se movam mais rapidamente... assim, a possibilidade de colisão aumenta... há um maior número de choques... e por isso aumenta a velocidade da reacção...».

Em grandes linhas e tentando sintetizar as conclusões da 1.<sup>a</sup> fase do estudo, pode dizer-se que os resultados sugerem que:

i) as ideias investigadas não apresentam qualquer desenvolvimento com o aumento da idade e conseqüente acréscimo de instrução formal;

ii) os alunos, na sua globalidade, evidenciam ideias comuns relativamente às questões exploratórias de um mesmo fenómeno;

iii) as concepções alternativas dos alunos não apresentam diferenças notórias através de questões análogas colocadas em diferentes contextos (DL vs. DD) e mostram-se independentes da ordem de apresentação das actividades DL-DD vs. DD-DL);

iv) as respostas individuais revelam uma grande consistência das concepções alternativas através de questões «paralelas», mas evidenciam, em alguns casos, certa inconsistência através de actividades «distintas».

v) cada uma das concepções alternativas identificadas não pode considerar-se como «típica» da explicação de um dado fenómeno. Pelo contrário, em cada actividade foi evidenciada, pela maioria dos alunos, uma pluralidade de concepções que se mantinha estável ao longo das vaviáveis em estudo. Isto parece indicar que, independentemente da idade, da instrução formal, do conteúdo da tarefa, do contexto em que esta é exposta e da ordem de apresentação das diversas

atividades, os alunos controem as suas ideias de *calor* e *temperatura* sobre pré-concepções comuns.

## Método da fase II

### Objectivos, amostras e recolha de dados

As conclusões da 1.ª fase da investigação tornam evidente a existência de grande concordância no que respeita às ideias dos alunos sobre *calor* e *temperatura*, independentemente das variáveis estudadas.

Porque se assume que os professores têm também as suas pré-concepções e que estas influenciam fortemente o seu trabalho na sala de aula (Shuell, 1987), procurou-se investigar, na 2.ª fase do estudo, quais os aspectos comuns nas conceptualizações de alunos e professores em relação a *calor* e *temperatura*, bem como o efeito provocado por esse «cruzamento» ou «reforço».

Foram directamente observadas e registadas noventa e seis aulas de «Ciências» do 5.º ao 9.º ano de escolaridade, com duração aproximada de cinquenta minutos cada, leccionadas por dezasseis professores de experiência profissional reconhecida, cuja selecção obedeceu a restrições e critérios pré-estabelecidos. Os tópicos do programa escolhidos foram: *natureza da matéria; efeitos do calor sobre os corpos; diferença entre calor, temperatura e energia; condutibilidade térmica; reacções químicas.*

Fontes de informação diversas (interacção aluno-professor, professor-turma e aluno-aluno; demonstrações realizadas pelo professor, experiências feitas pelos alunos; trabalho individual; trabalho de grupo; ...) forneceram os meios de identificação das conceptualizações dos professores no âmbito em estudo. Tal não significa, porém, que se tenha pretendido categorizar a compreensão dos professores em relação a *calor* e *temperatura*. Antes, as verbalizações observadas foram consideradas como um útil meio para expressar a compreensão que provavelmente fornecem através dos termos que utilizam na sala de aula.

### Resultados

Os dados assim obtidos sugerem que a instrução desenvolvida pelos professores assenta no princípio de que as evidências directas e diárias relacionadas com *calor* contribuem para facilitar e promover o conhecimento dos alunos. Um exemplo disto foram as frequentes explicações dadas de situações envolvendo mudanças de fase dentro de um contexto totalmente «familiar». Verificou-se, no entanto, que nem sempre o uso de «analogias» e o recurso a acontecimentos do dia-a-dia facilitaram a aprendizagem. Foi notória a dificuldade sentida pelos alunos em transferir esse sistema de explicações para as situações «científicas».

### CALOR:

Uma tendência generalizada dos professores foi associar *calor* com os significados correntes do termo nas situações de encontro com objectos quentes e frios (referindo vulgarmente o grau de aquecimento de um objecto e as fontes de *calor*) e assumir uma perspectiva calórica, conotando *calor*

com uma substância «material». Mesmo quando o chamado «princípio de conservação do calórico» (que descreve *calor* como indestrutível e não criável) não era seguido, por admisão de que podia ser criado por fricção, foi muitas vezes explorada a ideia de que ele pode passar de um para outro objecto:

- «esfregaste as mãos uma na outra... ficaram mais quentes... o mercúrio subiu no termómetro porque o calor passou das tuas mãos para o balão e deste para o líquido...»;

- «como vês, a mesma quantidade de calor aqueceu o metal e a água diferentemente... foram aquecidos durante o mesmo tempo... receberam iguais quantidades de calor...».

*Calor* foi qualitativamente assumido como algo que faz aumentar/diminuir a temperatura do objecto a que é fornecido/retirado:

- «o líquido recebeu calor da chama... por isso a sua temperatura aumentou...».

As verbalizações dos professores sobre os mecanismos de «transferência» de *calor* de um objecto para outro ou dentro de um mesmo objecto assentam em duas características fundamentais: *i*) a noção substantiva de *calor* e os seus mecanismos de transferência («o calor passa de uma extremidade da barra de metal para a outra...»); *ii*) as propriedades das substâncias através das quais o *calor* se movimenta («o calor passa através do metal e não passa através da madeira... isto porque umas substâncias, chamadas bons condutores, têm a propriedade de conduzir o calor; outras não o deixam passar...»).

Explicações de tipo animista e egocêntrico foram comuns em muitas situações:

«tu vês... o ar quer sair, porque está quente... está muito apertado no frasco, porque foi aquecido... quer-se expandir... bem... é como quando te sentes apertado e desconfortável num super-mercado... também queres sair...».

Mesmo para os níveis de escolaridade mais altos, só muito raramente os professores expressam ideias como *calor* associado com movimento de partículas, *calor* como resultado dos movimentos das partículas, energia cinética associada com o movimento irregular de átomos ou moléculas.

### TEMPERATURA:

O uso diário do termo, sugerindo a sua forte relação com diferentes níveis ou graus de *calor*, foi posto em evidência pelos professores nas explicações do aumento/diminuição de *temperatura* por adição/subtracção de *calor*.

Dois sistemas típicos foram frequentemente combinados: um «qualitativo, descritivo e intuitivo» e outro «quantitativo e numérico». A ênfase posta num ou noutro variou de professor para professor e de tópico para tópico. Uns realçaram a representação qualitativa de *temperatura* a partir da experiência pessoal, intuição e senso comum; outros acentuaram o sistema numérico usado para medir a *temperatura*. A confusão manifestada pelos alunos na manipulação de números que representam intensidade de propriedades não aditivas foi explorada em muito pouco casos. Mesmo nos 8.º e 9.º anos, qualquer referência a *temperatura* como propriedade que expressa o estado do sistema foi invulgar.

A diferença entre *calor* e *temperatura* foi geralmente estabelecida através do uso de um «modelo-mental», ou seja,

através de uma estrutura teórica formulada na base de observações de fenómenos naturais. As explicações observadas podem assim categorizar-se:

– simples descrições, baseadas na lógica derivada da experiência comum

• «como sabem... sempre que se fornece calor a um corpo, a sua temperatura aumenta...»;

– exposição, noutra forma, das observações dos fenómenos demonstrados, com descrição do «modelo mental»

• «o mercúrio subiu porque fornecemos calor à água... como sabem, o aumento de calor faz aumentar a temperatura...».

### Conclusões e considerações finais

i) Não se encontrou qualquer evidência que corrobore a ideia Piagetiana de que existe um estádio definido da forma de pensar dos alunos de determinada idade. Em vez disso, identificou-se um conjunto de concepções alternativas que, embora não parecendo constituir modelos totalmente coerentes, prevaleceram na população total de alunos investigada.

ii) Os alunos mostraram tendência para interpretarem os fenómenos em termos de propriedades absolutas e observáveis ou em termos de qualidades atribuídas aos objectos ou substâncias envolvidas num dado problema.

iii) Outra tendência evidenciada pelos alunos foi a utilização de um «raciocínio linear causal», ou seja, a tendência para pensarem em termos de uma causa produzindo uma cadeia de efeitos em certas direcções preferenciais. Esta «tendência de orientação», evidente em muitas situações, parece aumentar a incapacidade dos alunos para facilmente avaliarem as interações simétricas entre sistemas e a reversibilidade de alguns processos. Mas se um dos objectivos do professor de «Ciências» é ajudar os alunos a apreciarem os fenómenos com olhos de cientistas, o resultado não parece ter sido satisfatório. De facto, frequentemente os professores descreveram sistemas de formas inexatas e não tiveram em conta o processo de interacção. Também relações entre parâmetros foram raramente consideradas.

iv) Apesar do considerável esforço feito por alguns professores para modificarem algumas das persistentes ideias dos alunos (tal como a tentativa de descrever inter-relações entre os elementos de um sistema ou de usar associações intermédias entre causa e efeito), verificou-se que dificilmente os alunos adoptaram «novas» ideias, pelo menos durante o período em que decorreram as observações. O que muitas vezes sucedeu, como resultado desse esforço, foi que os alunos passaram a utilizar novos termos, sem que se notasse qualquer alteração substancial dos seus pontos de vista.

Contudo, é necessário ser cauteloso quando se sugere que os alunos não integraram as «novas» ideias. O processo de modificação das «velhas» ideias requer que as «novas» se adequem à actual forma de pensar dos alunos. Exige, além disso, que os alunos modifiquem a organização das suas próprias ideias, o que é, em geral, um processo a longo-termo. Pode ser que o período de tempo em que decorreram as observações não tenha sido suficiente. Pode também acontecer que os alunos tenham integrado as «novas» ideias, mas que a coexistência das «novas» e das «velhas» seja um obstáculo para a aprendizagem.

v) Foi largamente evidente que os alunos trazem, para a sala de aula, ideias naives sobre *calor* e *temperatura*. Tais pré-concepções, além de solidamente formadas e persistentes, são frequentemente reforçadas pela «linguagem da instrução formal». De facto, foram muitas as similaridades encontradas entre alunos e professores no que concerne às suas conceptualizações. Porque uns e outros vivem no mesmo meio físico e usam termos linguísticos comuns ao exterior da escola, as ideias confusas dos alunos podem, como consequência, ser reforçadas pelas semelhanças com as ideias expostas pelos professores nas aulas.

Palavras relacionadas com *calor*, que parecem implicar uma «substância» ou «agente», foram vulgarmente utilizadas por ambos os grupos. Houve referências frequentes a termos conotados com «acção» («o calor vai...»; «o calor passa...»; «o calor sobe...»), reflectindo a ideia genérica de movimento. Pode dizer-se que o modelo calórico foi o predominante nas explicações dadas por uns e outros.

Comum a professores e alunos foi também a ideia de «quente» e «frio» como coisas distintas e opostas, assim como a correspondência de *temperaturas* diferentes a diferentes «quantidades» de *calor*.

Uma grande quantidade de trabalhos tem sido desenvolvida pelo mundo fora, usando um vasto leque de procedimentos, para investigar as ideias dos alunos sobre esses conceitos (Brook et al, 1984; Clough and Driver, 1985; Shayer and Wylam, 1981; Watts, 1984). Os resultados sugerem, tal como no presente estudo, que as actividades diárias dos alunos, através da leitura, da linguagem usada no diálogo com adultos e colegas, do bombardeamento pelos *mass-media*, ..., os expõem a experiências, muito diversas, responsáveis pelo desenvolvimento das suas formas de conceptualização e de actuação.

Por outro lado, uma boa parte dos manuais escolares e da instrução formal (esta através da linguagem utilizada pelos professores) reforçam algumas dessas ideias pessoais intuitivas (Stake and Easley, 1978; Veiga, 1988). Contudo, o uso de uma «linguagem não científica» na sala de aula é inevitável, pois a experiência do dia-a-dia está plena de noções que obrigatoriamente têm que ser levadas para o contexto formal de instrução. Não admira, portanto, que os alunos fiquem confusos perante tal encruzilhada: é o sentido das palavras pretendido pelo professor que as usa, é o sentido comum dos termos no quotidiano e é o sentido especializado e mais restrito dos termos no contexto científico.

vi) A revisão da literatura sobre este assunto mostra que os resultados das investigações são muito similares para cada conceito. Ideias do tipo «calor como substância», «calor como fluido», «transferência de calor como capacidade inerente a alguns corpos», ..., são provavelmente reminiscências linguísticas de teorias pré-científicas. Quando foram desenvolvidas pelos cientistas, elas pertenciam certamente a sistemas conceptuais coerentes de explicação. No caso dos alunos, contudo, é difícil distinguir entre ideias que têm um papel fundamental na atribuição de coerência entre ideias que têm um papel fundamental na atribuição de coerência aos seus sistemas privados de explicação e ideias que são desenvolvidas como resposta à pressão exercida pela instrução formal.

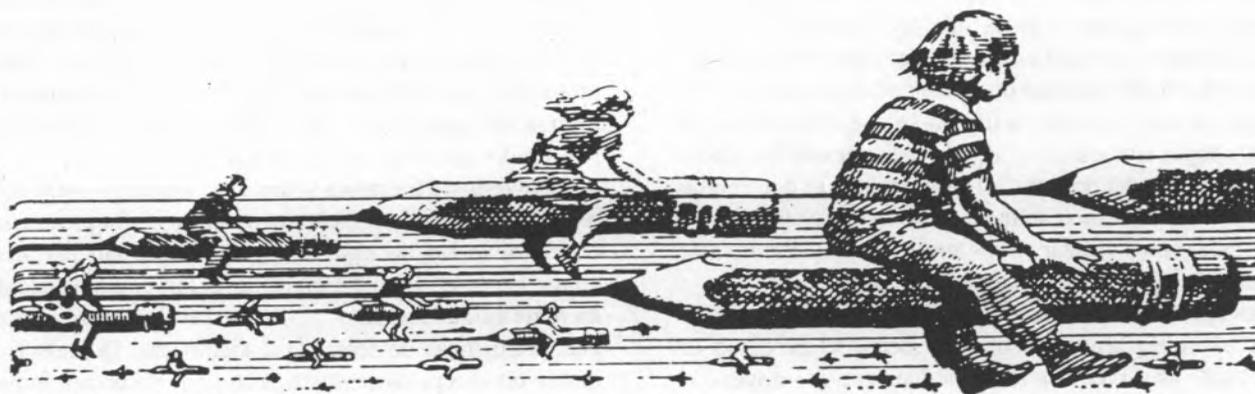
Muitos desses estudos realizados com alunos dos ensinos

básico e secundário tornam evidente que as pré-concepções dos alunos são simultaneamente tenazes, persistentes e, de certa forma, independentes da idade e do ensino formal. Mais ainda, algumas investigações levadas a cabo mostram que a instrução escolar nem sempre tem sucesso no que respeita à mudança das ideias dos alunos (Thorley and Teagust, 1987; Viennot, 1979; Voelker, 1982).

A questão final que se coloca é: dada a inevitabilidade de conjugação dos diversos factores considerados e admitindo que os professores têm consciência deles, até que ponto e de que forma podem as ideias dos alunos ser alteradas pela instrução, em termos de regulação de tempo e de utilização de novas metodologias. Este problema e suas implicações não serão aqui discutidas por razões óbvias de restrição de espaço.

#### Referências

- Abimbola, I.O. (1988). The problem of terminology in the study of student conceptions in science. *Sci Educ.*, 72(2), 175-184.
- Beveridge, M. (1985). The development of young children's understanding of the process of evaporation. *Brit. J. Educ. Psychol.*, 55, 84-90.
- Brook, A.; Briggs, H. and Diver, R. (1984). *Aspects of student's understanding of the particulate nature of matter*. Children's Learning in Science Project, Univ. of Leeds.
- Caldeira, M.H. e Martins, D.R. (1990). Calor e temperatura: que noção têm os alunos universitários destes conceitos? *Gaz. Física*, 13(2), 85-94.
- Cauzinnille-Marmeche, E.; Meheut, M.; Séré, M.G. and Weil-Barais, A. (1985). The influence of «a priori» ideas on the experimental approach. *Sci. Educ.* 69(2), 201-211.
- Clough, E.E. and Driver, R. (1985). Secondary student's conceptions of the conduction of heat: bringing together scientific and personal views. *Phys. Educ.*, 20, 176-182.
- Driver, R. (1985). Beyond appearances: the conservation of matter under physical and chemical transformations. In Driver, R.; Guesne, E. and Tiberghien, A. *Children's ideas in science*. Open Univ. Press.
- Driver, R. and Easley, J. (1978). Pupils and paradigms: a review of literature related to concept development in adolescent science students. *Studies Sci. Educ.*, 5, 61-84.
- Erickson, G.L. (1979). Children's conceptions of heat and temperature. *Sci. Educ.* 63, 221-230.
- Gilbert, J.K.; Osborne, R.J. and Fensham, P.J. (1982) Children's science and its consequences for teaching. *Sci. Educ.* 66(4), 623-633.
- Helm, H. (1980). Misconceptions in physics amongst South African students. *Phys. Educ.* 15, 92-105.
- Meheut, M.; Saltiel, E. and Tiberghien, A. (1985). Student's conceptions about combustion (11-12 years old). *Eur. J. Sci. Educ.*, 7(1), 83-93.
- Novak, J.D. (1977). *A theory of education*. Ithaca: Cornell Univ. Press.
- Osborne, R.J. and Cosgrove, M.M. (1983). Children's conceptions of the changes of states of water. *J. Res. Sci. Teach.*, 20(9), 825-838.
- Osborne, R.J. and Gilbert, J.K. (1979). *An approach to student understanding of basic concepts in science*. Institute for Educational Technology: Univ. of Surrey: Guildford.
- Shayer, M. and Wylam, H. (1981). The development of the concepts of heat and temperature in 10-12 year olds. *J. Res. Sci. Teach.*, 18(5), 419-434.
- Shuell, T.J. (1987). Cognitive psychology and conceptual change: Implications for teaching science. *Sci. Educ.* 71(2), 239-250.
- Stake, R.E. and Easley, J. (1978). *Case studies in science education*, vols. I and II. Center for Instructional Research and Curriculum Evaluation. Univ. of Illinois at Urbana-Champaign. U.S. Government Printing Office.
- Thorley, N.R. and Teagust, D.F. (1987). Conflict within dyadic interactions as a stimulant for conceptual change in physics. *Inst. J. Sci. Educ.*, 9(2), 203-216.
- Veiga, M.L. (1988). *A study of the scientific and everyday versions of some fundamental science concepts*. Tese de Doutorado, Univ. East Anglia.
- Viennot, L. (1979). Spontaneous learning in elementary dynamics. *Eur. J. Sci. Educ.*, 1(2), 205-221.
- Voelker, A.M. (1975). Elementary school children's attainment of the concepts of physical and chemical change: a replication. *J. Res. Sci. Teach.*, 12, 5-15.
- Voelker, A.M. (1982). *The development of an attentive public for science: implications for science teaching. What research says to the science teacher*, vol. 4 Washington, D.C.: National Science Teachers Association.



# TECNOLOGIAS ENERGÉTICAS EFICIENTES PARA A INCINERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NOS PAÍSES MEDITERRÂNICOS

TARRAGONA - ESPANHA / 25 - 27 MARÇO 1992

- Objectivos:**
- Promover o contacto entre profissionais do sector;
  - Avaliar a necessidade de introdução de tecnologias mais eficientes no processo de combustão de resíduos sólidos urbanos, nos países mediterrânicos;
  - Analisar o estado de arte e o nível de aplicação das tecnologias;
  - Informar os potenciais utilizadores das tecnologias disponíveis no mercado;
  - Disseminar os programas nacionais e regionais de promoção de incineração de resíduos sólidos urbanos, com utilização eficiente da energia;
  - Analisar o impacto ambiental dos sistemas de incineração de resíduos sólidos urbanos e seu enquadramento na legislação existente;
  - Identificar os principais problemas dos sistemas de combustão de resíduos sólidos urbanos existentes;
  - Avaliar as possibilidades de financiamento para estas tecnologias.

Este seminário destina-se a fabricantes de equipamento, empresas de engenharia especializadas em tratamento de resíduos sólidos urbanos, empresas de serviços, agentes financiadores e câmaras municipais.

Este seminário é organizado pela rede Europeia OPET (organização para a promoção de tecnologias energéticas) criada no âmbito do Programa **THERMIE** da Direcção Geral de Energia (DGXVII) da Comissão das Comunidades Europeias.

Em Portugal, cabe à OPET Portuguesa CCC (consórcio formado pelo **Centro de Estudos em Economia de Energia, Transportes e Ambiente – CEEETA** –, pelo **Centro para a Conservação de Energia – CCE** – e pelo **Centro de Biomassa para a Energia – CBE**), participar na organização deste acontecimento, e promovê-lo a nível Nacional.

Para mais informações contactar:

**CCE – Centro para a Conservação de Energia**  
Eng.º Feliz Mil-Homens / Eng.ª Fátima Esteves  
Estrada de Alfragide, Praceta 1, Alfragide – 2700 Amadora  
Tel. 471 14 54 / 471 81 10 / 471 82 35  
Fax 471 13 16



# Calor e Temperatura...

## mais uma vez

Maria Helena Caldeira <sup>a</sup>



Maria Helena Caldeira

*Professora Associada da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, desde 1984.*

*Licenciada em Física, pela FCTUC em 1971.*

*Obteve o grau de Mestre em Física Teórica em 1981.*

*Doutorou-se em Física Teórica na Universidade de Coimbra, em 1982.*

*Presidente do Conselho Pedagógico da FCTUC em 1984-1985.*

*Presidente da Mesa da Assembleia de Representantes da FCTUC em 1982-1983.*

*É membro do Centro de Física Teórica (INIC), exercendo a sua actividade de investigação nos domínios da Física Nuclear Teórica e de Fundamentos de Mecânica Quântica. Possui vários trabalhos publicados em revistas nacionais e internacionais.*

*Recentemente, tomou parte activa na criação de uma linha de investigação em Educação em Física, no Centro de Física Teórica, em que também colabora.*

*Integra também uma linha do INIC, cujo projecto consiste na Criação de Centros de Iniciação Científica.*

*Tem participado em vários congressos nacionais e internacionais. É Coordenadora, por parte da Física, do Mestrado em Ensino da Física e da Química.*

*Foi nomeada pelo Ministério da Educação e pela Sociedade Portuguesa de Física, consultora para a Reforma Educativa na área de Física. Neste âmbito, para além do trabalho de análise dos programas propostos, elaboração dos pareceres respectivos e participação em reuniões, orientou acções de formação de Professores formadores sobre os temas «Dificuldades Conceptuais no Ensino da Termodinâmica» e «Leis de Conservação».*

*Tem vindo a realizar vários cursos de actualização de Professores do Ensino Secundário, bem como palestras de divulgação de diversos temas de Física em Escolas Secundárias.*

*Quando uso uma palavra, ela quer dizer exactamente o que a ela atribuo - nem mais nem menos.*

(Lewis Carrol, *Alice do outro lado do espelho*)

### Introdução

A Termodinâmica é um dos ramos da Ciência que mais está presente nas nossas vidas. Desde o momento em que acordamos e pensamos como irá estar o dia (muito frio, necessitarei de um agasalho?), passando pela hora das refeições (que magnífico «laboratório» de Termodinâmica não constitui uma cozinha?), a cada momento deparamos com questões cuja explicação física se enquadra neste campo. Se até para iniciar uma conversa, quando o assunto escasseia ou é pouca a inspiração, surge sempre a fatídica frase «Está muito calor, não acha?»...

Por outro lado, e talvez devido a essa tão grande participação nas nossas vidas, a Termodinâmica é, com certeza, o campo em que o senso comum, traduzido na linguagem do dia-a-dia, exerce maior influência nas ideias intuitivas dos alunos. Calor e temperatura são, pois, palavras para as quais o estudante já possui um significado muito antes de iniciar o seu estudo em Termodinâmica. Estas ideias pré-adquiridas no quotidiano dificultam, como é natural, a aprendizagem dos conceitos científicos actualmente aceites e constituem uma constante barreira aos esforços do professor.

A complexidade do ensino da Termodinâmica levou à proliferação de artigos e discussões sobre este assunto. As opiniões divergem por vezes, quer no modo como se devem definir os conceitos, quer nas estratégias didácticas a adoptar. Com este trabalho, pretendemos contribuir para o aprofundamento dos conceitos de calor e temperatura, tentando estabelecer um quadro coerente, à luz das Leis da Termodinâmica.

### Lei Zero e noção de temperatura

O que é temperatura?

A resposta provável do cidadão comum a esta questão será talvez: «é o que se lê no termómetro», «é calor». A Mãe que embala carinhosamente o seu bebé lembrará o estado, nem

<sup>a</sup> Departamento de Física, Universidade de Coimbra.

muito frio, nem muito quente, da água com que lhe dá banho, a cozinheira dirá que é o que lhe mostra se o forno está suficientemente quente para os seus assados.

Todas estas ideias têm um ponto em comum: a temperatura como propriedade termodinâmica, relacionada com as percepções sensoriais de frio e quente.

Se, por outro lado, a mesma pergunta for feita a um químico, decerto que ele nos falará de imediato da energia cinética das moléculas; enquanto que a resposta de um astrónomo será, porventura, relacionada com a medida da energia radiante emitida pelas estrelas. Para além do mesmo ponto comum, evidente nas respostas anteriores - a temperatura como variável termodinâmica - esta interpretação aponta para um outro factor importante no significado deste conceito: a energia ou a tendência para energia ser transferida. Todos, no entanto, reconhecerão unanimemente que, se colocarem um corpo quente em contacto com um corpo frio, este deixará de estar tão frio e o primeiro arrefecerá, ficando ambos num estado de aquecimento intermédio.

De facto, parece ter sido reconhecido desde cedo que, quando corpos a diferentes temperaturas são postos em contacto e quando todas as mudanças daí decorrentes cessam, termómetros colocados em cada um dos corpos fornecem a mesma leitura. A verificação deste processo está intimamente ligada ao reconhecimento da necessidade de construção de termómetros. São bem conhecidos os primeiros, os «termómetros» florentinos (séc. XVI) que funcionavam com álcool, bem como o termómetro criado por Galileu. Fahrenheit (1686-1736) criou o primeiro termómetro reproduzível com precisão, o que tornou possível um estudo quantitativo sistemático de temperatura e calor.

Apesar de tudo, só muito mais tarde viria a ser formulada a Lei que generaliza tão importantes resultados experimentais: a Lei Zero da Termodinâmica, que poderemos expressar da seguinte forma:

«Dois corpos em equilíbrio térmico com um terceiro estão em equilíbrio térmico entre si».

A utilização de um termómetro tem, pois, como fundamento a aceitação desta Lei.

Lembremos que a designação de Zero (para alguns, Antepremera) se deve ao facto de a sua formulação e aceitação com esse estatuto apenas se ter verificado muito tempo depois de a primeira e a segunda terem sido formuladas. Este atraso no reconhecimento da sua importância e universalidade é bem revelador da dificuldade de compreensão do significado de equilíbrio térmico. Efectivamente, o processo de alcance do equilíbrio térmico (ao tempo chamado *equilíbrio de calor*) foi objecto de muita discussão e confusão às quais se presume não ser alheia a distinção ainda tão mal compreendida entre calor e temperatura.

É de toda a justiça lembrar aqui Joseph Black (1728-1799) pelo contributo prestado à clarificação deste problema, e, simultaneamente, à distinção entre *quantidade* e *intensidade de calor*, conforme se designavam na época. Temperatura ou *intensidade de calor* seria então a propriedade termodinâmica que traduzia de uma forma quantificada se um corpo está frio ou quente, o que, em linguagem dos sécs. XVIII e XIX e mesmo até da primeira metade do séc. XX, significaria medir o «calor do corpo», ou a tendência que este tem de receber ou ceder calor quando em contacto com outro.

Como explicamos hoje estes factos experimentais?

A matéria é mais energética a temperatura elevada que a baixa temperatura e o facto mais saliente é a tendência para se igualarem as temperaturas de dois sistemas postos em contacto térmico: passagem de energia do corpo «mais quente» para o corpo «mais frio», até que o equilíbrio térmico seja atingido. Diz-se então que o primeiro sistema estava a temperatura mais elevada que o segundo.

Assim sendo, temperatura é a propriedade que indica o sentido do fluxo de energia entre dois corpos postos em contacto térmico. Ou, como Zemanski [11], «a temperatura de um sistema é a propriedade que determina se o sistema está ou não em equilíbrio térmico com outros».

### 1.ª Lei da Termodinâmica. Calor e energia interna

Ao tentarmos explicar o conceito de temperatura e de equilíbrio térmico, necessitamos imediatamente do conceito de energia interna. Quando afirmamos que um corpo é mais energético a temperatura elevada, o que pretendemos dizer?

Sabemos que os fenómenos termodinâmicos se podem estudar sob os pontos de vista macroscópico, a partir das propriedades médias observáveis (temperatura, pressão, volume, etc.), e microscópico, no qual, à luz da Teoria Cinética da Matéria, se consideram os sistemas constituídos por partículas possuidoras de energia cinética devido aos diferentes tipos de movimento que executam, bem como de energia potencial decorrente das diferentes interações a que estão sujeitas. Então, porque não recorrer à análise microscópica sempre que esta ajude a esclarecer o significado mais profundo dos objectos do nosso estudo? Isto é possível, mesmo a nível do ensino básico, atendendo aos conhecimentos que os alunos vão adquirindo na disciplina de Química.

Não defendemos um estudo profundo, mas apenas uma abordagem simples, sempre que esta venha ajudar a esclarecer o significado do conceito em causa. Um exemplo é o caso do conceito de energia interna. Que apreenderá o aluno a este nível, se lhe for dito apenas, como é habitual em Termodinâmica, que a energia interna é uma função de estado (por muito bem que a noção de função de estado lhes seja ensinada), dada pelo trabalho realizado sobre o sistema num processo adiabático? Esta definição operacional de energia interna, claramente importante no contexto da 1.ª Lei, embora enalteça, e bem, a energia interna como característica própria do sistema, não esclarece quanto a nós minimamente o significado do conceito.

A descrição microscópica revela-se um óptimo auxiliar na tentativa da sua compreensão: conforme o nome indica, energia interna é a soma das energias cinética e potencial individuais das partículas constituintes do sistema.

Como facilmente se depreende, se nos debruçarmos sobre a definição microscópica de energia interna, esta grandeza física não pode ser medida directamente. Apenas diferenças entre dois estados podem ser inferidas a partir das variações das propriedades termodinâmicas, ou usando a 1.ª Lei. O cálculo destas variações é um dos problemas centrais da Termodinâmica.

Mas que diz, afinal, a 1.ª Lei? Traduzindo o princípio da conservação da energia, esta Lei afirma que a qualquer variação da energia interna de um sistema corresponde uma

variação simétrica da energia das respectivas vizinhanças, se pudermos considerar este conjunto um sistema isolado.

A energia interna de um sistema pode variar, essencialmente, por dois tipos de processos:

- Realização de trabalho.
- Transferência de energia não observável como trabalho macroscópico.

É à energia transferida sob a forma de trabalho microscópico que se chama calor.

Na abordagem microscópica, o conceito de calor não tem significado. Se reflectirmos um pouco e atendermos aos conhecimentos actuais, chegaremos à conclusão de que a palavra *calor* não se revela estritamente necessária, sendo mesmo frequentemente origem de muitas ideias erradas e grandes confusões. A menção de *passagem de calor*, *fluxo de calor*, *quantidade de calor* levam o aluno incauto à materialização de um conceito cujo significado profundo é algo de essencialmente diferente - o resultado de colisões atómicas e moleculares, enfim, de interacção electromagnética.

Mas esta designação existe, quer no contexto científico actual da Termodinâmica macroscópica, quer na linguagem corrente. É, pois, de todo o interesse esclarecer bem o seu significado e a pertinência do seu uso.

O calor (tal como o trabalho) é energia num processo de transferência. Daí as habituais definições «forma de energia» ou «energia em trânsito».

Convém notar que, quando o processo de transferência de energia cessa, deixa de existir razão para o uso dos termos «calor» ou «trabalho». Estas designações passam a não ter qualquer utilidade ou mesmo significado. É tão incorrecta a referência a «calor de um corpo» como «trabalho num corpo». O resultado de um processo de transferência de energia sob qualquer das formas referidas é apenas o aumento, decréscimo ou conservação da energia interna e não é possível detectar por qual das formas foi obtido.

Querendo chamar a atenção para o facto de que as variações de energia, hipoteticamente sofridas por um sistema, se devem exclusivamente à realização de trabalho macroscópico ou microscópico, frequentemente se refere que calor e trabalho são *processos* de transferência de energia. Porém, parecemos muito mais correcta a designação de *energia transferida* por diferentes processos, com ênfase para o conceito *energia*, pois tanto *trabalho* como *calor* são *energia* e não *modos* de a transferir. Um processo, tanto quanto é do nosso conhecimento, não se quantifica em Joule...

Chama-se frequentemente calor à energia transferida de um sistema para outro somente em virtude de uma diferença de temperaturas. Esta definição, dita calorimétrica, é algo restritiva, pelo que, hoje em dia, se adopta o conceito mais lato descrito acima: energia que é transferida como trabalho à escala microscópica e que não pode ser contabilizada como trabalho macroscópico.

Quanto a nós, a 1.<sup>a</sup> Lei da Termodinâmica deve ser ensinada no contexto da Lei Geral da Conservação da Energia, pelo maior enriquecimento que daí advém na compreensão desta, como sabemos, é tão difícil de «evidenciar». Lembremos que é o entendimento do próprio conceito de energia que está em jogo. Até à primeira metade do séc. XIX, energia (que se chamava «vis viva» por essa altura) restringia-se apenas ao trabalho mecânico. A sua conservação parecia falhar devido

às *perdas por atrito*. Foi o alargamento do conceito, pela inclusão de *calor* (fosse qual fosse o seu significado na altura) demonstrado por Benjamin Thompson, Conde Rumford (1753-1814), que levou Robert Mayer a fazer fé na conservação e enunciar pela primeira vez a Lei de Conservação da Energia, em 1842. Esta viria a ser confirmada, anos mais tarde, pelos resultados experimentais de Joule - a famosa determinação do equivalente mecânico do *calor* - e por Helmholtz que a testou em numerosas experiências no âmbito da Física, da Química e da Fisiologia.

## Algumas Reflexões

### ... Àcerca de Temperatura

A definição de Temperatura que propusemos satisfaz todos os casos do primeiro grupo de exemplos apresentados, mas poderá causar alguma insatisfação ao analisarmos aqueles que envolvam o mundo microscópico. Estabeleceu-se recentemente um debate sobre esta questão [1]. Baierlein defende que a função da temperatura não é falar-nos da quantidade de energia de um sistema físico, mas sim da sua tendência para transferir energia como calor. Numa tentativa de estabelecer uma ideia qualitativa de temperatura, distinta da de energia interna média, que servisse os interesses do ensino deste conceito a um nível elementar, propõe a definição:

«Temperatura é a medida do estado de aquecimento numa escala definida.»

Esta posição foi contestada por alguns autores que advogam definições de acordo com equações tradutoras de certos fenómenos físicos, usando modelos adequados, pois consideram absolutamente correcta a afirmação:

«Temperatura é uma medida de energia média (não necessariamente cinética) das moléculas ou átomos numa substância».

Apenas a título de exemplo ilustrativo, podemos citar:

- se o sistema fosse um gás ideal, a temperatura poderia ser obtida pela bem conhecida expressão

$$\frac{1}{2} m \bar{v}^2 = \frac{3}{2} kT$$

- mas se o gás em questão exigisse um modelo mais complicado ou mesmo correcções quânticas, a expressão já seria outra, certamente mais complexa;

- a temperatura do interior de um forno seria estudada através da relação que estabelece que a densidade de energia irradiada é proporcional à quarta potência da temperatura absoluta. Baierlein contrapõe que nenhuma das equações capta o significado essencial da temperatura e faz notar o nível da população a quem se pretende dirigir, ao escolher essa definição. Para alunos universitários prefere definir temperatura em termos de entropia. Na generalidade, concordamos com as opiniões expressas por Baierlein atendendo ao nível dos alunos a quem a estratégia proposta se pretende dirigir. A temperatura é uma variável termodinâmica e, consequentemente, pode ser relacionada com outras grandezas físicas (através da equação de estado). Daí poder dizer-se como se relaciona analiticamente com elas, para cada sistema em causa, e também, claro, com a energia. Essas expressões matemáticas dão a visão de como o fenómeno decorre, a

medida da influência das diferentes variáveis no processo e como se interligam, mas não revelam o significado dos conceitos envolvidos.

Por outro lado, dizer que a temperatura mede a energia cinética média das moléculas constituintes do sistema é, em nossa opinião, um erro a evitar. Esta afirmação só faz sentido para gases ideais, pois apenas neste caso se pode desprezar a energia potencial de interação e fazer a aproximação de a energia interna ser função unicamente da temperatura. Pese embora a forte correlação existente entre energia cinética interna e temperatura, convém salientar o seguinte: sendo verdade que quanto mais elevada for a temperatura de um corpo, mais energia as suas moléculas possuem em média, não devemos deixar de ter em conta que duas substâncias com a mesma energia média (total ou cinética), por molécula, não se encontrarão, em geral, à mesma temperatura.

A relação qualitativa entre energia interna e temperatura é mais um exemplo de como o recurso à explicação no contexto microscópico ajuda à dos processos, pois a interpretação «cinética» de energia interna permite explicar as transferências de energia em termos bem conhecidos da mecânica.

Apesar de tudo isto, achamos demasiado pobre a definição adoptada por Baierlein. Tendo em conta as ideias sobre calor e temperatura por nós detectada em alunos universitários [2], afigura-se-nos até perigosa. De facto, uma grande percentagem dos estudantes inquiridos nesse trabalho, referia que «a temperatura quantifica o calor do corpo de uma forma standardizada». A definição preferida deste autor pode assim, eventualmente, reforçar estas concepções.

Defendemos, pois, a definição por nós proposta, devendo a explicação do conceito de temperatura ser integrada num esquema coerente que envolva a noção de energia interna e a compreensão da Lei Zero e da 1.<sup>a</sup> Lei.

Poder-se-á contrapor que esta definição de temperatura não contempla, na totalidade, os possíveis casos que se podem estudar, mas concordamos com Baierlein que não só satisfaz plenamente na generalidade dos casos, como é a mais indicada pela simplicidade de que se reveste devido à sua «derivação» directa dos resultados da observação experimental e quotidiana.

O estudo do conceito de temperatura feito também em conjugação com a 2.<sup>a</sup> Lei e, conseqüentemente, com a noção de entropia, ajuda a ter dele uma visão mais ampla. No ensino superior, o significado de temperatura deve, pois, ser complementado deste modo, até porque os alunos já deverão possuir preparação matemática compatível. Alguns autores defendem que o conceito de entropia deve ser o primeiro a ser ensinado e que daí decorre facilmente a aprendizagem relativa a temperatura. Dada a reconhecida dificuldade de compreensão do significado de entropia, temos dúvidas se esta será a melhor opção.

#### ... A propósito de Calor

Apesar da evidência experimental, não foi fácil aos físicos libertarem-se do modelo do calórico. Numa época em que se afirmava inconcebível a propagação de qualquer perturbação sem a existência de um meio, como explicar a chegada à Terra do *calor do Sol*? Foi este mesmo um dos argumentos mais convincentes contra a teoria de Rumford. Se o calor

podia atravessar o vazio, então não podia ser *um modo de movimento da matéria*, como este defendia. Teria de ser, antes, uma substância bem diferente. Uma vez que a energia radiante exibia todas as propriedades da luz, deveria ser, qualitativamente, o mesmo fenómeno que esta. Inúmeras experiências foram realizadas nas primeiras décadas do século XIX, mas, apesar do progresso registado no estudo dos fenómenos electromagnéticos, encontram-se textos que mostram claramente a confusão ainda existente entre luz e calor na segunda metade deste século e no início do nosso. Max Planck, escreve, em 1912, no seu tratado sobre Teoria da Radiação [6]:

*... no que diz respeito às propriedades físicas, os raios de calor são idênticos aos raios de luz do mesmo comprimento de onda... Qualquer raio de luz é simultaneamente um raio de calor. Aplicaremos à radiação de calor todas as bem conhecidas da óptica experimental, especialmente as da reflexão e refração, bem como as que se relacionam com a propagação da luz.*

Não é, pois, de admirar que ainda hoje muitos educadores, plenamente conscientes do erro que significa a referência ao *calor do corpo*, não se sintam à primeira vista muito chocados quando os alunos referem o *calor do Sol*.

Uma vez que radiação electromagnética não é *calor*, qual o significado da expressão *calor do Sol* e do mecanismo de *transferência de calor* por radiação?

Façamos uma breve resenha acerca deste mecanismo, para melhor nos situarmos:

Qualquer corpo a uma temperatura acima do zero absoluto emite radiação electromagnética. A intensidade da radiação emitida depende em grande parte da sua temperatura, mas existem outros factores, como a natureza, ou o tipo de superfície exposta, que exercem influência no processo de emissão. Notemos que um corpo a 1000 °C emite a mesma quantidade de energia radiante, quer esteja na presença de outro a 100 °C ou a 0 °C.

Por seu lado, o processo de propagação de radiação não depende da temperatura do meio através do qual se está a propagar. Planck refere como exemplo o facto de que é possível concentrar os raios solares num foco, fazendo-os passar através de uma lente convergente de gelo, permanecendo esta à temperatura de 0 °C e incendiando um corpo inflamável.

Quando a radiação emitida atinge outro corpo, parte dela pode ser reflectida, parte pode ser transmitida através dele e a restante é absorvida, alterando a sua energia interna.

Se dois corpos, um a temperatura mais elevada que outro, são colocados a uma certa distância e de modo a que apenas possam efectuar trocas de radiação electromagnética, verifica-se uma troca contínua de energia entre si. O corpo mais quente emite maior quantidade de energia do que a que absorve, passando-se a situação inversa com o corpo a temperatura inferior. O equilíbrio térmico é estabelecido quando a taxa de energia absorvida por qualquer dos dois corpos é igual à taxa de energia emitida, mas o processo continua, cada corpo emitindo e absorvendo energia.

Da síntese apresentada é evidente que aqui dificilmente existe lugar para o termo *calor*. Querendo conservar a

designação *calor*, está terá de derivar de forma coerente da definição que se tiver adoptado.

Alguns autores, como Zemanski, apresentam uma explicação consistente, adoptando uma chamada definição termodinâmica de calor: «energia transferida por meios não mecânicos devido à diferença de temperaturas entre o sistema e as suas vizinhanças».

Para manter uma ligação lógica com a referida definição, aceitam como *calor* o resultado do balanço energético de todo o processo, isto é, a diferença entre a energia electromagnética total absorvida e a emitida. Pensamos que ressalta, de maneira bem evidente, neste exemplo o artificialismo que resulta da obrigatoriedade de se usar o termo *calor*.

Não deixa de ser verdade que o referido balanço energético depende da diferença entre as temperaturas dos dois corpos que efectuam entre si trocas de energia através de radiação electromagnética, mas não é devido a essa diferença que existe emissão ou absorção.

Pensemos no simples exemplo de um corpo aquecido pelo Sol. É óbvio que existe uma enorme diferença entre a temperatura do corpo e a da fonte emissora. Mas será que esta é determinante no processo?

O Sol prossegue a emissão independentemente do que se passa na Terra. Uma larga multiplicidade de factos se sucedem desde a emissão de energia à absorção pelo corpo de uma ínfima parte dela. Basta comparar a situação de um dia com núvens com outro de céu limpo. Também é verdade que um corpo mais frio demorará mais tempo a atingir determinada temperatura quando exposto ao Sol que outro à partida a uma temperatura mais elevada que o primeiro.

Apesar de tudo isto, o que nos parece essencial neste mecanismo é a variação de energia interna sofrida pelo corpo devida à interacção da radiação electromagnética com a matéria que o constitui. Essa interacção existe independentemente das temperaturas a que se encontram os corpos. Daí que pensemos ser muito forçado chamar à causa do aumento de energia interna do corpo por este processo *calor*, tanto no sentido calorimétrico como no sentido da definição designada por termodinâmica. Pensamos ser preferível optar pela definição «mais lata» de calor que expusemos de início. Além disso, cremos ser mais adequado usar a designação *mecanismos de transferência de energia*, num contexto mais alargado em que os processos de realização de trabalho macroscópico também sejam incluídos.

Poder-se-á perguntar a que é que se chamaria, neste caso, *calor*. Se não tivéssemos coragem para abolir o termo, ou necessitássemos de o explicar esclarecendo o significado da linguagem do dia-a-dia (*o calor do Sol*), diríamos que *calor* é a energia transportada pela radiação no acto de passagem para o corpo (energia a ser transferida para o corpo por um processo de trabalho microscópico). Mas não seria preferível acima de tudo não utilizar o termo *calor* neste contexto?

Tudo nos leva a crer que mais tarde ou mais cedo, haverá a coragem de abolir da linguagem científica a palavra *calor*. Afinal, como afirma Levy-Leblond [4] outras não menos importantes como «ímpeto» e «força viva», não obstante os nobres serviços prestados à causa da Mecânica Clássica, descansam hoje em paz no reino da História da Ciência...

## Considerações finais

É muito comum em Ciência falar de conceitos abstractos como se de entidades materiais se tratasse. Diz-se, por exemplo, que um corpo possui quantidade de movimento ou que contém carga, o que, numa situação de ensino, inevitavelmente aumenta a grande dificuldade que o jovem estudante encontra no acto de abstracção.

A senso comum interpreta o significado de calor como algo de material, de certo modo reminiscente do modelo do calórico, talvez por ser esta a forma mais fácil de o conceptualizar.

O professor tem, pois, que concentrar a sua atenção em desvendar as ideias que os alunos trazem para a sala de aula, levando-os a construir concepções cientificamente correctas. Assim, deverá ter o máximo cuidado com a sua forma de expressão. Que concluirá o aluno que, mesmo que inconscientemente, ainda «sente» o calor como se de um fluido se tratasse, quando ouve o professor falar da *quantidade de calor absorvido*, de *reservatório de calor*, etc., sem a prévia clarificação do significado dessas expressões?

Ainda neste contexto, nunca é demais lembrar o frequente uso incorrecto do verbo «aquecer», com o significado de fornecer energia sob a forma de *calor*. Aquecer significa tornar mais quente, e isso também se pode obter por meio de trabalho mecânico. E então, quando se está a *fornecer calor* a um corpo e este, em consequência, sofre uma transição de fase?

Outro ponto merecedor de atenção é a forma como se deve processar o ensino experimental. O recurso a experiências diversificadas com diferentes materiais proporciona um caminho em que o diálogo entre o professor e o aluno ajuda a esclarecer as ideias ainda deficientemente adquiridas. Nas experiências planificadas vulgarmente nas escolas de ensino básico e secundário, utiliza-se quase exclusivamente água, facto que se explicará provavelmente pela facilidade da sua obtenção. Está, porém, demonstrado [8] que estas se revelam demasiado restritivas, deixando encobertas muitas questões que se levantariam se fossem utilizados outros materiais. Porque não imaginar experiências simples sobre o tema «A Termodinâmica na Cozinha» ou então «A Termodinâmica num dia das nossas vidas»? Quão numerosos e ricos exemplos não encontraremos para explorar?

Um ponto importante a não esquecer são os efeitos provocados pelo aquecimento dos corpos, bem como a influência nas e das outras variáveis termodinâmicas (pressão, volume).

Nas experiências de obtenção do equilíbrio térmico, para além da análise do processo no sentido de uma clara distinção entre calor e temperatura, terá um efeito formativo relevante a chamada de atenção para o facto de que o fenómeno nunca se processa no sentido inverso: um corpo só por si não consegue elevar a sua temperatura, terá que ser outro a temperatura mais elevada a contribuir para esse fim. Se, pelo contrário, queremos arrefecer um corpo, necessitaremos de outro mais frio, pois a energia não passa espontaneamente do corpo mais frio para o mais quente. É por esta razão que colocamos o saco da água quente na cama, no Inverno, e os cubos de gelo no copo de sumos, no Verão...

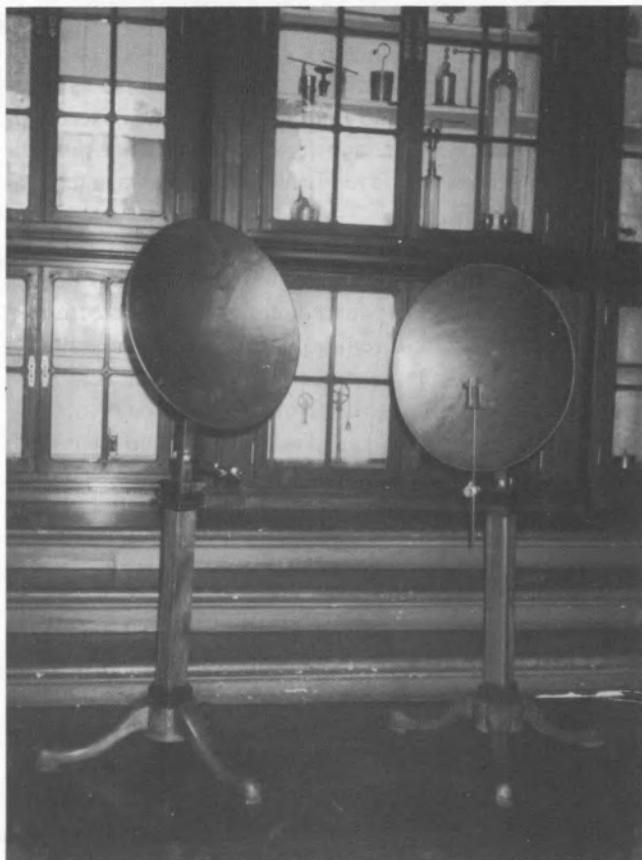
Mas se quisermos aquecer ou arrefecer e não tivermos facilidade de arranjar o tal corpo mais quente ou, na situação

inversa, o mais frio, recorreremos ao auxílio de máquinas, por exemplo eléctricas: um aquecedor ou um frigorífico... Como funcionam estas máquinas? Onde vão buscar energia? Estaremos assim a preparar já o terreno para o que se seguirá: a 2.ª Lei, o uso de máquinas térmicas e o aspecto, fundamental, da irreversibilidade de certos processos.

Acima de tudo, porém, dever-se-á, nesta fase inicial, aproveitar o ensino deste tema para concorrer para o bom entendimento do conceito que, afinal, está subjacente a toda a natureza e que é, sem dúvida alguma, o mais difícil de apreender - a energia.

#### Referências

- [1] Baierlein, R., *The Meaning of Temperature*, The Phys. Teach. Fevereiro 1990, 94; Alonso, M. e Munley, F., *On The Meaning of the Temperature*, The Phys. Teach. Outubro 1990, 441.
- [2] Caldeira, M. H. e Martins, D. R., *Calor e Temperatura - Que noção têm os alunos universitários destes conceitos?*, Gazeta de Física, 13, 2 (1990) 85.
- [3] Holton, G. e Brush, S. G., *Concepts and Theories in Physical Science*, Addison-Wesley Pub. Comp., 1973.
- [4] Levy-Leblond, J. M., *Quantum Physics and Language*, Physica B 151 (1988) 314.
- [5] Ogborn, J., *Dialogues concerning two old sciences*, Phys. Educ. 6 (1976) 272.
- [6] Planck, M., *The Theory of Heat Radiation*, Dover Pub., Inc., 1912.
- [7] Reynolds, W. S., *Thermodynamics*, McGraw-Hill, 1968.
- [8] Tiberghien, A., *Learning and teaching at middle school level of concepts and phenomena in Physics - The case of Temperature* (preprint).
- [9] Warren, J. W., *The Teaching of the Concept of Heat*, Phys. Educ. 7 (1972) 41.
- [10] Zemansky, M. W., *The Use and Misuse of the World «Heat» in Physics Teaching*, The Phys. Teach. 8 (1970) 295.
- [11] Zemansky, M. W., «Calor e Termodinâmica», Ed. Guanabara Dois S. A. 1978.



Espelhos côncavos, em latão polido, existentes no Museu do Departamento de Física da Universidade de Coimbra, utilizados na experiência dos espelhos conjugados, em que se verificava, como refere M. J. Jamin (*Cours de Physique*, vol. II. Paris 1868) que o calor, ao reflectir-se, segue o mesmo caminho que a luz.

LANCASTER  
UNIVERSITY



**International  
Conference  
on**

**Organic Substances  
in Soil and Water**

September 14-17, 1992

#### Secretariat

Miss C. Martin  
Centre for Research on Environment Systems  
Institute of Environmental and Biological Sciences  
University of Lancaster  
Bailrigg  
Lancaster  
LA1 4YQ  
United Kingdom

Tel.: 0524 65201 x

Fax: UK (0524) 843854

International (+44 524) 843854



## ***II Colóquio Internacional***

# ***Ensino Superior de Química em Línguas Internacionais de Origem Latina***

**(ESQLIOL II)**

*«Os Químicos de Expressão Latina perante o desafio  
do Ensino da Química no Futuro»*

**22 - 24 Setembro 1992**

**Málaga (Espanha)**

O Segundo Colóquio Internacional sobre «**Ensino Superior de Química em Línguas Internacionais de Origem Latina**» (ESQLIOL II), tal como foi acordado no I Colóquio realizado em Lisboa, realizar-se-á em Málaga (Espanha) de 22 a 24 de Setembro de 1992, subordinado ao Tema Geral «Os Químicos de Expressão Latina perante o Desafio do Ensino da Química no Futuro».

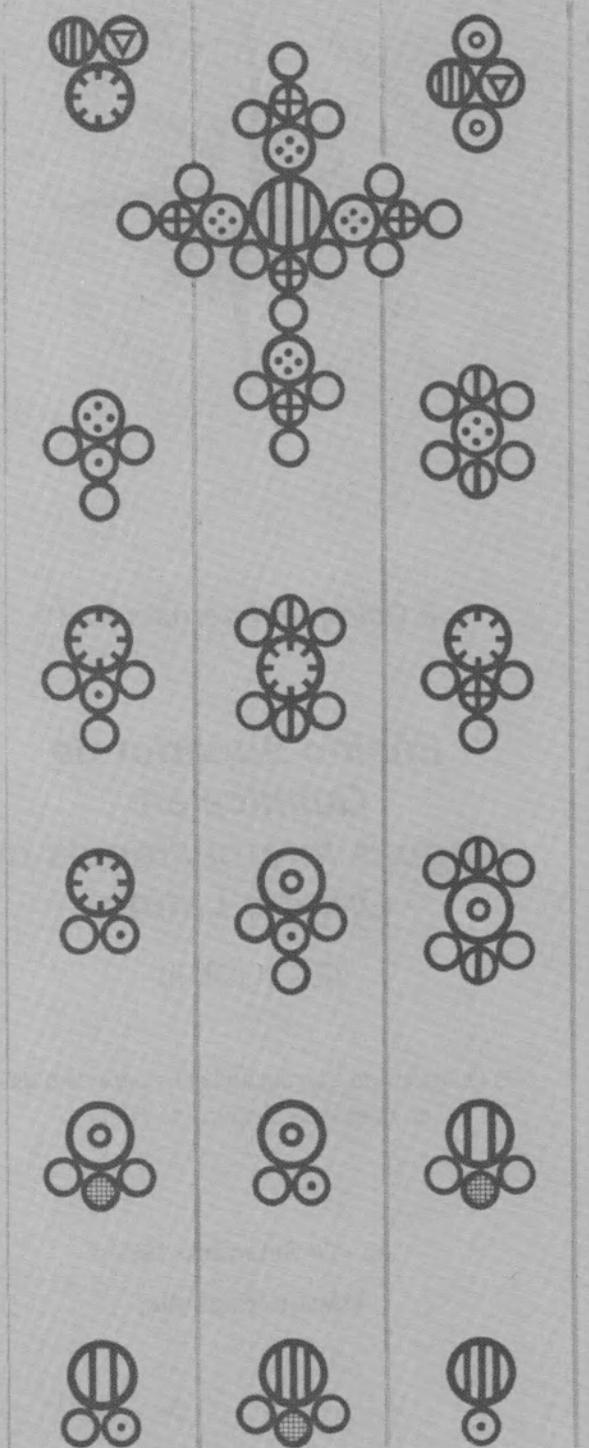
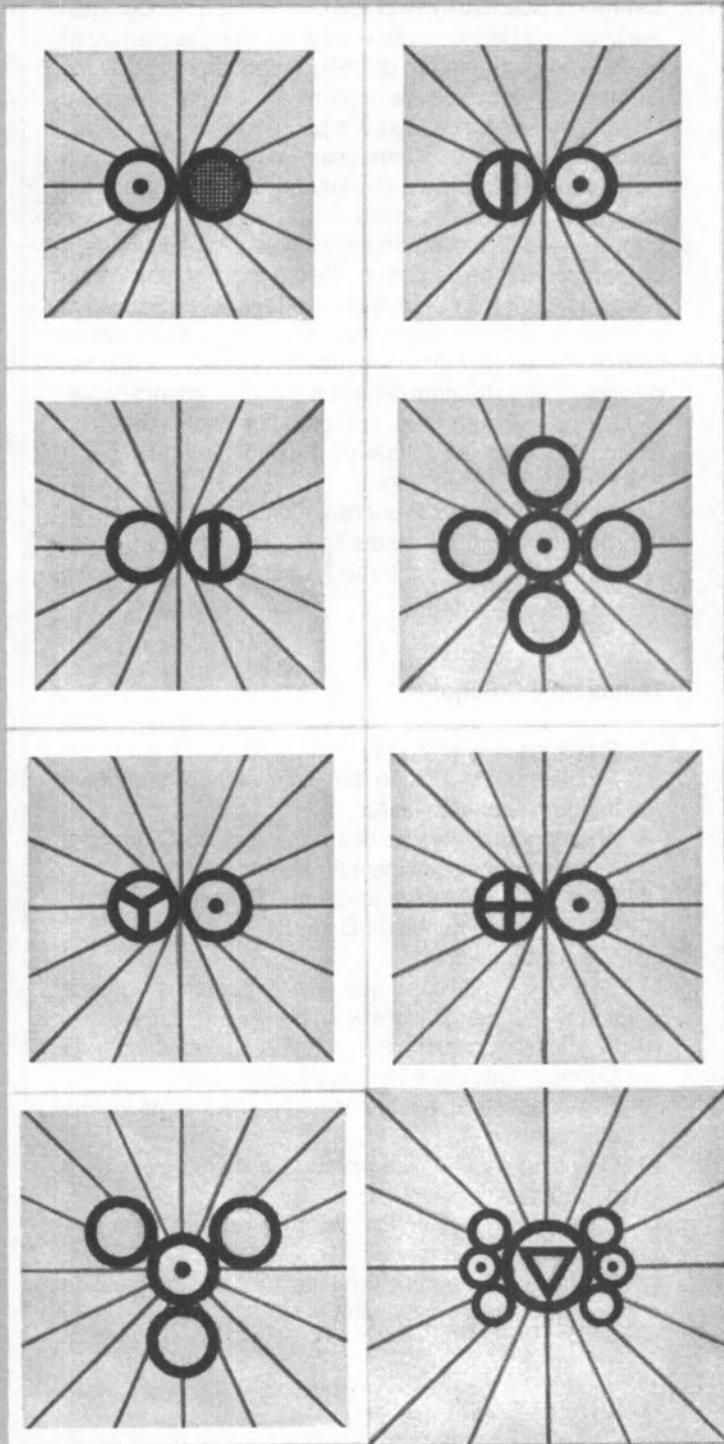
Entre os objectivos formulados para este Segundo Colóquio destacam-se o arranque de diversos projectos cooperativos, o intercâmbio de professores e de programas educativos dos diferentes países participantes, e preparação de meios para a difusão dos trabalhos realizados no campo da Didáctica e da Tecnologia Educativa e, como objectivo fundamental, aumentar a colaboração com os Países da África, América e Ásia onde as línguas de origem latina tenham difusão e reconhecimento oficial. O Colóquio é dedicado sobretudo a Professores do Ensino Superior e do final do Ensino Secundário e a Formadores de Professores.

Constará de Sessões Plenárias, Comunicações em cartaz, Seminários, Oficinas de Trabalho e Mesas Redondas. As línguas do Colóquio serão o Espanhol, o Francês, o Italiano e o Português.

### **Temas do II Colóquio**

- 1 Projectos cooperativos
- 2 Problemas do Ensino da Química nas diferentes línguas de origem latina
- 3 Abordagem didáctica dos conceitos de Química e relação com a psicologia de aprendizagem
- 4 Tecnologia Educativa aplicada à Química
- 5 Ensino experimental da Química
- 6 Ensino à distância
- 7 Conceitos básicos que os estudantes devem conhecer quando ingressam na Universidade
- 8 Insucesso escolar nos estudos universitários de Química. Causas e formas de o diminuir
- 9 Relações entre a Química, as Artes e as novas descobertas
- 10 O ensino da Química aplicada a outras ciências e actividades
- 11 A didáctica da Química nas suas aplicações a problemas da indústria
- 12 Formação e aperfeiçoamento dos professores de Química a nível universitário.

**Real Sociedad Española de Química  
Facultad de Ciencias – Universidad Complutense  
Ciudad Universitaria  
28040 Madrid (Espanha)**



# Acerca da relação entre as Propriedades dos Elementos e os seus Números Atómicos

– tabelas periódicas e sua evolução

M. Filomena G.F.C. Camões <sup>a</sup>



Filomena Camões

Licenciatura em Ciências Físico-Químicas - FCUL (1966).  
 Doutoramento em Química-Física - Universidade de Newcastle-Upon-Tyne-G.B. (1973).  
 Professora Associada de Química da Faculdade desde 1979, onde tem regido particularmente cursos de Química Analítica, Electroanalítica e Ambiental.  
 Responsável pela Linha de Acção «Células Galvânicas» do Centro de Electroquímica e Cinética da Universidade de Lisboa (CECUL) desde a sua fundação em 1975, onde é orientadora e co-orientadora de Doutoramentos e Mestrados. Tem pertencido a diversas Comissões Directivas do CECUL e foi Secretária do Centro em 1977-78.  
 Proponente a Coordenadora de Acções de Formação do Fundo Social Europeu para Técnicos Auxiliares de Laboratório.  
 Responsável por Acções de Formação para Professores do Ensino Secundário sobre Química Analítica e Instrumentação em Química.  
 Membro Associado da Comissão de Química Electroanalítica - V.5 da IUPAC, onde é coordenadora de projectos de investigação científica nesta área. Representante da Sociedade Portuguesa de Química na Working Party of Analytical Chemistry da Federação Europeia das Sociedades de Química.  
 Delegada em Portugal da EURACHEM.  
 Membro dos Comitês Científicos de diversas conferências científicas internacionais e «Referee» de revistas científicas nacionais e estrangeiras.  
 Membro das SPQ, SPElectroq., Royal Society of Chemistry e Chemometric Society.  
 Membro do Conselho Consultivo da Revista de Educação da FCUL.  
 Membro do Conselho de Gestão do Departamento de Química da FCUL (1976-77).  
 Membro da Comissão Directiva da FCUL (1977-78).  
 Presidente da Assembleia de Representantes (1988-89) e da Assembleia Geral de Escola (1988-90) da FCUL.  
 Autora de mais de 40 trabalhos de índole científica e pedagógica.

Embora possamos encontrar antecedentes de tentativas de agrupar os elementos químicos em função das suas semelhanças e diferenças

Lavoisier – «Tratado Elementar de Química»,  
 (1789) 23 substâncias elementares

Berzelius – Símbolos químicos; metais e metalóides  
 (1802)

Döbereiner – Três Tríadas: Ca, Ba, Sr  
 Cl; Br; I  
 Li; Na; K

Os elementos com comportamento semelhante agrupam-se três a três. Insuficiente para agrupar os 45 elementos já conhecidos à altura.

Dalton – Teoria atómica  
 (1860) 70 elementos

Charcourtois – Os elementos são ordenados por ordem  
 (1862) e crescente dos pesos atómicos sendo-lhes atribuído um número a começar em 1.  
 Newlands – São depois divididos sequencialmente por  
 (1863) grupos encabeçados pelos sete primeiros elementos então conhecidos; apresenta no entanto incoerências.

H Li Be B C N O  
 F Na Mg Al Si P S

.....

:

:

Por analogia com as escalas de música, ficou conhecida como a (*lei das «oitavas»*).

a tabela periódica que usamos hoje em dia resulta do desenvolvimento da classificação elaborada pelo químico russo Dmitri Ivanovich Mendeleev (1834-1907) e pelo físico alemão Lothar Meyer (1830-1895). Embora trabalhando separadamente, desenvolveram sistemas periódicos análogos que publicaram com poucos meses de intervalo: Mendeleev publicou primeiro!

Dmitri Ivanovich Mendeleev nasceu na Sibéria em 1834.

<sup>a</sup> Centro de Electroquímica e Cinética da Universidade de Lisboa, Dep. de Química, Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa.

Dada a sua origem viu a sua admissão nas Universidades de Moscovo e de S. Peterburgo interdita. Adquiriu então a qualificação como Professor no Instituto Pedagógico de S. Petersburgo. Colocado a seu pedido em Odessa regressou posteriormente a S. Petersburgo, onde se formou em Química em 1856. Em 1859 o Governo enviou-o para a Universidade de Heidelberg, na Alemanha, onde trabalhou com G. Kirchoff e R. Bunsen.

Começou a estudar os elementos constituintes das substâncias que se nos deparam no dia-a-dia. Descobriu assim propriedades de alguns elementos mais comuns na Natureza, como sejam hidrogénio, carbono, azoto, oxigénio e cloro que lhe serviram de referência no estudo de outros elementos. Em Setembro de 1860 participou no 1.º Congresso de Química em Kalsruhe onde estabeleceu importantes contactos com S. Cannizzaro de quem recolheu informações relativamente aos elementos conhecidos, particularmente quanto às diferenças entre valores das massas atómicas e das massas moleculares.

Regressou à Universidade de S. Petersburgo, embora sem cargo fixo, o que veio a alcançar em 1864. Começou por leccionar Química Orgânica, tendo publicado um livro de grande aceitação, sobre o assunto.

Em 1867 foi nomeado Professor de Química Geral tendo sentido a necessidade de elaborar um livro de texto para os seus alunos. Ao preparar o livro passou em revista as suas «fichas» sobre os elementos, deparando-se-lhe uma repetição periódica de propriedades, o que o motivou para a reflexão e pesquisa.

O seu livro «Princípios de Química» conheceu 8 edições em Russo e várias traduções em Inglês, Alemão e Francês.

Em Março de 1869 Mendeleev apresentou à Sociedade de Química Russa a comunicação «Acerca da Relação entre as propriedades dos Elementos e os seus Pesos Atómicos» [1] que apareceu transcrita em sinopse no Zeitschrift für Chemie, no Outono do mesmo ano.

Os elementos na Tabela de Mendeleev, Figura 1, estão organizados em linhas por ordem crescente do peso atómico. Interrompendo as linhas, ou PERÍODOS, no local apro-

priado, a sua justaposição dá origem a colunas, ou GRUPOS, de forma que os elementos de cada grupo têm propriedades semelhantes.

A classificação de Mendeleev, tal como a de Newlands assentava na «Variação periódica das propriedades físicas e químicas dos elementos em função dos respectivos pesos atómicos».

Com este critério ambas apresentavam inversão de três elementos: Iodo-Telúrio; Árgon-Potássio e Cobalto-Níquel, distinguíam-se no entanto na medida em que a classificação de Mendeleev apresentava espaços vazios que vieram a ser progressivamente ocupados por elementos até então desconhecidos e para os quais tinha previsto as características.

Percorrendo a sua Tabela iam-se encontrando periodicamente os elementos de uma mesma família, daí recebendo a designação de Tabela Periódica.

A Tabela publicada meses mais tarde por L. Meyer é praticamente idêntica [2].

Entretanto, descobertas sobre a existência de uma estrutura interna do átomo [3] forneceram as bases teóricas que justificariam a periodicidade dos elementos químicos como consequência dessa estrutura atómica.

Ao considerar unitária a carga do núcleo do átomo de hidrogénio, Moseley (1910) concluiu que as cargas positivas dos núcleos de todos os outros átomos são múltiplos inteiros daquela, introduzindo assim o conceito de número atómico, correspondendo afinal ao número de ordem anteriormente atribuído por Mendeleev.

Também cerca de 1910, Sir E. Rutherford defendeu a pouca importância do peso atómico, para efeitos classificativos, pois isótopos, com peso atómico diferente, mas com o mesmo número atómico, têm essencialmente as mesmas propriedades.

O modelo de distribuição electrónica de Bohr [4] vem explicar a gradação das propriedades físicas e químicas das famílias de elementos, desde uns mais reactivos a outros mais inertes, tendo Bohr preferido uma organização em pirâmide, Figura 2.

GRUPO I — R <sub>2</sub> O	GRUPO II — RO	GRUPO III — R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	GRUPO IV — RH <sub>4</sub> RO <sub>2</sub>	GRUPO V — RH <sub>5</sub> R <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	GRUPO VI — RH <sub>6</sub> RO <sub>3</sub>	GRUPO VII — RH <sub>7</sub> R <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	GRUPO VIII — RO <sub>4</sub>
H = 1							
Li = 7	Be = 9,4	B = 11	C = 12	N = 14	O = 16	F = 19	
Na = 23	Mg = 24	Al = 27,3	Si = 28	P = 31	S = 32	Cl = 35,5	
K = 39	Ca = 40	— = 44	Ti = 48	V = 51	Cr = 52	Mn = 55	Fe = 56, Co = 59 Ni = 59, Cu = 63
(Cu = 63)	Zn = 65	— = 68	— = 72	As = 75	Se = 78	Br = 80	Ru = 104, Rh = 104 Pd = 106, Ag = 108
Rb = 85	Sr = 87	? Yc = 88	Zr = 90	Nb = 94	Mo = 96	— = 100	
(Ag = 108)	Cd = 112	In = 113	Sn = 118	Sb = 122	Te = 125	I = 127	
Cs = 133	Ba = 137	? Di = 138	? Ce = 140				
		? Er = 176	? La = 180	Ta = 182	W = 184		Os = 195, Ir = 197 Pt = 198, Au = 199
(Au = 199)	Hg = 200	Tl = 204	Pb = 207	Bi = 208			
			Th = 213		U = 240		

FIGURA 1  
Tabela original de Mendeleev

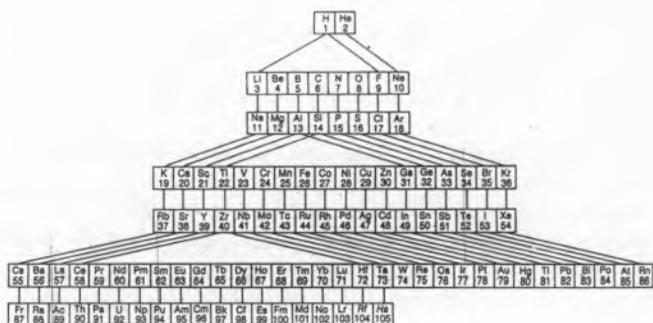


FIGURA 2  
Tabela de Bohr em Pirâmide

O desenvolvimento da teoria electrónica de valência e estrutura molecular com início no postulado da partilha de pares de electrões, por G.N. Lewis em 1916 também desempenhou parte importante na explicação da lei da periodicidade.

Outros avanços resultaram da formulação das regras gerais da Teoria Quântica de W. Wilson e A. Sommerfeld em 1916, a descoberta do princípio de exclusão de W. Pauli em 1925, a descoberta do *spin* do electrão por G. Euhlenbeck e S. Goudsmit em 1925 e o desenvolvimento da Mecânica Quântica de W. Heisenberg e E. Schrödinger no mesmo ano.

Em 1922 verificaram-se algumas lacunas, restando por descobrir os elementos de número atómico 43, 61, 72, 75, 85, 87 e superior a 92.

A partir da Tabela de Bohr, Deming [5] desenvolveu uma versão alargada da Tabela Periódica, Figura 3 com 18 grupos.

FIGURA 3  
Tabela de Deming com 18 Grupos

Este sistema periódico contém todos os elementos descobertos e os que vieram a ser progressivamente descobertos ou produzidos em reacções altamente energéticas por ordem dos números atómicos, organizada em sete períodos horizontais e dezoito grupos verticais. Os períodos têm extensões diferentes.

Há primeiro o período do hidrogénio com dois elementos, H 1 e He 2. Há depois dois períodos de oito elementos cada, o primeiro período curto de Li 3 a Ne 10 e o segundo período curto de Na 11 a Ar 18.

Seguem-se dois períodos de 18 elementos cada, o primeiro período longo de K 19 a Kr 36 e o segundo longo de Rb 37 a Xe 54.

O período seguinte, longo de 32 elementos Cs 55 a Rn 86 é condensado em 18 colunas por omissão dos lantanídeos (ou lantanóides) desde Ce 58 a Lu 71 e dos actinídeos (ou actinóides) desde Th 90 a Lr 103, que são indicados separadamente na parte inferior, permitindo que os 18 resultantes, semelhantes aos correspondentes do 2.º e 3.º períodos longos, fiquem imediatamente abaixo. O último período está incompleto. As propriedades destes elementos indicam que será mais um segundo período longo de 32 elementos que ficaria completo no elemento 118.

Convencionou-se designar os elementos a partir do elemento de número atómico 104 inclusive com base no nome latino que traduz o número de ordem,

Ex.: Unq 104 - U nil quadim  
Unp 105 - U nil pentium  
Unh 106 - U nil hexium  
:  
:

Configuração electrónica;

Electrões de valência

	Período curto	H, He:	2 elementos	1s
1.º	»	»	Li ... Ne: 8	» 2s, 2p
2.º	»	»	Na-Ar: 8	» 3s, 3p
1.º	»	longo	K-Kr: 18	» 3d, 4s, 4p
2.º	»	»	Rb-Xe: 18	» 4d, 5s, 5p
	»	»	Cs-Rn: 32	» 4f, 5d, 6s, 6p
	»	incompleto	Fr-118:32	» 5f, 6d, 7s, 7p

Os elementos dispostos na mesma coluna, ou grupo, apresentam configurações electrónicas semelhantes para os electrões periféricos, ou electrões de valência. Os dois primeiros grupos correspondem ao preenchimento de electrões de valência em orbitais s. Os dez grupos seguintes correspondem à ocupação progressiva de orbitais d. Os últimos 6 grupos correspondem à ocupação de orbitais p. Os elementos dos grupos s e p são conhecidos por elementos representativos e os elementos dos grupos d são usualmente designados por elementos de transição.

Para referenciar os grupos era usada a numeração romana: o número de um grupo indica o número de electrões de valência. Os dois primeiros grupos e os últimos seis recebiam adicionalmente a notação «A» (o Grupo dos Gases Nobres, inicialmente localizado à esquerda da tabela por Deming com o número de ordem zero, foi posteriormente transferido para a direita recebendo a designação de Grupo VIII A).

Os grupos intermédios, Grupos de Transição, eram designados por «B» de tal forma que para um mesmo número houvesse correspondência entre óxidos do Grupo A e óxidos do Grupo B.

Os grupos encimados por Ferro, Cobalto e Níquel não receberam designação A ou B.

Esta foi a versão divulgada ao longo de vários anos por Sargent-Welch Scientifica Company, Skokie, Illinois, USA e que cada membro da Sociedade Portuguesa de Química pode encontrar no verso do seu cartão de sócio!

Não pode no entanto dizer-se que a utilização de tal nomenclatura tenha sido generalizada pois verifica-se que particularmente as designações A e B foram largamente usadas e abusadas de forma arbitrária, quer em livro de texto, quer em artigos científicos. Um estudo sobre o assunto [6] revela que em 10% dos artigos citados no Chemical Abstracts é inclusivamente quase impossível deduzir claramente sobre quais os elementos em causa.

De facto, por exemplo, em 1924, W.M. Welch Manufacturing Company publicou uma versão reduzida da Tabela Periódica, que se poderá atribuir a uma proposta de H. Hubbard, ex-Secretário do National Bureau of Standards em que, nos grupos III a VII as designações A e B eram usadas exactamente de forma contrária à de Deming.

Também na Europa foi popular uma versão em que à numeração I<sub>A</sub> e II<sub>A</sub> dos metais alcalinos e alcalino terrosos se

seguia III<sub>A</sub>, IV<sub>A</sub>, ..., VIII<sub>A</sub> desde o Grupo do escândio aos do ferro, do cobalto e do níquel! Surgia em seguida I<sub>B</sub> e II<sub>B</sub> para cobre e zinco seguidos de III<sub>B</sub>, IV<sub>B</sub>, ..., VII<sub>B</sub> desde o boro, carbono, azoto, oxigénio, até aos halogéneos. Em 1970 a Comissão de Nomenclatura em Química Inorgânica da União Internacional de Química Pura e Aplicada (CNIC-IUPAC) [7] recomendava ainda uma sequência análoga mas utilizando algarismos árabes, omitidos no entanto os elementos dos três primeiros grupos.

A partir de 1980 a CNIC procurou resolver esta situação tendo chegado à recomendação publicada na edição de 1988 do «Nomenclature of Inorganic Chemistry (Part I)» (vulgo Livro Vermelho). Apesar de existirem publicados numerosos e diversificados sistemas de organização [8], a versão adoptada baseia-se numa proposta de A. Oländer de 1972 e da qual ele tinha registado direitos de autor desde 1956, publicada a primeira vez em 1964. Nela, os grupos da Tabela Periódica começavam com o grupo dos Gases Nobres e recebiam a numeração seguida de 0 a 17. A única alteração residiu em fazer desaparecer o grupo 0 passando os gases nobres para o fim com a numeração 18, Figura 4.

18 GRUPOS

	1																	18	
	1	2											13	14	15	16	17	2	
	2	3	4											5	6	7	8	9	10
	3	11	12	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
7 PERÍODOS	4	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
	5	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
	6	55	56	57-71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86
	7	87	88	89-103	104	105	106												
LANTANÍDEOS	*	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71			
ACTINÍDEOS	**	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103			

FIGURA 4

Tabela 1 a 18, actual recomendação de CNOC-IUPAC

Em termos de números tudo se manteve, excepto para os elementos boro, carbono, azoto, oxigénio e flúor que eram os primeiros elementos dos Grupos III<sub>A</sub> a VII<sub>A</sub> (ou III<sub>B</sub> a VIII<sub>B</sub>?!; ou 3<sub>B</sub> a 7<sub>B</sub>?!) e passaram a pertencer aos grupos 13 a 17.

Esta proposta foi alvo de várias críticas, a maioria das quais se relacionava com a perda de correlação entre os números das colunas e os números de oxidação ou os números de electrões de valência.

Algumas objecções acompanhadas de propostas alternativas são tendentes a manter a distinção entre Grupos Principais e Grupos de Transição, por exemplo recorrendo às letras M (Main) e T (Transition) ou L (Left) e R (Right) que pecam pela falta de universalidade da língua inglesa).

Outra objecção parte dos químicos e físicos do estado sólido para quem a alusão aos semicondutores III/V se torna familiar. Não se vê qualquer conveniente em continuar a usar tal referência [9].

Foi no entanto eliminada a possibilidade de utilização arbitrária de A ou B para os grupos e a mesma correlação anterior pode ser facilmente encontrada à custa de uma pequena mnemónica, pois que um átomo quer de um grupo principal, quer de um grupo de transição tem um número de electrões de valência igual ao último dígito do número da coluna respectiva; (apenas os elementos do grupo 10 têm 10 electrões de valência).

Os electrões de um grupo representam a soma dos electrões s+p+d a seguir ao gás nobre anterior. A nova numeração tem ainda a vantagem de eliminar três grupos com a mesma designação VIII que passaram a ser os grupos 8, 9 e 10.

Os apoios à notação 1 a 18 foram no entanto largamente encorajadores e extensas listas de méritos foram salientados, acompanhados inclusivamente de sugestões de mnemónicas tendentes a facilitar a adopção do novo sistema [10, 11], o que levou a CNIC a fazer a recomendação, sem no entanto deixar de incluir alguns comentários. A IUPAC não faz leis, faz recomendações com base na experiência dos membros das suas comissões e apela à ampla discussão e comentário sobre este como sobre outros assuntos que são do interesse de todos os membros da comunidade dos químicos. A Comissão é de opinião que seja qual for o tempo necessário, recomendações sobre designações e formato da Tabela Periódica devem corresponder ao mais largo consenso possível, todos sendo convidados a apresentar as suas propostas à CNIC.

## Referências

- [1] D.I. Mendeleev, *J. Russ. Chem. Ges.*, 1, 60 (1869).
- [2] L. Meyer, *Liebigs Ann. Chem. Suppl.*, 7, 354 (1970).
- [3] T. Bayley, *J. Am. Chem. Soc.*, 20, 927, 935 (1898).
- [4] N. Bohr, *Z. Phys.*, 9, 1 (1922).
- [5] H.G. Deming - General Chemistry, New York (1923).
- [6] N.C. Fernelius e W.H. Powell, *J. Chem. Educ.*, 59, 504 (1982).
- [7] Nomenclature of Inorganic Chemistry, 2nd Edition, Butterworths, London (1970).
- [8] The Periodic System of Chemical Elements, Ed. J.W. van Sprosen - Elsevier, Amsterdam, 1969.
- [9] D.H. Busch, *Chemistry International*, 9,49 (1987).
- [10] N.E. Holden, *Chem. Eng. News*, 64, n.º 115,3 (1986). R.J. Tykodi, *Chem. Eng. News*, 64, n.º 15,3 (1986).
- [11] E. Fluck e K. Rumpf, *Chemie in unserer Zeit*, 20, 111 (1986).

FEDERATION OF EUROPEAN  
CHEMICAL SOCIETIES  
*Working Party in Chemical Education*

## **1<sup>st</sup> European Conference on Research in Chemical Education**

### **1<sup>st</sup> ECRIRE**

1<sup>ère</sup> Conférence Européenne sur la  
Recherche en  
Didactique de la Chimie

### **9<sup>èmes</sup> JIREC**

9<sup>èmes</sup> Journées de l'Innovation et  
de la Recherche  
dans l'Education en Chimie



**First Circular  
Première Circulaire**

**25 - 28 / 08 / 1992  
Montpellier  
France**

*Organisées par / Organized by*  
**Société Française de Chimie**

## **RESEARCH IN CHEMICAL EDUCATION**

### **Conference Aims**

*Representations - Conceptions*

*Evaluation*

*Trends in didactics*

*Problem solving*

*Experimental teaching*

*Computer-assisted teaching*

*New technologies*

### **Objectives**

*To describe the state of chemical education  
research and to help chemists develop  
this research*

*To develop a european cooperation for  
the defense and survival of didactics*

*To demonstrate interest of  
chemical education research*

*To involve more and more chemists  
in this research*

*To improve chemistry teaching*

*To single out priorities*

### **Language**

English - French

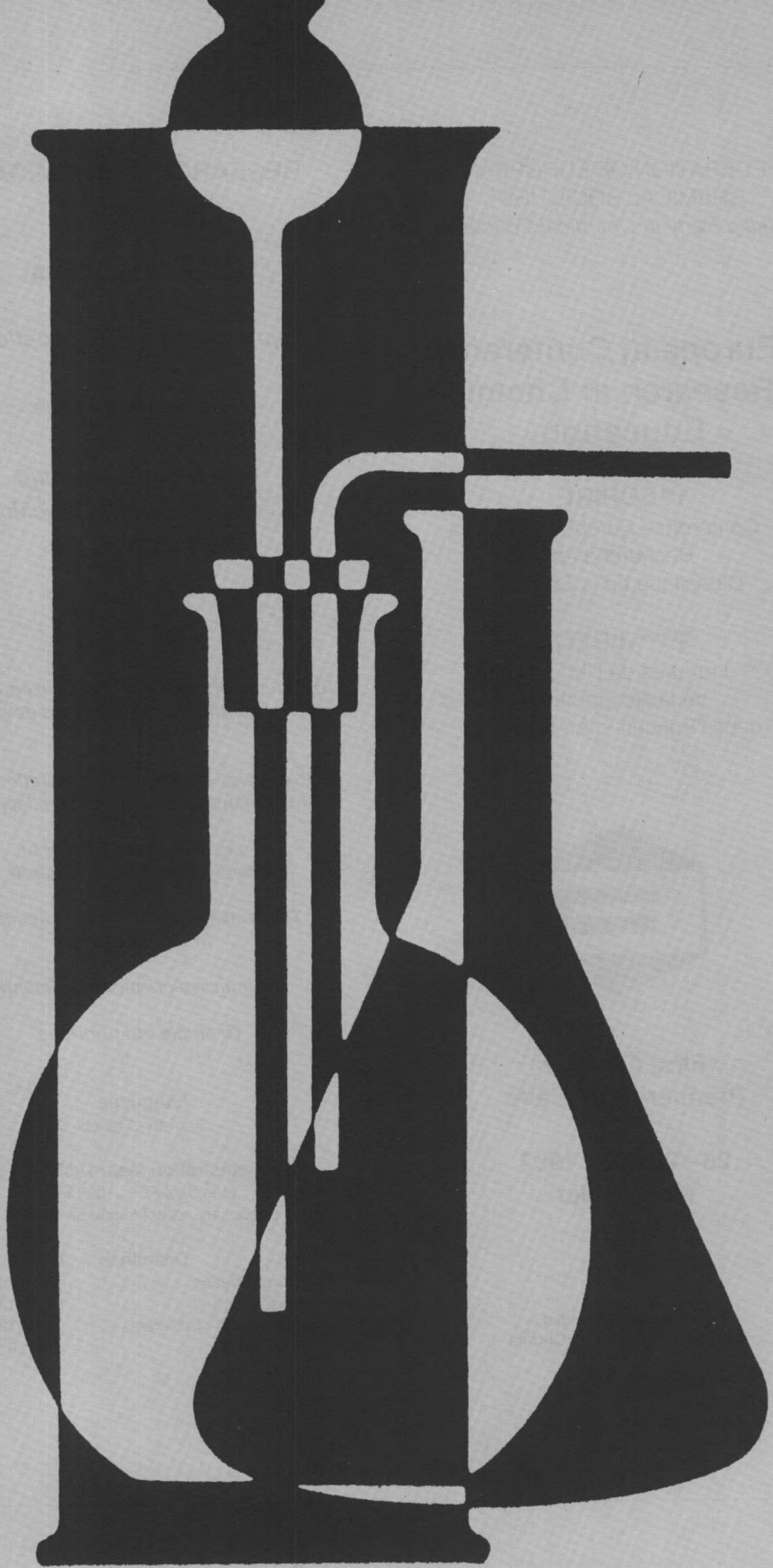
**Registration fees: 1500 FF**

Members FEC: 1000 FF

Secondary school teachers: 400 FF

### **Deadlines**

Preregistration	01/15/92
Registration	04/01/92
Submission of abstracts	04/01/02
Full papers	06/30/92



# Trabalho Experimental<sup>\*,\*\*</sup>

– finalidades e recursos

Mariana P. Pereira<sup>a</sup>



Mariana Pereira

Bacharel em Química (1970) por Universidade de Lisboa.  
Licenciada em Química – ramo de Química-Física (1973) por Univ. de Lisboa.

Estágio Pedagógico no Ensino Secundário (1974).

Mestrado em «Science Education» (1975) por Northwestern University, Evanston (Supervisor: Prof. E. Victor).

Doutoramento em «Chemical Education» (1981) por University of East Anglia, UK (Supervisor: Prof. M.J. Frazer).

Professora do ensino secundário de Novembro de 1971 a Março de 1982.

Docente do Dep. de Química da Fac. de Ciências da Universidade de Lisboa de Abril de 1982 a Julho de 1983.

Actualmente Professora Associada do Dep. de Educação da Fac. de Ciências da Universidade de Lisboa, onde ingressou em Julho de 1983, após a sua criação.

Trabalho desenvolvido na formação de professores (inicial e contínua): lecciona cadeiras nas licenciaturas em ensino e no mestrado em Metodologia do Ensino das Ciências, orienta estágios pedagógicos, e supervisiona teses de mestrado e de doutoramento (seis das quais concluídas).

Efectua Investigação e Desenvolvimento Curricular no Ensino das Ciências, e, em particular no Ensino da Química, com trabalho desenvolvido em Portugal e no Brasil, desde o primário ao universitário.

Integra projectos de investigação na Universidade de Lisboa e de Coimbra.

Colabora em projectos com a Universidade de Paris VII.

Pertence à rede do CIFEC – Centre International sur l'Enseignement de la Chimie – centro da Unesco com sede em Montpellier, e à rede INISTE – International Network for Information in Science and Technology Education – da Unesco.

Representante nacional do CTC-IUPAC (Comité do Ensino da Química da IUPAC) de 1979 a 1987.

Elemento da Comissão Organizadora do 1.º Encontro Internacional sobre Educação em Química (Lisboa, 1978), do sector de Educação do 7.º Encontro Anual da SPQ (Queluz, 1984).

Secretária (em col. do Simpósio do CTC-IUPAC (Lisboa, Set. 1988) e do 1.º ESQLIOL - Colóquio das Sociedades e Redes de Químicos de Língua Latina (Lisboa, Nov. 1989).

Responsável pelas actividades de Educação da SPQ (Zona Sul) desde 1978, em particular da Olimpíada de Química de 1982 a 1989.

Vários artigos sobre Educação em Ciências em publicações nacionais e estrangeiras e em Actas de Congressos.

Colaborou no Boletim da SPQ, desde 1978, com diversos artigos de divulgação.

Três livros publicados e Editor de várias publicações, entre as quais a versão em português da International Newsletter on Chemical Education, do livro de Actas do Simpósio CTC-IUPAC, do Livro de Actas do 1.º ESQLIOL e da Colectânea de Provas da Olimpíada de Química.

Imagine-se perante a tarefa<sup>\*\*\*</sup> de planear todo um curso laboratorial para o ensino do 3.º ciclo da escolaridade básica. Para que iria utilizar o laboratório? Que requisitos teria o curso laboratorial? Qual seria o orçamento previsto? Estudantes do 4.º ano da licenciatura em ensino, perante esta tarefa, colocaram-se numa posição em que eles dão as indicações e «alguém» tem que equipar o laboratório. Nenhum deles se posicionou numa perspectiva alternativa de ter que colaborar na construção e montagem do laboratório, utilizando, em particular, material em pequena escala (MaPE) de baixo custo. A posição assumida reflecte uma vivência de uma situação centralizada e com pouca ou nenhuma autonomia.

Os laboratórios e as experiências estão frequentemente associados ao ensino de uma ciência como a Química [1], havendo um isomorfismo entre o que se faz em ciência e o que se pode fazer no ensino. Contudo, os nossos alunos parecem ter uma visão distorcida do trabalho que os/as cientistas realizam [2]. Uma razão para tal insere-se nas descrições em livros escolares, em que natureza do trabalho desenvolvido pelos cientistas não vem referida [3]. Outra razão provém da inculcação de estereótipos comunicados por vários *media* [4]. Vivemos numa época caracterizada simultaneamente por uma dependência da ciência e por manifestações contra a ciência [5]. Esta imagem com duas facetas contraditórias acentua-se à medida que os alunos progredem na escolaridade [6, 7]. À escola cabe a responsabilidade de corrigir esta dupla imagem e comunicar eficazmente o trabalho e o modo de trabalho desenvolvido em ciência.

## Observação e interpretação

Durante um certo tempo foi apresentado como apoio da justificação para o trabalho experimental o provérbio: *Ouçó e esqueço-me, vejo e lembro-me, faço e compreendo*. Actualmente este provérbio é refutado [8] reconhecendo-se que a

\* Parte do trabalho descrito neste artigo reflecte materiais constantes do curso de *Didáctica de Ciências da Natureza*, coordenado pela autora [29]

\*\* Embora muitas das considerações apresentadas neste artigo se apliquem a qualquer nível de ensino, o artigo dirige-se principalmente ao ensino básico, devido à importância de que se reveste a introdução da Química neste nível de ensino.

\*\*\* A tarefa descrita foi realizada à semelhança do concurso organizado pelo Jornal «Observer» em 1967, descrito em Blishen [30], e abordado por este autor e ainda por White e Brockington [31].

<sup>a</sup> Departamento de Educação, Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa.

observação está dependente da teoria. Atente-se na seguinte história [9]:

Hoje na aula de Química estivemos a fazer experiências. Num dos pratos duma balança equilibrada tínhamos um frasco com dois tubos de ensaio, cada um com um líquido branco – ah, incolor. Juntámos os líquidos: formou-se um sólido amarelo lindo. Como se formou um sólido devia pesar mais; mas a balança continuou na mesma. Depois, num dos pratos da balança equilibrada tínhamos um frasco tapado, com pedacinhos de cobre e um tubo com um líquido incolor. Deixámos cair o líquido por cima do cobre. O frasco ficou cheio dum gás castanho e o líquido ficou esverdeado. Como se formou um gás «sabíamos» que ia pesar menos. Mas a balança não se mexeu. A balança devia estar estragada.

Mesmo perante a evidência das suas observações a aluna baseia-se numa «teoria» sua para dar a explicação do fenómeno em estudo.

### Demonstração

Um dos modos de apresentar o trabalho experimental consiste em efectuar uma demonstração. Na raiz deste termo está a palavra «mostrar». A demonstração é um método de ensino importante ao permitir que os alunos aprendam vendo um determinado espécimen ou apreciando um modelo. Também pode ser usada para fazer a apresentação de uma experiência que os alunos não têm possibilidade de ser eles próprios a realizar. Alguns exemplos de demonstrações em que se recorre à utilização de modelos estão indicados no Quadro 1, exemplos de experiências de demonstração estão no Quadro 2.

A demonstração pode decorrer em silêncio ou ser comentada pelo professor ou pelos alunos. Ao utilizar uma demonstração o professor deve ter o cuidado de se assegurar que a disposição dos alunos na sala de aula é tal que todos vêem o que lhes está a mostrar e que acompanham o que está a ser apresentado, isto é, deve assegurar-se que os alunos sabem o que têm que observar e porquê. No caso da demonstração se realizar não em sala de aula para uma turma mas em anfiteatro para um conjunto de alunos, o professor deve apresentar os passos da demonstração indicando a finalidade de cada passo e o que se vê ou ouve [11].

O registo do que se passa numa demonstração é importante e pode ser feito individual ou colectivamente. No primeiro caso cada aluno efectua o «seu» registo, utilizando a «sua» linguagem; no segundo caso um aluno efectua o registo num quadro (quadro preto ou quadro de folhas) ou numa transparência e os restantes alunos passam o registo para o caderno. No final e em qualquer dos casos, o professor deve assegurar-se que o registo corresponde ao objectivo pretendido e, em caso contrário, deve saber quais as razões que levaram a um registo incompleto ou deficiente.

### QUADRO 1

#### Demonstrações com utilização de modelos

*Tema/Actividade:* Utilização de um modelo para a introdução do equilíbrio químico [10]

*Demonstração:*

Colocam-se num saco de plástico esferas de poliestireno que se fazem mover com o jacto proveniente de um secador. O número de esferas que voa parece ser constante, embora haja continuamente esferas a iniciar e a parar o movimento. A duas velocidades diferentes do secador, o número de esferas que se movimenta é diferente (o que constitui uma analogia com o efeito da temperatura. Fazendo com que haja esferas que saem do saco estabelece-se uma analogia como «partículas» que são retiradas de uma reacção de equilíbrio.

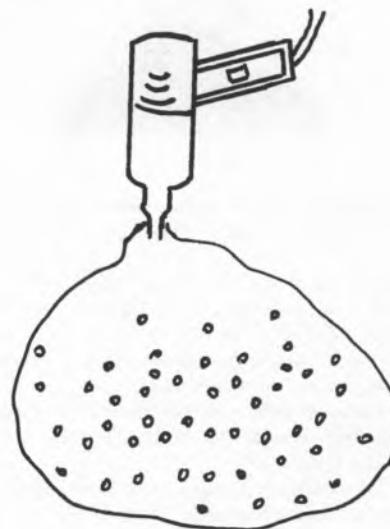


FIGURA 1

*Demonstração recorrendo a um modelo para a introdução de equilíbrio químico*

*Tema/Actividade:* Utilização de modelos de pau e bola para introdução de estruturas de isómeros.

*Demonstração:*

No retroprojector colocam-se modelos das fórmulas de estrutura de dois isómeros, por exemplo de  $C_2H_6O$ .

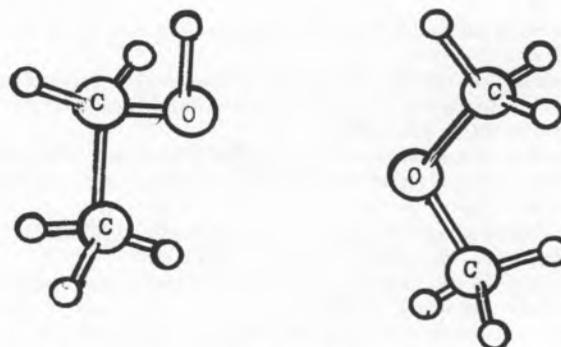


FIGURA 2

*Demonstração recorrendo a modelos de isómeros de  $C_2H_6O$*

QUADRO 2  
Demonstrações experimentais

*Tema/Actividade:* Os gases são todos incolores?  
*Demonstração:*  
Aquecer uma «lâmpada» fechada com iodo. Observar e registar.  
(Nota relativa a questões de segurança:  
!! Cuidado com o aquecimento; cuidado com o vidro quente !!!)

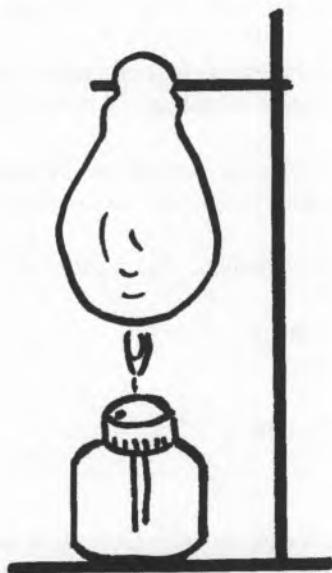


FIGURA 3  
Demonstração experimental do aquecimento de iodo numa «lâmpada» fechada

*Tema/Actividade:* Os gases são todos incolores?  
*Demonstração:*  
Num frasco com tampa colocar aparas de cobre e deitar ácido nítrico. Observar e registar.  
(Notas relativas a questões de segurança:  
!! Cuidado com o ácido.  
!! Manter o frasco tapado para evitar que o gás seja respirado !!).



FIGURA 4  
Demonstração experimental da reacção num frasco entre aparas de cobre e ácido nítrico

### Trabalho experimental

Numa aula em que o professor recorra ao método de trabalho experimental os alunos têm oportunidade de manipular equipamento ou material com o fim de coligir dados. No Quadro 3 apresentam-se exemplos de trabalhos experimentais de diferentes tipos.

QUADRO 3  
Trabalhos experimentais (TExp)

*TExp:* Que aspecto têm os produtos da fermentação de cascas de maçã?

*Tipo:* Desenvolvimento de capacidades (de observação ao microscópio, de desenho).

*TExp:* Como detectar a presença de amido numa planta exposta ao Sol?

*Tipo:* Esclarecimento da teoria.

*TExp:* Em que condições é que um prego enferruja?

*Tipo:* Esclarecimento da teoria.

O professor pode utilizar o método de trabalho experimental tendo em vista levar os alunos a atingir diversas finalidades [12, 13, 14, 15 e 16]: estimular interesse, aprender técnicas experimentais, desenvolver capacidades de manuseamento, aprender os processos da ciência, cimentar a aprendizagem do conhecimento científico. Para isso, o aluno irá planear e executar experiências, testar hipóteses, praticar capacidades, verificar princípios, resolver problemas.

Ao longo de toda a execução de um trabalho experimental e, em particular, de uma investigação, os alunos têm oportunidade de discutir o trabalho – com os colegas, o professor e outras pessoas – e incorporar sugestões relativas a melhorias e a avaliação. A discussão do trabalho é importante para o debate e esclarecimento de ideias; esta fase é relevante para o trabalho que os alunos realizam, à semelhança do que fazem cientistas e técnicos no trabalho que efectuam.

Tal como na demonstração, também no trabalho experimental o professor deve assegurar-se que os alunos estão a seguir o que o professor tem em vista. Para isso poderá utilizar uma sequência de pergunta/resposta, examinar os registos efectuados pelos alunos, acompanhar os diálogos que decorrem nos grupos de trabalho.

Por vezes os professores adoptam uma posição em que os alunos aprendem conhecimento científico, em métodos supostamente baseados numa metodologia científica. É absurdo sugerir que os objectivos da compreensão do conhecimento da ciência e a aprendizagem do conhecimento científico requeiram que os alunos sejam postos na situação de aprenderem o conteúdo através do método. Existe aqui um conflito entre a validade epistemológica e a necessidade de estratégias de aprendizagem [17]. O conflito provém da confusão patente em currículos e programas que pressupõem que a utilização de trabalho experimental na aula está directamente relacionada com a fase experimental do método da ciência. É interessante constatar que os alunos também admitem que existe uma correspondência directa entre «trabalho de laboratório» realizado na escola e o trabalho que os cientistas realizam no laboratório.

### Caixas para experiências

As caixas para experiências resultam do agrupamento selectivo de um conjunto de materiais preparados para um determinado tipo de tarefa. Podem conter materiais reutilizáveis

do dia-a-dia. Constituem um excelente recurso que tanto pode ser obtido comercialmente ou em bancos de recursos como construído na escola pelos professores e alunos, envolvendo até a comunidade. Nesta linha, dos variados exemplos desenvolvidos a nível mundial conclui-se que, embora não se espere que os professores sejam os responsáveis da produção de todo o material que necessitam para as suas aulas, o papel formativo da preparação das caixas é de importância fundamental. O material construído sob os auspícios da UNESCO levou à produção, entre outros materiais [18, 19, 20, 21, 22, 23 e 24], de manuais para o ensino das ciências [18].

As caixas construídas na escola têm predominantemente materiais acessíveis e de manuseamento fácil [24, 25]. A embalagem exterior pode ser uma caixa de plástico de 20,5x14,5x9,5 cm<sup>3</sup>, com ou sem divisões interiores e tampa. Estas caixas amontoam-se com facilidade permitindo uma arrumação fácil e eficaz.

O material em pequena escala (MaPE) apresenta a vantagem de ser pequeno, se situar à escala do aluno; ser facilmente manuseável por ele, ser de baixo custo e de acesso fácil [21]. Como para as diferentes experiências são necessárias pequenas quantidades de reagente o custo das preparações é reduzido e as condições de segurança aumentadas. As caixas têm a vantagem do conteúdo ser de fácil preparação para cada grupo de alunos, de fácil distribuição no início da aula, de fácil utilização numa sala «normal» e, no final, de fácil limpeza e arrumação [25, 26].

Um outro recurso prático consiste em usar sacos de plástico para o estudo de reacções. Este recurso é de realização fácil e apresenta várias vantagens: baixo custo, limpeza fácil da sala após a experiência (basta recolher os sacos num saco de plástico grande). Exemplifica-se na Figura 5 o estudo da energia térmica libertada ou absorvida numa reacção.



FIGURA 5  
Reacções em saco de plástico

Atendendo a que o papel de limpeza é um material que faz parte de quase todas as caixas é importante seleccionar-se um material de qualidade apropriado a este fim. O Quadro 4 apresenta uma sugestão de investigação a realizar com os alunos\*.

\* No livro de texto do curso de *Didáctica das Ciências da Natureza* [29] encontra uma descrição exaustiva, sob a forma de uma ficha pedagógica, do modo de realizar esta actividade.

#### QUADRO 4 Teste de qualidade [27, 28]

**Tema:** Escolha de um papel de limpeza para incluir nas caixas de experiências, a partir de papel de cozinha.

Pretende-se efectuar uma escolha perante dados obtidos usando observação objectiva e quantificável.

Os alunos terão ocasião para conseguirem o seguinte:

- aplicar conceitos e processos de ciência e de matemática
- planear uma investigação, definindo os factores a considerar, os testes a realizar e o modo de conduzir os testes
- realizar experiências, medindo propriedades físicas e efectuando testes científicos com controlo de variáveis
- comparar características («qualidades») de diferentes produtos.
- registar resultados
- tirar conclusões

Duração: 2 a 3 aulas.

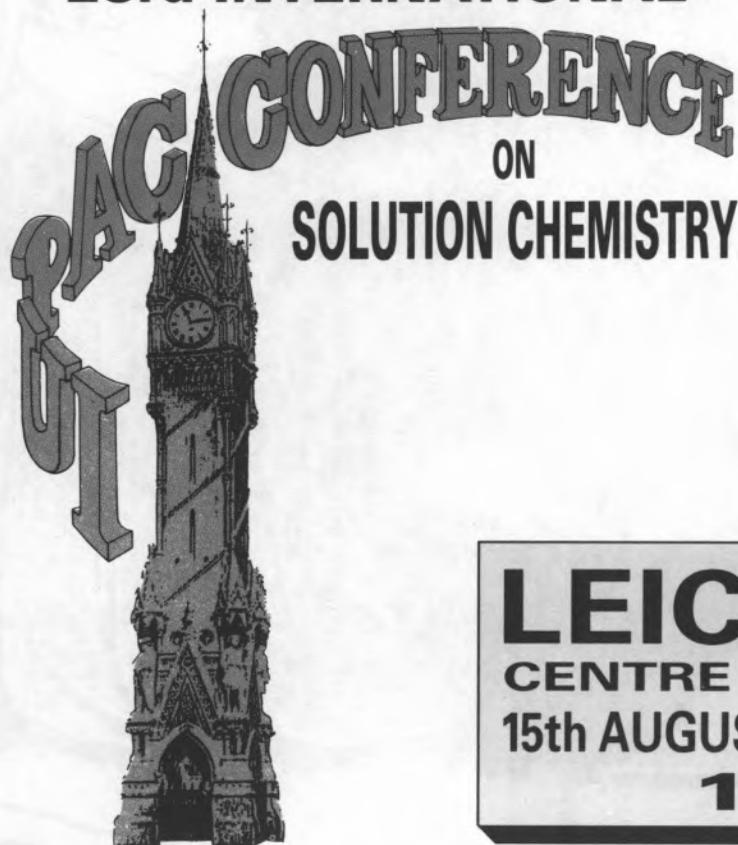
Cada escola possui determinados recursos: muitas das escolas não possuem todos os recursos e equipamentos. Assim, no sentido de rentabilizar a existência e utilização de alguns deles justifica-se a criação de um «banco de recursos» e eventualmente de um «banco de equipamento» para um conjunto de escolas. Através do «banco» podem efectuar-se «transacções» em regime de empréstimo do material e equipamento de várias escolas.

#### Referências

- [1] Schulman, L.S. & Tamir, P. (1973). Research on teaching in the natural sciences. In Travers, R.M., ed., *Second handbook of research on teaching*. pp. 1098-1148. Chicago: Rand McNally.
- [2] Pereira, M.P. (1988). Cientista – Teste pictórico. Comunicação apresentada no 11.º Encontro anual da SPQ. *Livro de resumos*. pp. ED-P26. Lisboa: SPQ.
- [3] Solomon, J. (1980). Teaching the history of science: is nothing sacred?. In Shortland, M. & Warwick, A., eds. (1989). *Teaching the history of science*. pp. 42-54. London: Basil Blackwell.
- [4] CNRS, *Science et imaginaire*. Paris: CAES du CNRS.
- [5] Ravetz, J.R. (1971). *Scientific knowledge and its social problems*. Oxford: Clarendon Press.
- [6] Hofacker, U. (1987). Por que queremos apresentar a Química para o cidadão e quem é cidadão? In Isuyama, R. & Tidemann, P., eds. (1987). *Anais da Nona Conferência Internacional de Educação em Química*. pp. 133-153. São Paulo: Universidade de S. Paulo.
- [7] Danblon, P. (1991). Química, media e cultura. In Pestana, M.E. & Pereira, M.P., eds. (1991). *Actas do 1.º ESQIOL «Química, encruzilhada de disciplinas»*. Lisboa: SPQ.
- [8] Solomon, J. (1990). *Teaching children in the laboratory*. London: Croom Helm.
- [9] Pereira, M.P. (1987). Modelos na interpretação da estrutura da matéria. Conferência Plenária no 10.º Encontro anual da SPQ. Porto: SPQ.
- [10] Pereira, M.P. (1990). *Equilíbrio químico – dificuldades de aprendizagem e sugestões didácticas*, p. 44. Lisboa: SPQ.
- [11] Taylor, C. (1988). *the art and science of lecture demonstration*. Bristol: Adam Higher.

- [12] Woolnough, B. & Allsop, T. (1985). *Practical work in science*. Cambridge: Cambridge University Press.
- [13] Tamir, P. (1991) Practical work in school science: analysis of current practice. In Woolnough, B., ed. (1991). *Practical science*. Cap. 3. Milton Keynes: Open University Press.
- [14] Lunetta, V.N. (1988). Laboratory/practical activities in science education. In Thijs, G.D., Boer, H.H. & Stoll, C.J. (1988). *Learning difficulties and teaching strategies in secondary science and mathematics*. pp. 164-181. Amsterdam: Free University Press.
- [15] Lunetta, V.N. (1991). Actividades práticas no ensino das ciências. *Revista de Educação*, 2 (1), 81-90.
- [16] Gardner, M., ed. (1990). *LABS - Laboratory Assessment builds success*. Berkeley: Lawrence Hall of Science.
- [17] Hodson, D. (1985). Philosophy of science, science, and science education. *Studies in Science Education*, 12, 25-27.
- [18] UNESCO (1973). *Novo manual da UNESCO para o ensino das ciências*. Paris: UNESCO.
- [19] Lowe, N., ed. (1985). *Low cost equipment for science and technology education*. ED. 85/WS. 60. Paris: UNESCO.
- [20] Lowe, N., ed. (1986). *Low cost equipment for science and technology education*. ED. 86/WS. 110. Paris: UNESCO.
- [21] UNESCO (1990). *Low-cost science and technology materials at the senior middle school lower grade levels*. Paris: UNESCO.
- [22] CIFEC (1985). *Atelier de fabrication et d'utilisation du «petit matériel»*. Montpellier: CIFEC.
- [23] Thulstrup, E., Waddington, D.J., eds. (1983). *Locally produced laboratory equipment*. Copenhagen: Royal Danish Scholl of Educational Studies.
- [24] Lockard, D., ed. (1972). *Guide book to constructing inexpensive science teaching equipment*. Maryland: University of Maryland.
- [25] Pereira, M. P. (1991). Trabalho experimental - «kit» para o estudo do oxigénio. *Boletim SPQ*, 44/45, 41-43.
- [26] Figueiredo, A., Malhoa Gomes, M.M., Pereira, M.P. (1991). A questão do trabalho experimental na formação de professores de Química. *Formação de Professores - realidades e perspectivas*. 317-321. Aveiro: Universidade de Aveiro.
- [27] Lock, R. (1987). Practical work. In Foster, D. & Lock, R., eds. (1987). *Teaching science 11-13*, pp. 45-56. London: Croom Helm.
- [28] Sneider, C.I. & Barber, J. (1987). *Paper towel testing*. Col. GEMS, Great Explorations in Math and Science. Berkeley: Lawrence Hall of Science.
- [29] Pereira, M.P., coord. (1992). *Didáctica das Ciências da Natureza*. Lisboa: Universidade Aberta (no prelo).
- [30] Blisshen, E., ed. (1969). *The school that I'd like*. Harmondsworth: Penguin.
- [31] White, R. with Brockington, D. (1983). *Tales out of school - consumer's view of British education*. London: Routledge & Kegan Paul.

## 23rd INTERNATIONAL



**Solute-Solvent  
Interactions studied using  
Thermodynamics,  
Spectroscopy and Kinetics.**

**Role of Solvent in  
Biological Processes**

**Micelles, Microemulsions  
and other Organised Media**

**Solutions under Extreme  
Conditions**

**LEICESTER**  
CENTRE OF ENGLAND  
15th AUGUST to 21st AUGUST  
**1993**



# Avaliação e Classificação da Aprendizagem em Química

– alguns aspectos técnicos

M. Arminda Pedrosa <sup>a</sup>



Arminda Pedrosa

Nasceu a 25 de Março de 1950 em Vilar de Figos, Barcelos. Completou na Universidade de Coimbra a licenciatura em Química, ramo científico (Química-Física) em 1974 e o Mestrado em Química-Física em 1985. Obteve o PhD na Universidade de East Anglia (Reino Unido) em Julho, de 1988, com a tese «The Use of Oral Assessment in Chemistry»; foi-lhe concedida a equivalência ao grau de Doutor em Química, especialidade de Educação em Química em Março de 1989. Exerce funções docentes na área de Química desde 1974, fundamentalmente na Universidade de Coimbra, tendo de 1979 a 1981 desenvolvido essa actividade na mesma área na Escola de formação de Professores para o Ensino Secundário, na República de Cabo Verde. É presentemente Professora Auxiliar no Departamento de Química da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra. Tem orientado acções de formação de professores dos Ensinos Básico e Secundário, apresentado comunicações em conferências nacionais e internacionais e é autora/co-autora de artigos em publicações nacionais e estrangeiras.

*Neste artigo referem-se sumariamente os objectivos educacionais da avaliação da aprendizagem e a utilização das classificações dos estudantes com fins diversos dos estritamente educacionais. Considera-se as classificações dos estudantes, em termos da sua aprendizagem no sistema de ensino formal, como uma medida do seu grau de sucesso na consecução dos objectivos gerais e específicos dos diferentes programas de ensino de disciplinas de química integradas em programas de ensino desta disciplina nos vários níveis do sistema de ensino em Portugal, básico, secundário e superior. Discute-se as componentes sumativa e formativa da avaliação da aprendizagem e os seus pesos relativos em sistemas de ensino em que os fins sociais da avaliação têm uma importância considerável. Definem-se e discutem-se as características de rigor a que devem obedecer as classificações e referem-se alguns métodos de estatística descritiva aplicáveis no tratamento da informação relativa a resultados de testes e exames de grupos de estudantes - turmas, anos de escolaridade, etc. Faz-se uma reflexão sobre as origens dos erros das classificações atribuídas aos estudantes em testes de avaliação da aprendizagem e sugerem-se procedimentos a adoptar com o objectivo de diminuir a componente de erro das classificações. Definem-se o erro de medida padrão das classificações obtidas por um grupo particular de estudantes num dado teste e o erro de medida padrão para cada classificação individual. Apresenta-se informação que permite determinar em que condições é que duas classificações diferindo mais do que o erro de medida padrão correspondem de facto a classificações verdadeiras diferentes ou se pelo contrário se pode considerar que a diferença surge por acaso.*

## Introdução

Muitos dos conceitos que aqui se introduzem e discutem aplicam-se a situações de avaliação da aprendizagem decorrente do ensino formal das diversas disciplinas. Contudo, sempre que possível utilizam-se contextos e exemplos do domínio da Química. A natureza deste trabalho impõe a introdução de conceitos fundamentais ao tratamento da informação resultante das classificações dos testes na perspectiva do rigor necessário na classificação dos estudantes, mas não permite uma discussão tão aprofundada quanto se desejaria pelo que se aconselha com esse propósito a bibliografia pertinente utilizada e indicada.

<sup>a</sup> Departamento de Química, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade de Coimbra, 3000 Coimbra - Portugal.

Independentemente da maior ou menor formalidade das avaliações da aprendizagem e da responsabilidade pela sua concepção e execução, estas existem sob formas e designações diversas: participação nas aulas, testes escritos administrados regularmente ao longo do ano lectivo e exames. Importa afinal recolher dados que permitam classificar cada estudante numa escala de valores, actualmente de 1-5 ou 0-20 dependendo do nível de ensino, conforme o seu desempenho em tarefas requeridas nos instrumentos de avaliação da aprendizagem, de ora em diante designados simplesmente por testes. Assim o carácter sumativo da avaliação domina sobre o formativo e a classificação dos estudantes é um objectivo perseguido pelos inúmeros testes de química aplicados por cada professor no decurso de um ano lectivo. A posição proeminente dos exames e a importância atribuída em geral às classificações obtidas pelos estudantes constituem indicadores da preponderância da componente sumativa da avaliação da aprendizagem sobre a formativa. Este estado de coisas resulta, com certeza, de a componente sumativa não só responder a preocupações educacionais como também servir propósitos diversos resultantes do papel social associado à maioria dos exames públicos e profissionais. O uso de exames e seus resultados na definição de instrumentos de selecção no acesso ao Ensino Superior, entrada no mercado de trabalho e admissão em certas carreiras profissionais, ilustra bem este aspecto social associado aos exames e às classificações dos estudantes nas várias disciplinas nomeadamente em Química.

De facto, surgem pontos de vista porventura polémicos relativamente a esta temática havendo quem defenda que, seja qual for o nível de ensino formal, os exames são, para a maioria das pessoas, exercícios de seriação dos estudantes de modo a ordená-los numa escala de valores; a posição na escala exprime o nível de desempenho que é apenas revelador da capacidade de reproduzir conhecimento em condições artificiais e dentro de uma gama estreita de critérios [10] e não é revelador de capacidades de desempenho na vida activa como profissionais. O mesmo autor considera que a maioria das pessoas entende e espera que os exames respondam à necessidade que os sistemas de educação formal têm de arranjar uma base para selecção e de fornecer alguma indicação de potencial para futuros desempenhos, embora considere, baseado em resultados de investigação, que não existe evidência que apoie o ponto de vista de que os resultados dos exames constituem bons indicadores de desempenhos profissionais.

Entende-se, contudo, que dos vários testes feitos pelos professores de Química ao longo de um programa de ensino resultam aspectos importantes de avaliação formativa, para além da sumativa já referida, dos quais se destacam informações relativas ao ritmo imprimido às aulas e possíveis dificuldades de acompanhamento na incorporação e assimilação de novos conhecimentos pelos estudantes, a áreas de conteúdo de difícil compreensão, a concepções alternativas dos estudantes [6], [2] e [7], aspectos estes que podem constituir barreiras ao desejável progresso da aprendizagem. Todos os aspectos mencionados podem ser considerados o «feedback» indispensável ao professor para proceder às necessárias alterações, que para professores dos ensinos básico e secundário se traduzirão em modificações da planificação do ensino,

nomeadamente no que respeita a estratégias de ensino e materiais utilizados e aconselhados aos estudantes; para professores do ensino superior, a quem é concedida maior autonomia pedagógica, as alterações resultantes do «feedback» das classificações dos testes poderão incluir modificações ao programa da disciplina e ao desenvolvimento inicialmente previstos, para além das já mencionadas para professores de outros níveis de ensino.

Igualmente importante para uma aprendizagem eficiente e activa é a avaliação e os seus resultados como fonte de «feedback» para os estudantes que podem assim alterar os meios e as estratégias de aprendizagem no sentido de melhor responderem às exigências do ensino formal, por forma a obterem o sucesso desejado de acordo com as capacidades, aspirações e ambições individuais. Assim, os testes desempenham um papel preponderante na definição do que é mais ou menos importante apreender e aprender para o sucesso escolar. Na verdade, o trabalho individual dos estudantes no seu esforço de aprendizagem fora das aulas é mais orientado pelas tarefas incluídas em testes da mesma disciplina utilizados para avaliação da aprendizagem em anos anteriores do que pelos objectivos específicos das disciplinas de química, seus conteúdos programáticos ou sumários das aulas.

Tendo em conta a importância de testes e exames de Química, nas dimensões educacional e social bem como nas dimensões formativa e sumativa, importa que a concepção de instrumentos de avaliação seja cuidada e os resultados da sua administração aos estudantes sejam tratados com rigor.

Porque classificar estudantes em Química (ou outra disciplina) se traduz, para cada estudante da população submetida a testes, na atribuição de um número numa escala de valores, pode considerar-se que se trata de um acto de medir. Esta medida é com certeza de natureza diversa e requer a utilização de processos diferentes dos das medidas de grandezas físicas com que a população de professores de Química está familiarizada e habituada a designar deste modo, como sejam medidas de massa, de tempo, de quantidade de substância, de concentração, etc. No entanto, podem estabelecer-se analogias entre os dois tipos de medidas. Assim, exactidão e precisão são requisitos exigidos às medidas de grandezas físicas; a exactidão refere-se à proximidade de uma dada medida de um padrão aceite ou imposto externamente e a precisão refere-se à consistência interna de uma série de medidas, ou seja, refere-se à reproducibilidade dos dados obtidos nos actos de medir. Como exemplo considere-se os valores da concentração de uma solução obtidos nos vários ensaios numa titulação volumétrica [3]. A concordância dos valores das concentrações calculadas para as várias titulações realizadas constitui evidência da reproducibilidade ou precisão dos resultados das várias titulações da mesma solução; contudo, para que os valores da concentração obtidos sejam considerados exactos require-se que, para além de serem concordantes, os volumes registados sejam exactos em termos da unidade de volume, que, neste caso, depende da calibração da bureta.

As características de rigor exigidas a medidas educacionais são a validade e a confiança correspondentes respectivamente às características de exactidão e precisão exigidas a medidas de grandezas físicas.

### Validade de testes de avaliação da aprendizagem em Química

A validade segundo Lindquist [4] é a exactidão com que se mede aquilo que se pretende medir, i.e., o grau de proximidade da infalibilidade ao medir o que se tem intenção de medir. A utilização de grelhas de especificações [3, 1] na concepção e elaboração de testes de avaliação da aprendizagem constituem um meio de reflexão precioso que conduz à categorização das diferentes tarefas que constituem o teste, em termos das capacidades requeridas e das actividades de conteúdo programático em que se pretende ver demonstradas essas capacidades. É nosso entender que para disciplinas de química, de um modo geral, será suficiente considerar-se as seguintes capacidades: memorização, compreensão, aplicação, análise e síntese e resolução de problemas. Esta classificação das tarefas em categorias definidas nas dimensões de capacidades e actividades de conteúdo é importante para ajuizar sobretudo da validade de conteúdo e da validade de construção («construct») de testes administrados regularmente como meio de obter resultados para classificar estudantes. Outros tipos de validade, como a de previsão e a concorrente são de considerar noutras situações mas não a testes considerados isoladamente. Na situação a que nos referimos de testes normalmente concebidos para avaliação periódica da aprendizagem em disciplinas de química, a determinação das validades de conteúdo e de construção pode fazer-se recorrendo à análise e julgamento dos itens do teste por colegas (de grupo nas escolas preparatórias e secundárias) - mecanismo de validade directa. Os itens do teste serão classificados por colegas docentes de Química no que diz respeito ao grau com que as tarefas requeridas nos diferentes itens reflectem os objectivos gerais e específicos da disciplina - validade de conteúdo. O mesmo grupo de colegas pode, simultaneamente, manifestar a sua concordância ou discordância da classificação dos itens expressa na grelha de especificações no que concerne às capacidades requeridas - validade de construção.

### Confiança nas classificações dos testes

Confiança exprime a concordância ou consistência de uma série de classificações - «notas» - atribuídas a uma qualidade particular normalmente escolhida com base em critérios de importância para o desenvolvimento de capacidades requeridas como critérios de competência na disciplina. Em Química a compreensão de leis e modelos explicativos de fenómenos assim como a resolução de problemas são certamente qualidades julgadas como relevantes para classificar a competência na disciplina nos vários níveis de ensino formal, particularmente no ensino secundário e superior.

A determinação da confiança de um instrumento de avaliação ou teste requer que se proceda a múltiplas medidas de onde se possa concluir da concordância ou não dos resultados. Na prática isto é de difícil execução, é contudo possível estimar-se a fidelidade de um teste ou exame por recurso a técnicas apropriadas. O coeficiente de confiança é o coeficiente de correlação entre uma série de classificações obtidas pelos estudantes no teste em questão e outra série de classificações obtidas pelo mesmo grupo de estudantes num teste

equivalente. A definição do coeficiente de confiança resulta do reconhecimento de que para cada teste e estudante particulares a classificação obtida é composta de duas componentes: a verdadeira (ou hipotética, porque não mensurável na prática) - obtida num teste de confiança total e o erro, que é devido ao grau de não confiança do teste. Considerando agora o conjunto das classificações obtidas pelos estudantes no teste pode fazer-se idêntico raciocínio para a variância, i.e., a variância total é a soma da variância verdadeira com a variância do erro:  $V_{total} = V_{verdadeira} + V_{erro}$ . Recorde-se que a variância é a média da soma dos quadrados dos desvios da média da amostra:

$$V = s^2 = \frac{\sum_i (x_i - \bar{x})^2}{N} \quad s = \text{desvio padrão.}$$

Existe sempre um erro inerente ao acto de medir, quer em medidas de grandezas físicas quer nas classificações dos estudantes em testes, consequentemente, a componente  $V_{erro}$  nunca é desprezável; tendo em atenção as características particulares das classificações em discussão aquela componente é, para o mesmo grupo de estudantes, variável de teste para teste, e para o mesmo teste variável de grupo para grupo de estudantes (e.g. turmas ou anos de escolaridade em diferentes escolas).

O coeficiente de confiança de um teste aplicado a um dado grupo de estudantes é o coeficiente de correlação entre uma série de classificações obtidas pelos estudantes no teste e uma série de classificações obtidas pelos mesmos estudantes num teste equivalente. O coeficiente de correlação,  $r$ , mede a extensão da concordância entre as classificações reais obtidas num teste particular e as classificações verdadeiras (classificações hipotéticas que seriam obtidas se o mesmo teste fosse de confiança total). O coeficiente de correlação [8],  $r = V_{verdadeira} / V_{total}$ , pode assumir quaisquer valores entre -1,0 e 1,0;  $r=0$  significa que não há qualquer relação entre as duas séries de classificações,  $r=1,0$  indica um acordo perfeito entre as duas séries de classificações e valores negativos de  $r$  ( $-1,0 < r < 0,0$ ) indicam a existência de uma relação inversa entre as duas séries de classificações.

Deve notar-se que a estimativa da confiança de um teste, quando aplicado a um grupo particular de estudantes requer a disponibilização de resultados de pelo menos duas administrações de testes equivalentes a esse grupo de estudantes. Este requisito é difícil de parantir porque a preparação de versões equivalentes de um teste é morosa e difícil e a duplicação da administração de testes é também um processo moroso e apresenta problemas de confiança resultantes das diferentes condições de aprendizagem no momento das duas administrações. A resolução deste problema é possível por recurso a métodos diferenciados cada um deles com as suas limitações próprias decorrentes dos processos utilizados característicos de cada um. Os métodos descritos na literatura [3] e [8] são: método das versões equivalentes do teste (referido na definição de  $r$ ), método de testar e retestar, método da divisão do teste em duas partes equivalentes e método da consistência interna.

O método das versões equivalentes presume, como o próprio nome indica, a preparação de duas versões paralelas e equivalentes do mesmo teste, a duplicação da sua administração ao mesmo grupo de estudantes e a classificação das tarefas

desempenhadas pelos estudantes das duas administrações das versões do teste. A qualidade das estimativas de confiança obtidas por este método depende sobretudo da capacidade de quem prepara o teste para produzir duas versões genuinamente equivalentes do mesmo teste.

No método de testar e retestar o mesmo teste é administrado ao mesmo grupo de estudantes em dois tempos diferentes suficientemente separados para reduzir o efeito de memorização das tarefas da primeira para a segunda administração. O coeficiente de confiança é dado pela correlação entre as classificações obtidas nas duas administrações do mesmo teste. Note-se que, neste método, a estimativa da confiança pode ser inflacionada pela memorização das tarefas e por alteração dos conhecimentos dos estudantes da primeira para a segunda administração do teste.

No método de divisão do teste em duas partes equivalentes o coeficiente de confiança é calculado a partir das classificações obtidas nas duas partes julgadas equivalentes do teste. A dificuldade na preparação de um teste deste tipo é idêntica à apontada para preparar duas versões equivalentes do mesmo teste. O coeficiente de confiança calculado com as classificações das metades do teste,  $r_m$ , tem que ser corrigido para se obter o coeficiente de confiança do teste na sua globalidade,  $r = 2r_m / (1 + r_m)$ .

O método de consistência interna destina-se a examinar a consistência interna ou equivalência dos itens que constituem um teste. Este método permite estimar a homogeneidade de um teste e aplica-se somente a testes homogêneos, i. e. testes em que todos os itens, em número elevado, estimam a mesma característica da aprendizagem. Por esta razão é um método utilizado em investigação educacional mas não em situações correntes de avaliação da aprendizagem.

### Origem dos erros das classificações de testes de avaliação da aprendizagem

A componente de erro nas classificações atribuídas aos estudantes pode atribuir-se a três origens distintas [3]:

1. Aos estudantes: alterações de motivação para o desempenho das tarefas requeridas no teste, de velocidade de execução das tarefas, de atenção, etc., relativamente a situações de vida escolar corrente em que a componente avaliação sumativa não é percebida pelos estudantes.
2. Às tarefas incluídas no teste: diferenças nas tarefas julgadas como equivalentes (p. ex. em termos das capacidades que testam) ou escolhidas pelos estudantes, a formulação das perguntas ou o conteúdo versado para a demonstração de capacidades particulares pode também constituir uma fonte de erro.
3. Ao professor que classifica as respostas dos estudantes: diferenças resultantes de flutuações nos padrões e objectividade utilizados nas classificações dos testes.

### Procedimentos a adoptar para aumentar a confiança das classificações de testes

As medidas tendentes a aumentar a confiança em testes são aquelas que tendem a diminuir os erros das classificações atribuídas aos estudantes em testes de avaliação da aprendizagem. Considerando as origens dos erros destas classifica-

ções explicitadas anteriormente, podem fazer-se algumas recomendações simples que conduzirão ao aumento do coeficiente de confiança, ou seja, à diminuição da componente de erro das classificações de testes de avaliação da aprendizagem [3]:

1. Dar tempo suficiente para que todos os alunos completem o teste. Deste modo reduz-se a ansiedade e evita-se que diferentes estudantes optem pela execução de tarefas distintas muito provavelmente não equivalentes.
2. Certificar-se que o teste tem um número suficiente de tarefas destinadas a medir uma qualidade ou característica particular - aumento de confiança por aumento da extensão. Deve notar-se que embora de um modo geral o coeficiente de confiança aumente com o aumento da extensão do teste, a relação entre estas duas variações não é linear; quanto mais elevado for o coeficiente de confiança de um teste menor será o aumento deste coeficiente provocado pelo aumento do número de itens do teste.
3. Eliminar perguntas de opção e evitar ambiguidades na formulação das tarefas.
4. Utilizar grelhas de especificações [3] e [1] e esquemas de classificação previamente estabelecidos; evitar a classificação por impressão ou palpite.

### Erro de medida padrão

Na teoria da confiança este conceito será o mais útil para o professor. Partindo da expressão de coeficiente de confiança,  $r$ , definida anteriormente e tendo em conta que  $V_{\text{verdadeira}} = V_{\text{total}} - V_{\text{erro}}$ , obtém-se outra expressão para  $r = 1 - V_{\text{erro}} / V_{\text{total}}$ .

O erro de medida padrão [8] é o desvio padrão do erro e pode calcular-se a partir da expressão anterior  $V_{\text{erro}} = V_{\text{total}}(1-r)$ . Tendo em conta a relação entre a variância e o desvio padrão resulta  $s_{\text{erro}} = s_{\text{total}} \sqrt{1-r}$ . Se os desvios padrão das classificações obtidas pelo mesmo grupo de estudantes em dois testes diferentes forem aproximadamente iguais então o teste com coeficiente de confiança mais elevado constitui uma estimativa melhor da classificação verdadeira de um estudante. Pode estimar-se a classificação verdadeira de um estudante  $i$  desde que se conheça a média das classificações do grupo de estudantes e o coeficiente de confiança do teste aplicado a esse grupo:  $C_{\text{verdadeira}} = \bar{x} + r(x_i - \bar{x})$ .

$C_{\text{verdadeira}}$  - representa a classificação verdadeira do estudante  $i$ .

$x_i$  - representa a classificação obtida (resultante da aplicação dos critérios de correcção/classificação dos itens do teste) pelo mesmo estudante  $i$  no teste aplicado ao grupo de estudantes (e.g. turma, ano de escolaridade numa escola em particular, etc.).

$\bar{x}$  - representa a média das classificações obtidas pelo grupo de estudantes.

$r$  - representa o coeficiente de confiança do teste aplicado àquele grupo de estudantes.

Pode provar-se que o valor do erro de medida padrão varia para diferentes pontos ao longo da curva de distribuição das classificações obtidas por um dado grupo de estudantes num teste. Se um professor pretender tomar decisões acerca dos intervalos de confiança de uma dada classificação pode calcular o erro de medida padrão para cada classificação individual [5]:

$$(s_{\text{erro}})_i = \sqrt{\frac{1}{n-1} x_i (n - x_i)}$$

$(s_{\text{erro}})_i$  - representa o erro padrão para a classificação do estudante  $i$ .

$x_i$  - representa a classificação obtida pelo estudante  $i$ .

$n$  - representa o número de itens do teste.

Conhecidos os processos de cálculo dos erros de medida padrão, coloca-se a questão de saber se duas classificações individuais diferentes corresponderão ou não a classificações verdadeiras diferentes, ou seja, será essa diferença entre as duas classificações suficientemente grande para se poder considerar uma diferença real ou poderá considerar-se que tal diferença surge por acaso? Considere-se por exemplo um teste de Química administrado a 120 estudantes (p. ex. quatro turmas de um mesmo ano de escolaridade), em que a média das classificações foi de 40%, o desvio padrão 8 e o coeficiente de confiança 0.89; supondo que os estudantes A e B obtiveram as classificações 42% e 46%; pretende-se responder à pergunta: estas duas classificações corresponderão a classificações verdadeiras distintas?

A resposta a esta pergunta presume um raciocínio composto por vários passos:

1 - Cálculo do erro de medida padrão:  $EMP = s \sqrt{1-r} = 8 \sqrt{1-0.89} = 2,65$ .

2 - O valor estimado do desvio padrão que seria de esperar nas classificações dos estudantes A e B se estes realizassem o mesmo teste muitas vezes. É necessário saber qual seria então o desvio padrão das diferenças entre os pares de classificações obtidas nas diferentes aplicações do teste - uma para o estudante A e outra para o estudante B, ou seja é necessário calcular o erro padrão da diferença (EPD):  $EPD = \sqrt{2} EMP = \sqrt{2} \times 2,65 = 3,75$ .

3 - A razão entre a diferença das duas classificações e o EPD dá o que se designa por razão  $t$ :  $t = (x_1 - x_2) / EPD = (46 - 42) / 3,75 = 1,07$ . Note-se que, quanto maior for a diferença entre as duas classificações relativamente ao EPD, mais provável é que a diferença entre as classificações não tenha surgido por acaso.

4 - Se o valor de  $t$  igualar ou exceder o(s) valor(es) críticos tabelados para níveis de significância diversos [8, 9], pode inferir-se que a probabilidade de a diferença ser real é, em percentagem igual ao nível de significância  $\times 100$ . Consultando a tabela de valores críticos de  $t$  para um grupo de 120, verifica-se que o valor 1,07 obtido é menor que o valor crítico para o nível de significância mais elevado 0,20, ou seja, a diferença de 4 pontos nas duas classificações consideradas pode ter ocorrido por acaso mais do que 20% das vezes (0,20  $\times 100$ ). Não há por isso razões para crer que os estudantes A e B diferem nas suas capacidades em Química avaliadas por este teste.

Pode considerar-se agora a questão de saber qual deve ser a diferença mínima entre duas classificações num teste de

avaliação da aprendizagem em Química para se poder considerar que tais classificações correspondem a capacidades distintas. De acordo com as tabelas de valores críticos de  $t$  pode considerar-se que para que a diferença a calcular tenha ocorrido por acaso somente 5 vezes em 100 - nível de significância de 0,05 - o valor de  $t$  deve ser maior ou igual a 1,98. Logo

$$1,98 = \frac{\text{diferença das classificações}}{3,75}$$

de onde resulta a diferença das classificações = 7,25.

Note-se que nas aplicações consideradas utilizou-se sempre o mesmo valor de EMP para as classificações do teste embora, como ficou já expresso, este valor varie ao longo da curva de distribuição de classificações. Contudo, esta opção deriva de se considerar que este é o procedimento mais provavelmente adoptado por qualquer professor preocupado com a problemática das classificações atribuídas aos seus alunos e o rigor possível na interpretação de tais classificações.

Deve referir-se que o tratamento das classificações dos estudantes que se discutiu pode fazer-se por recurso a meios informáticos ficando então extremamente facilitado.

Muitas outras aplicações de estatística podem ser utilizadas pelos professores na sua tarefa de avaliadores da aprendizagem e das capacidades dos seus alunos em Química e noutras disciplinas. As opções feitas na elaboração deste artigo resultaram da intenção de divulgar alguns conceitos fundamentais em avaliação sumativa e procedimentos julgados importantes no tratamento e interpretação dos resultados das classificações de testes.

#### Referências

- [1] Domingos, Ana Maria, Isabel Pestana Neves e Luísa Galhardo, Uma forma de estruturar o Ensino e a Aprendizagem (3.ª Ed.), Livros Horizonte, 1987.
- [2] Driver, Rosalind, Edith Guesne and Andrée Tiberghien, Open University Press, 1985.
- [3] Kempa, Richard, Assessment in Science, Cambridge Science Education Series, Cambridge University Press, 1986.
- [4] Lindquist, E. F., A First Course in Statistics, Houghton Mifflin Co., Boston Mass, 1942. - Citado por Richard Kempa.
- [5] Lord, F. M., Do Tests of the same Length have the same Standard Error of Measurement?, *Educational and Psychological Measurement*, 17, 510-21, 1957.
- [6] Osborne, Roger and Peter Freyberg, Learning in Science - The implications of children's science, Heinemann, 1985.
- [7] Santos, Maria Eduarda, Mudança Conceptual na Sala de Aula - Um desafio Pedagógico, Livros Horizonte, 1991.
- [8] Satterley, David, Assessment in Schools - (Theory and Practice in Education, no. 1), Basil Blackwell Ltd., 1981.
- [9] Snodgrass, Joan Gay, The Numbers Game, Oxford University Press, 1977.
- [10] Tolley, George, Learning and Assessment, em Patricia Murphy e Bob Moon at the Open University (Ed.), Developments in Learning and Assessment, 1989.



# Organização da Segurança em Instituições

Maria João Marcelo Curto <sup>a</sup>



Maria João Marcelo Curto

*Licenciatura em Química (ramo de investigação em Bioquímica e Química Orgânica) pela Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa em 1973, com a classificação de 18 valores.*

*Doutoramento em Química Orgânica no Imperial College of Science and Technology de Londres, sob a supervisão do Professor Doutor Sir Derek H.R. Barton, como bolsista da Fundação Calouste Gulbenkian. Tese «Studies on New Protecting Groups for Hydroxyl and Carboxyl Functions» e Diploma of Membership of the Imperial College (D.I.C.), em 1976.*

*Foi Professora Auxiliar contratada além do quadro para o Departamento de Química da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, desde Outubro de 1977, equiparada a bolsista do INIC no período de 4.10.77 a 4.2.78, e onde exerceu funções até Fevereiro de 1979.*

*Tem colaborado desde 1984, como docente e na organização, no Curso de Mestrado em Química Orgânica Tecnológica da Universidade Nova de Lisboa.*

*Desde 1987 que colabora na docência do Curso de Mestrado de Secreção Vegetal da Faculdade de Ciências de Lisboa.*

*De Setembro de 1976 a Janeiro de 1978 ocupou o lugar de Research Assitant no Departamento de Química do Imperial College of Science, Technology and Medicine, de Londres, trabalhando na síntese de compostos aromáticos fluorados de interesse como agentes para a detecção de tumores no pâncreas num projecto com a equipa de investigadores da Unidade do Ciclotrão do Hospital de Hammersmith.*

*De Fevereiro a Maio de 1979, ocupou o lugar de Technical Sales Representative na Sefton Bulk Pharmaceuticals Ltd., empresa do grupo de companhias Glaxo, em Londres.*

*De Outubro de 1979 a Junho de 1981, trabalhou como investigadora contratada no Laboratório de Microbiologia do Centro de Biologia do Instituto Gulbenkian de Ciência, em Oeiras, na síntese de carboximetilglucoses para utilização como modelos para o estudo da degradação enzimática de carboximetilceluloses, com vista à obtenção e isolamento de microorganismos produtores de eterases.*

*A partir de Janeiro de 1982, no Departamento de Pré-Investimento, Promoção e Comercialização do LNETI, como bolsista, executou tarefas de apoio ao Secretariado Técnico do Estudo Tecnológico para Apoio ao Desenvolvimento da Indústria Transformadora, em colaboração com especialistas do Banco Mundial e do Centre for Policy Alternatives do Massachusetts Institute of Technology (USA).*

*A partir de Fevereiro de 1983 passou a integrar o Serviço de Química Fina. Actualmente é responsável pelo projecto de investigação «Valorização de Produtos Orgânicos por Hemissíntese», que se desenvolve em duas vertentes, a da química orgânica de produtos naturais e a da química orgânica de síntese, ambas apoiadas por uma área comum, a da química orgânica analítica.*

*Publicou 15 artigos em revistas estrangeiras, 6 em nacionais e 3 patentes. É co-autora de muitas comunicações em congressos internacionais e nacionais, e de traduções de livros técnicos de química. É autora de 3 monografias e 2 livros.*

*Colabora desde 1985 com o Instituto do Emprego e Formação Profissional, na Comissão Nacional de Aprendizagem, sendo co-autora do Projecto de Portaria para a Aprendizagem das Profissões da Área da Química.*

*É responsável, na SPQ, pela Secção de Segurança, tendo publicado cerca de 30 artigos sobre esta temática. Organizou e leccionou em 1989-1990 cinco Cursos de Química e Segurança, para o Sector de Formação da Direcção Regional de Educação de Lisboa, destinados a professores de Química do Ensino Secundário e Complementar. Coordena, desde 1990, o Sector de Noticiário sobre Congressos e Conferências Nacionais e Estrangeiras do Boletim da SPQ.*

## Introdução

O Acordo Económico e Social subscrito no âmbito de Conselho Permanente de Concertação Social de 19 de Outubro de 1990 previa, no capítulo sobre Higiene, Segurança e Saúde no Trabalho, a celebração, até final do primeiro trimestre de 1991, de um Acordo sobre Higiene, Saúde e Segurança no Trabalho.

Este acordo preconiza medidas com a harmonização legislativa das obrigações relativas à Higiene, Segurança e Saúde no Trabalho, tomando como referência as prioridades e medidas assumidas a nível comunitário, a criação de uma estrutura de prevenção de riscos profissionais abrangendo, entre outras, as actividades de investigação, de apoio técnico no domínio da avaliação, controlo de riscos profissionais e de organização da prevenção de riscos, bem assim como a constituição de comissões paritárias de Higiene, Segurança e Saúde no Trabalho nas empresas, estabelecimentos e organismos.

Assim, devem as instituições implementar uma política de segurança que conduza à observação dos mais elevados padrões de higiene, segurança e saúde a nível nacional e equiparáveis aos preconizados a nível europeu e internacional.

É de realçar contudo que a prática da segurança é um trabalho contínuo de cooperação, em que as responsabilidades recaem na Direcção da instituição, nos directores dos departamentos, nos directores de projecto e supervisores e nos funcionários individuais.

A organização da política de segurança (a sua filosofia) e o programa de segurança (implementação dessa filosofia) são componentes cruciais do planeamento da segurança, e é importante acentuar que o impacto financeiro do cumprimento das normas e regulamentações de segurança não é trivial. É bem conhecido que o risco diminui com o aumento dos custos de prevenção, como se ilustra na figura seguinte, mas a implementação de medidas preventivas deve ser considerada como um investimento e não como um aumento de despesas.

Para reduzir os custos de acidentes tanto quanto possível, os custos de prevenção serão necessariamente elevados, mas é

<sup>a</sup> LNETI - Departamento de Tecnologia de Indústria Química, Estrada das Palmeiras, 2745 Queluz.

possível atingir um óptimo económico em que os custos de prevenção compensem os custos de acidentes (custos de tratamentos médicos, de danos materiais, administrativos, de perda de produtividade, sem incluir custos não contabilizáveis resultantes de acidentes fatais).

Sendo da máxima importância a implementação de um programa de segurança, a realidade é que as primeiras linhas de defesa em termos de segurança são técnicas de investigação sólidas e o exercício do senso comum. Em última análise, cada funcionário individual tem de reconhecer os riscos do trabalho que desenvolve, os perigos inerentes ao uso de produtos químicos e/ou biológicos, e de equipamentos, de modo a exercer o necessário grau de precaução, o que é conseguido mediante um programa de treino adequado.

### A política de segurança

A política de segurança é a chave para a observação de padrões elevados de higiene, saúde e segurança em qualquer organização. Essa política constitui uma declaração de princípios, demonstrando e traduzindo o compromisso da Direcção do organismo ao mais alto nível.

A política de segurança de um organismo tem necessariamente de descrever a estrutura organizativa que é responsável pela implementação dessa política. Embora a Direcção da instituição ao mais alto nível seja legalmente responsável pela higiene, saúde e segurança nesse organismo, algumas funções poderão ter que ser delegadas em terceiros, cujas formas de relacionamento com a instituição têm de ser claramente descritas.

A estrutura organizativa da política de segurança de uma instituição tem de mostrar uma delegação lógica de funções, desde a direcção até à supervisão local e aos funcionários individuais. Os funcionários-chave têm de ser identificados na declaração de princípios e as suas atribuições claramente definidas, bem como as relações de quaisquer consultores (consultores de segurança, de prevenção de incêndios, de protecção contra as radiações) com os funcionários do organismo em posições com autoridade executiva (como os directores de departamento).

A estrutura organizativa tem de assegurar que a declaração de princípios da Direcção do organismo se traduz em prática de trabalho seguras. Esta estrutura tem de incluir metodologias e procedimentos cobrindo os seguintes quatro aspectos principais:

- Disponibilização e manutenção de um local de trabalho seguro
- Utilização, armazenagem e transporte de produtos
- Fornecimento de informação, treino e supervisão
- Consulta aos funcionários do organismo

pois para a implementação eficaz de uma política de segurança é imprescindível a cooperação de todos os funcionários da instituição.

Num organismo onde a principal é a actividade de investigação laboratorial, as metodologias e procedimentos a adoptar devem ter em conta os seguintes aspectos:

- Armazenagem, transporte, manuseamento e utilização de materiais e substâncias (como gases comprimidos, líquidos,

inflamáveis, produtos tóxicos, substâncias radioactivas)

- Conservação, transporte e manuseamento de microrganismos
- Conservação, transporte e manuseamento de material biológico de origem humana
- Manutenção e utilização de equipamentos eléctricos, electrónicos e mecânicos
- Segurança do pessoal de manutenção, dos funcionários e dos visitantes
- Controlo periódico (ambiente e de saúde)
- Procedimento de emergência no caso de incêndio, explosão, derrames, fugas de gases, contaminação, danos pessoais, etc.
- Procedimentos para o trabalho fora de horas normais e trabalho desatendido (durante a noite e fins de semana)
- Instruções específicas de operação de equipamentos
- Meios de eliminação de resíduos de produtos químicos e biológicos
- Teino específico sobre segurança para todos os funcionários
- Disponibilização de equipamento protector pessoal
- Exame regular de equipamentos e instalações

As metodologias e procedimentos devem ser desenvolvidos para cobrir não só perigos específicos, mas também perigos do dia-a-dia (por exemplo, os associados à elevação e transporte de cargas) e ser correctamente documentados, devendo a documentação estar disponível e facilmente acessível no local de trabalho.

### O director de segurança

A principal função do Director de Segurança é fornecer à Direcção e aos funcionários da instituição conselho profissional e informação sobre assuntos relativos à segurança, sendo o seu papel de coordenação de grande importância em organismos com diversos laboratórios ou departamentos. Contudo, as responsabilidades de gestão da higiene, saúde e segurança cabem à Direcção do organismo, e não ao Director de Segurança. As funções do Director de Segurança incluem:

- A organização do treino de segurança
- A ligação a entidades do exterior ligadas à segurança (como o corpo de bombeiros), entidades médicas, etc.)
- O fornecimento de *know-how* técnico e de recursos (acesso ao controlo ambiental, estudos de operacionalidade e de perigos potenciais)
- A investigação de acidentes e ocorrências perigosas
- A manutenção de registos (estatísticas de acidentes e ocorrências perigosas)
- O controlo e a coordenação das inspecções de segurança
- A ligação com outros especialistas em segurança
- A avaliação de riscos potenciais e da necessidade de implementação de medidas e acções preventivas

A responsabilidade da segurança reparte-se pelos directores de laboratórios que, nem sempre tendo a experiência necessária para garantir a administração eficaz de um programa de segurança, devem trabalhar com quem os possa aconselhar nessa matéria. Para além de responsável pelo controlo dos riscos no laboratório, o director é também responsável

por assegurar que todo o pessoal dispõe de informação adequada sobre os perigos potenciais inerentes ao seu trabalho. Os directores de projecto e supervisores são os elementos chave responsáveis pela segurança e controlo de riscos nas suas unidades e pela elaboração de informação especializada sobre segurança relativamente ao funcionamento dessas unidades.

### **Consulta aos funcionários do laboratório e constituição de comissões de segurança**

Em qualquer organismo há pessoas ou grupos de pessoas que possuem um conhecimento especial do trabalho que está a ser desenvolvido. É por isso essencial a sua contribuição e cooperação para o estabelecimento de procedimentos de segurança e para a criação de um local de trabalho seguro. Um dos modos de envolver os funcionários é constituir uma Comissão de Segurança, formada por membros representando os vários interesses em presença. Quando os funcionários são membros de Sindicatos, a legislação poderá fornecer um quadro legal no âmbito do qual os funcionários e os sindicatos podem organizar o funcionamento da Comissão de Segurança.

A natureza e estrutura da Comissão de Segurança dependem directamente das dimensões do organismo e da natureza dos riscos associados aos trabalhos em desenvolvimento. Sendo um elemento central do programa de segurança, a Comissão de Segurança deve ser envolvida no planeamento inicial e no funcionamento do programa de higiene, segurança e saúde. Em organismos de grandes dimensões, deve existir uma Comissão de Segurança Central, que tem a responsabilidade de organizar e supervisionar a nível global o programa de segurança da instituição, e Sub-Comissões de Segurança que cubram diferentes áreas de investigação, funcionando em ligação com a Comissão de Segurança Central.

O presidente da Comissão de Segurança Central deve ser um funcionário com poderes executivos capazes de reforçar a importância do programa de segurança e dar peso às recomendações da Comissão. De modo análogo, cada Sub-Comissão deve ser presidida por um funcionário investido de poderes executivos para conferir à Sub-Comissão a necessária autoridade.

O preenchimento dos lugares na Comissão e Sub-Comissão deve ser efectuado em regime rotativo, para que possam ser apresentados diferentes pontos de vista. Nas reuniões da Comissão, efectuadas com periodicidade pelo menos mensal, devem estar presentes especialistas de segurança do organismo na sua capacidade de consultores.

O objectivo principal da Comissão e Sub-Comissões de Segurança deve ser a promoção da comunicação e cooperação no desenvolvimento de metodologias e procedimentos de segurança.

As funções da Comissão de Segurança devem incluir:

- A análise retrospectiva da experiência do laboratório em termos de acidentes, ocorrências perigosas e problemas relativos à higiene, segurança e saúde no trabalho
- A promoção activa do programa de higiene, segurança e saúde do organismo
- A avaliação contínua do programa de segurança e revisão

de regras e políticas de segurança em conformidade com padrões em vigor

- A recomendação de alterações necessárias para melhorar a segurança do organismo
- A análise e apreciação dos relatórios do Director de Segurança, de inspectores, representantes dos trabalhadores e outras partes interessadas
- A constituição de grupos de trabalho para efectuar tarefas específicas no domínio da higiene, segurança e saúde
- O acordo no estabelecimento de metodologias, procedimentos e regras de segurança no local de trabalho
- A participação na elaboração de todos os planos e especificações para a construção de novos edifícios e renovação dos já existentes
- A avaliação dos novos projectos de investigação para determinar se são cumpridas as orientações de segurança do organismo, se existe o equipamento protector adequado e se são necessários serviços ou instalações especiais

### **Formação, treino e informação; manual de segurança**

O treino constitui um dos principais elementos de um programa de segurança e deve ser um processo contínuo. O melhor tipo de treino de segurança é constituído por instrução didáctica formador-formando e treino de segurança no local de trabalho com um instrutor experiente (como o supervisor) actuando como modelo.

A organização do fornecimento de informação, formação e treino sobre higiene, saúde e segurança na instituição deve adequar-se a todos os funcionários tendo em conta a natureza das respectivas funções.

Para além de requisitos de carácter geral, é indispensável um treino específico, pelo que devem ser identificadas as necessidades de todos os funcionários e desenvolvidos e implementados programas de treino de acordo com essas necessidades. Sempre que possível, a formação sobre higiene, saúde e segurança deve integrar-se na formação no posto de trabalho.

Não podem ser esquecidos, no âmbito da formação e treino, os funcionários que, sendo deslocados de um laboratório ou departamento para outro diferente, não possuem o nível de experiência ou conhecimentos que lhes permita desempenhar as suas novas funções de modo seguro.

Para além disso, os funcionários a quem estão cometidas tarefas específicas relacionadas com a segurança devem receber treino adequado que lhes permita executar essas tarefas eficazmente.

O manual de segurança é um elemento crucial na implementação de uma política de segurança em qualquer organismo e fornece as directrizes dessa política. O manual deve ser o produto do planeamento para o desenvolvimento do programa de higiene, saúde e segurança e a fonte oficial da política do organismo em matéria de higiene, saúde e segurança. A partir dele, todos os funcionários ficam inteirados da política e prática de segurança da instituição.

O manual de segurança deve ser constituído pelo menos por duas secções principais. A primeira parte refere-se às directivas de segurança do organismo e aos objectivos do seu programa de segurança; às regulamentações em vigor para manutenção do programa, entidades envolvidas neste e as

suas competências, e ao programa médico. A segunda parte deve especificar todos os procedimentos a seguir para lidar com riscos potenciais de saúde e segurança no decurso dos trabalhos desenvolvidos na organização.

Deverá ainda existir uma biblioteca sobre segurança, onde a informação sobre o controlo de riscos laboratoriais esteja acessível a todos os funcionários. Esta biblioteca deve ser mantida actualizada e conter as obras especializadas publicadas pelos responsáveis de segurança do organismo, bem como livros de texto, monografias e a legislação e regulamentações pertinentes em vigor.

### Tópicos para o manual de segurança

Apresenta-se a seguir uma listagem de tópicos que devem ser tratados no Manual de Segurança, sem prejuízo de outros que, dada a especificidade do trabalho de cada instituição, seja relevante ter em conta.

- Política de Segurança
- Programa de Segurança
- Comissão de Segurança
- Departamento de Segurança
- Responsabilidades
- Serviços Médicos e de Emergência
- Acidentes (investigação, prevenção, relato e registo, medidas)
- Programa de vigilância médica e exames médicos
- Padrões Gerais de Segurança
- Comportamento pessoal (código de boa conduta e noções de higiene)
- Equipamento protector pessoal (batas, óculos e viseiras, uso de lentes de contacto, uso de cosméticos, luvas, máscaras e filtros respiratórios, sapatos de segurança)
- Alimentos, bebidas e tabaco
- Limpeza e arrumação do laboratório
- Controlo de Riscos Químicos
- Classificação química e riscos inerentes (substâncias cancerígenas, substâncias cáusticas ou corrosivas, explosivos, substâncias inflamáveis, produtos venenosos)
- Etiquetagem
- Manuseamento de produtos que apresentam perigos específicos
- Armazenagem
- Eliminação de resíduos
- Controlo de derrames acidentais
- Técnicas de trabalho
- Controlo de riscos Biológicos
- Classificação e graus de risco (microrganismos patogénicos e mutantes, agentes etiológicos, vírus oncogénicos, moléculas de DNA recombinante)
- Técnicas de delimitação
- Processos de descontaminação
- Eliminação de resíduos
- Técnicas de trabalho
- Controlo de Riscos de Incêndio
- Extintores e outro equipamento para combater incêndios
- Tipos de fogos
- Sistemas de alarme e de controlo de incêndios
- Controlo de Riscos Mecânicos

- Desimpedimento de corredores
- Quedas
- Controlo de objectos ponteados
- Inundações
- Controlo de Riscos Físicos
- Controlo do ruído
- Programa de segurança sobre radiações (lasers, lâmpadas de vapor de mercúrio, fornos de microondas, produtos radioactivos, radiação de radiofrequência, ultrassons, lâmpadas de ultravioletas, raios X, radiação gama)
- Sistemas de ventilação
- Controlo de Riscos Eléctricos
- Localização e acesso a sistemas de corte de circuitos
- Instalação e ligação de equipamentos
- Sinais de Aviso
- Áreas de risco permanente
- Zonas de risco temporário
- Tipos de sinais de aviso
- Situações de Emergência
- Plano e treino de evacuação de laboratórios
- Primeiros socorros

### Pessoal não pertencente aos quadros da instituição

A Direcção da instituição tem o dever e a responsabilidade de assegurar a higiene, saúde e a segurança de pessoal que não pertence aos seus quadros – estudantes, bolseiros e estagiários – mas que pode ser afectado pela actividade que desenvolve e se desenvolve nos seus laboratórios.

O nível de conhecimentos e prática deste pessoal é geralmente inferior ao de um funcionário plenamente treinado, requerendo por isso um maior grau de orientação e supervisão.

Entre as medidas razoáveis que devem ser tomadas para protecção de estudantes, bolseiros e estagiários e outro pessoal não pertencente aos quadros da instituição incluem-se, para além de formação específica sobre segurança, a obrigatoriedade de estarem cobertos por um seguro de acidentes.

### Auditorias de segurança e procedimentos de inspecção

Em qualquer organismo é essencial avaliar a eficácia da política e das medidas relativas à higiene, saúde e segurança. Um modo de avaliação dessa política inclui procedimentos de controlo que devem incluir:

- O registo dos acidentes e incidentes relativos a higiene, saúde e segurança
- A verificação da extensão do cumprimento dos requisitos legais e códigos de boa prática relacionados com higiene, saúde e segurança
- A verificação da extensão em que são cumpridas regras e procedimentos relevantes
- A verificação da adequação das metodologias e práticas de segurança definidas em relação às actividades em curso na instituição

Para tal devem ser implementadas várias técnicas de auditoria e inspecção, que serão feitas periodicamente e *ad hoc*.

As técnicas para avaliação e controlo da segurança variam em complexidade desde a simples observação visual até ao exame pormenorizado dos riscos potenciais associados às infraestruturas, materiais, máquinas e utilização de produtos e equipamentos, e passando pelas inspecções e auditorias. Estes exames podem conduzir a uma quantificação dos riscos das actividades desenvolvidas e a uma análise económica da prevenção de acidentes e saúde no trabalho.

A técnica mais simples de controlo é a volta de segurança, um exercício simples para detecção de perigos. Destina-se a assegurar que se atingiu um grau aceitável de manutenção, são removidos riscos evidentes e são em geral observados bons padrões de higiene, saúde e segurança. As voltas de segurança são efectuadas pelos directores dos laboratórios ou pelos supervisores, com ou sem aviso prévio.

As inspecções de segurança, geralmente efectuadas a intervalos regulares e pré-planeadas pelos directores, podem ser acompanhadas pelos representantes da segurança e destinam-se a assegurar que as metodologias e procedimentos de trabalho seguro são cumpridos, garantindo a observação de bons níveis de higiene, saúde e segurança. Esta técnica pode revelar áreas problemáticas principais que requerem atenção, especialmente se as razões por detrás das falhas forem investigadas a fundo.

Uma auditoria de segurança é um exame crítico sistemático às actividades de trabalho, de modo a identificar perigos potenciais e determinar os níveis de risco que lhe estão associados. O objectivo de uma auditoria de segurança é assegurar que as medidas do organismo quanto a higiene, saúde, segurança e prevenção funcionam eficazmente e que são cumpridos os requisitos legais.

As auditorias incluem o exame da política de segurança da instituição, da estrutura organizativa da segurança, das metodologias e procedimentos e do *design, lay-out* e construção de laboratórios e seu equipamento. As auditorias recorrem em geral a questionários pormenorizados para identificar os pontos fortes e fracos em termos de organização.

Após a realização de uma auditoria, deve ser estabelecido um plano de acção e posteriormente efectuado o controlo para assegurar o progresso nas áreas que se verificou requererem maior atenção.

### Problemas de segurança mais frequentes

Os problemas mais frequentes relacionados com segurança encontram-se listados a seguir e a sua detecção e correcção podem contribuir de modo importante para a melhoria dos padrões de segurança da instituição:

- Circuitos eléctricos
- Equipamento sem ligação à terra
- Circuitos sobrecarregados
- Uso excessivo de extensões eléctricas
- Fusíveis inadequados
- Protecção inexistente ou inadequada para altas voltagens
- Tomadas localizadas próximo de pontos de água
- Armazéns
- Design* e planeamento deficiente das áreas de armazenagem
- Armazenagem conjunta de produtos incompatíveis

### TÓPICOS PARA ELABORAÇÃO DE FICHAS DE INSPECÇÃO

#### Inspeção de segurança

LABORATÓRIO: \_\_\_\_\_ RESPONSÁVEL: \_\_\_\_\_ DATA: \_\_\_\_\_

Foram detectadas as seguintes anomalias durante uma inspeção recente ao seu laboratório. Corrija as deficiências indicadas com a máxima brevidade para garantir um local de trabalho seguro.

#### CONDIÇÕES DO LABORATÓRIO

- Bloqueamento dos sistemas de ventilação
- Frigoríficos necessitando de descongelação e/ou limpeza
- Zonas impedidas ou sujas em redor de pias, bancadas e hotes
- Chão sujo
- Chão com irregularidades
- Revestimento escorregadio no soalho
- Superfícies de trabalho não impermeáveis
- Ausência de calxote de lixo só para vidros
- Existência de plantas
- Ausência de sinalização de segurança
- Zonas impedidas e com poeira junto aos frigoríficos
- Alimentos e bebidas em frigoríficos do laboratório
- Perigo de se tropeçar devido a material mal arrumado
- Ausência de protecção para manuseamento de materiais de risco
- Hotes sujas e com acumulação de reagentes e equipamentos
- Sobrecarga de circuitos eléctricos
- Tomadas de corrente localizadas junto de pontos de água
- Equipamento sem ligação à terra

#### HIGIENE OCUPACIONAL

- Números de telefone de emergência não afixados em todos os telefones
- Zona do chuveiro de emergência impedida
- Painéis das portas tapados
- Equipamento protector não utilizado (batas, óculos, luvas) quando requerido
- Uso inadequado de bancos/escadotes para chegar às prateleiras mais altas
- Cilindros de gases comprimidos não fixados

#### PRÁTICAS DO PESSOAL

- Falta do uso da bata nos laboratórios
- Uso da bata em áreas exteriores ao laboratório (biblioteca, refeitório)
- Falta de uso de óculos de segurança no laboratório
- Utilização de fontes de radiação não ionizante sem uso de óculos de protecção adequados
- Não remoção de luvas antes de manusear telefones, maçanetas de portas ou de deixar o laboratório
- Uso de substâncias perigosas fora da área de trabalho
- Cabelos compridos soltos
- Uso de anéis e pulseiras
- Alimentos, bebidas e tabaco não confinados às áreas exteriores ao laboratório
- Pipetagem com a boca
- Acesso ao equipamento de segurança impedido
- Pessoal não vacinado (trabalho com organismos patogénicos perigosos)
- Pessoal não registado junto do corpo médico da instituição (trabalhos com radiações)
- Falta de uso de dosímetros individuais (trabalho com radiações)

#### SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIOS

- Saídas não assinaladas
- Salas/anexos com uma só porta
- Inexistência de portas corta-fogo
- Corredores obstruídos
- Falta de extintores
- Extintores de tipo desadequado aos trabalhos em curso

- Extintores adequados não colocados nos locais apropriados
- Extintores não verificados periodicamente
- Circuitos eléctricos sobrecarregados
- Ligações eléctricas danificadas
- Áreas de manuseamento de substâncias inflamáveis não assinaladas com proibição de fumar
- Chamas nuas desatendidas
- Operações desatendidas

## SEGURANÇA DOS EQUIPAMENTOS

- Equipamento de vácuo não protegido
- Equipamento de alta voltagem não assinalado (Incluindo o de electroforese)
- Hotes com mau funcionamento
- Equipamento não ligado à terra
- Janelas das hotes mantidas abertas
- Frigorífico não assinalando conteúdo perigoso
- Frigorífico doméstico não assinalando a proibição de uso de produtos inflamáveis
- Equipamento sujo e em mau estado de funcionamento
- Ausência de guardas protectoras em equipamentos mecânicos
- Ausência de protecção em equipamentos de alta pressão

## SEGURANÇA QUÍMICA

- Prateleiras superlotadas
- Armazenagem em locais inadequados
- Produtos antigos nas prateleiras
- Produtos incompatíveis armazenados conjuntamente
- Líquidos armazenados a nível acima da cabeça
- Recipientes corroídos ou defeituosos
- Recipientes não etiquetados
- Recipientes comerciais sem data de recepção e data de abertura
- Resíduos químicos não etiquetados ou mal armazenados
- Excesso de substâncias inflamáveis
- Soluções de ácido crómico não cobertas
- Mercúrio em contacto com o ar

## SEGURANÇA BIOLÓGICA

- Superfícies de trabalho descontinuas
- Superfícies de trabalho não protegidas com material absorvente
- Sistemas de corte instalados em zonas de contaminação
- Trabalhos não segregados das outras actividades do laboratório
- Trabalhos não segregados por níveis de classificação de risco
- Materiais, vidros e equipamentos não sinalizados (código de cores)
- Falta de separação entre zonas contaminadas e não contaminadas
- Ausência ou insuficiência de equipamento para descontaminação
- Sistema de ventilação inadequado
- Ausência de portas com fecho automático
- Material contaminado não selado e etiquetado
- Ausência de equipamento para esterilização de batas
- Ausência de esterilização do ar em casos que o justifiquem (trabalhos com organismos patogénicos e culturas de tecidos)
- Instalações inadequadas para manutenção de animais de laboratório
- Instalações inadequadas para manuseamento de animais de laboratório
- Ausência de batas específicas (código de cores) para uso exclusivo em zonas de risco de contaminação
- Ausência de protecções para sapatos específicas (código de cores) para uso exclusivo em zonas de risco de contaminação
- Inexistência de sinalização adequada para condicionamento de ingresso em zonas de risco

## SEGURANÇA RADIOLÓGICA

- Ausência de sinalização nas zonas de risco
- Trabalhos não segregados das outras actividades do laboratório
- Trabalhos não segregados por níveis de radioatividade dos materiais
- Materiais, vidros e equipamentos não sinalizados (código de cores)
- Instrumentação não classificada por classes de risco (lasers)
- Ausência de um registo de substâncias radioactivas com indicação de todas as

## transferências efectuadas

- Ausência de dosímetro para controlo de exposição a radiações
- Ausência de sistemas para detecção de contaminação do laboratório
- Insuficiência de meios de descontaminação
- Insuficiência de meios de protecção
- Superfícies de trabalho não impermeáveis
- Soalhos irregulares
- Ausência de hotes e caixas de luvas
- Insuficiência de tabuleiros (esmalte ou inox)
- Ausência de torneiras accionáveis com o cotovelo, joelho ou pé
- Ausência de caixotes do lixo de pedal para materiais sólidos activos
- Ausência de recipiente sinalizado para resíduos líquidos de elevada actividade
- Canalizações descontinuas
- Canalizações utilizadas para eliminação de resíduos activos não sinalizadas
- Ausência de um lavatório imediatamente exterior ao laboratório
- Insuficiente equipamento de limpeza
- Padrões de limpeza insuficientes
- Local de armazenagem inadequado e sem protecção
- Recipientes contendo materiais activos com tampas de rosca ou rolhas de vidro
- Embalagem de substâncias para transporte não conforme com as regulamentações da AIEA
- Transporte de substâncias activas dentro da instituição em condições inadequadas

## OUTRAS SITUAÇÕES DE RISCO POTENCIAL

---



---



---



---



---

NOME DO INSPECTOR: \_\_\_\_\_

ASSINATURA: \_\_\_\_\_

Acessos inadequados  
 Ventilação insuficiente  
 Falta de equipamento para combater incêndios  
 Bidons de solventes sem ligação à terra  
 Acumulação de produtos antigos e potencialmente perigosos  
 Produtos sem identificação  
 • Laboratórios  
 Inexistência ou deficiente controlo da temperatura do laboratório (*stress* térmico)  
 Sáfidas de gás combustível nas bancadas  
 Volume excessivo de solventes  
 Falta de armários de segurança para produtos inflamáveis e tóxicos  
 Falta de recipientes de segurança para solventes inflamáveis  
 Ausência de frigoríficos e congeladores à prova de explosão em casos que o justifiquem  
 Ausência de equipamento eléctrico à prova de explosão em casos que o justifiquem  
 Arrumação inadequada de produtos químicos  
 Ventilação insuficiente  
 Hotes em número insuficiente  
 Hotes mal posicionadas e/ou com funcionamento inadequado  
 Canalizações em materiais não resistentes à corrosão  
 Equipamentos sem dispositivos de segurança (guardas, circuitos de corte, etc.)  
 Falta de chuveiros de emergência e de lava-olhos  
 Falta ou insuficiência de extintores de incêndio em número e de tipo adequado ao trabalho de cada laboratório individual  
 Ausência de equipamentos e procedimentos adequados para

eliminação de resíduos (incineradores, unidades de recuperação, contratos com empresas de eliminação de resíduos) Armazenagem, transporte e utilização inadequadas de cilindros de gases comprimidos

Deficiente manutenção dos laboratórios

Deficiente limpeza dos laboratórios

Ausência de sinalização de segurança adequada aos trabalhos em curso

Falta de equipamento de protecção pessoal para a realização de experiências laboratoriais

Bloqueamento de vias de saída em caso de emergência

Deficiente funcionamento de sistemas de comunicação interna e externa em casos de emergência

Estes e outros aspectos mais específicos deverão ser objecto de inspecção periódica e fornecerão elementos importantes para o estabelecimento e manutenção de uma política eficaz de segurança na instituição.

### Procedimentos em situações de emergência

Todos os funcionários da instituição devem ser treinados para reagir prontamente em casos de emergência (como incêndio, explosão, fuga de gases tóxicos).

É essencial que estejam disponíveis extintores de tipo e em número apropriado, e que todos estejam familiarizados com a sua utilização e limitações. A escolha de extintores depende da natureza e escala das operações laboratoriais. Em certos casos é preferível o uso de sistemas de extinção fixos, podendo ser operados manual e automaticamente.

Um número apropriado de pessoal do laboratório deve estar treinado para socorrer outros (pessoas sufocadas pelo fumo ou gases tóxicos) e estar disponível o equipamento necessário para que a operação de socorro se possa realizar com segurança (máscaras respiratórias).

Todos os funcionários devem estar familiarizados com os procedimentos a seguir em caso de derrame de produtos manuseados no laboratório e estar disponíveis os absorventes e descontaminantes e instruções para a sua utilização, bem como equipamento protector apropriado.

Devem ser estabelecidos e claramente compreendidos os procedimentos para situações de emergência, e os directores dos laboratórios devem preparar esquemas de segurança para cada área e organizar exercícios de evacuação frequentes. Todas as pessoas responsáveis pelos procedimentos de evacuação devem ter um delegado para actuar na sua ausência. As vias de evacuação devem estar claramente assinaladas e ser mantidas permanentemente desobstruídas. Todos os funcionários têm de conhecer o local onde se efectua a concentração de pessoal após a evacuação. Os procedimentos a adoptar devem ser estabelecidos de modo a que todo o pessoal incluindo os visitantes, possa ser localizado em caso de emergência.

### Registo e relatórios de acidentes

O relatório e o registo de acidentes e incidentes, por mais triviais que possam parecer, são instrumentos valiosos para a gestão da higiene, segurança e saúde.

Cada organismo deve possuir um sistema que permita fazer

o relatório rápido e o registo de todas as ocorrências potencialmente perigosas.

A informação assim coligida pode ser utilizada para:

- Determinar a(s) causa(s), prevenir a recorrência e determinar se há ou não implicações mais vastas para a segurança
- Identificar perigos de outro modo indetectados e não previsíveis
- Comparar as estatísticas com as de outros laboratórios para identificação de tendências

### Serviços médicos, higiene ocupacional e vigilância médica

É essencial que a Direcção do organismo passe em revista as operações dos seus laboratórios para identificar os riscos e estabelecer procedimentos apropriados para manter a saúde dos trabalhadores, para o que é indispensável o conselho de uma equipa médica especializada em saúde no trabalho.

A natureza dos serviços médicos disponíveis dependerá da natureza e escala das operações da instituição. No entanto, é dever da entidade patronal disponibilizar o equipamento apropriado e as instalações adequadas às circunstâncias específicas do organismo.

Os cuidados de saúde ocupacional dependem da identificação de riscos potenciais para a saúde dos trabalhadores e do controlo da exposição a tais riscos dentro de limites aceitáveis. É da responsabilidade da Direcção da instituição, independentemente das dimensões desta, obter uma avaliação de modo a:

- Identificar os perigos
- Quantificar os riscos para a saúde
- Determinar as medias de controlo apropriadas

Subsequentemente, a Direcção da Instituição deve tomar medias para que:

- Sejam definidas, implementadas e mantidas as medidas de controlo adequadas
- Seja controlado o local de trabalho (incluindo o controlo biológico) de modo a que sejam cumpridos os padrões estabelecidos
- Seja controlada a saúde dos trabalhadores
- Seja efectuada uma revisão de todas as avaliações e procedimentos
- Seja mantido o registo do controlo ambiental e de saúde do pessoal

### Segurança e controlo do acesso e das instalações

A organização destinada a garantir um ambiente de trabalho seguro requer que certas operações de segurança, como o controlo do acesso às instalações, sejam coordenadas com os serviços administrativos. Os aspectos a considerar podem ser divididos nas seguintes áreas distintas:

- Os funcionários têm o dever de assegurar a segurança de todos os visitantes, que devem ser informados dos perigos potenciais e das regras de funcionamento da segurança. O

controlo é geralmente conseguido assegurando que os visitantes se dirigem a locais específicos onde é fornecida informação e equipamento protector adequado, não sendo permitido que percorram as instalações desacompanhados

- Adopção de medidas adequadas para proteger os funcionários de actos de vandalismo ou de violência, para o que poderá ser solicitada a cooperação das autoridades policiais
- Consideração, no *design* das medidas preventivas contra incêndios, da possibilidade de fogo posto
- Limitação do acesso do pessoal a substâncias ou equipamentos especialmente perigosos
- Restrição do trabalho fora das horas normais e operações sem atendimento (durante a noite ou o fim de semana)
- Controlo efectivo de entrada e saída de pessoas e veículos
- Controlo efectivo da entrada e saída de materiais e equipamentos
- Disponibilidade permanente de equipas de manutenção para resolução de problemas de carácter urgente que possam comprometer a segurança das pessoas, dos equipamentos e das instalações

### Conclusões e propostas

Um programa de segurança institucional é complexo, consistindo de várias componentes relacionadas entre si. Em geral, um programa eficaz de segurança requer:

- A definição de uma política de segurança
- Um programa de formação e treino
- Uma Comissão de Segurança
- Padrões de segurança que assegurem o cumprimento das normas e regulamentações pertinentes
- Um manual de segurança que inclua uma declaração de princípios e uma secção técnica pormenorizada

- O compromisso total da Direcção do organismo ao mais alto nível

Só quando estiverem reunidas estas condições e a funcionar eficientemente é que se poderá considerar que a instituição está dotada de um programa de segurança eficaz.

Na ventualidade de não ser possível constituir tais Comissões no curto prazo, e não existindo ainda no organismo os elementos considerados necessários a um programa de segurança, que urge implementar, seria útil começar por efectuar algumas tarefas que contribuirão para a implementação desse programa na instituição:

- Levantamento dos funcionários da instituição que possuam conhecimentos e/ou experiência sobre os vários aspectos da higiene, segurança e saúde no trabalho, para avaliar da necessidade de recurso a consultores externos em áreas em que não dispõe de especialistas
- Levantamento da situação das instalações da instituição, para determinar as respectivas necessidades em termos de segurança
- Levantamento do fundo documental sobre segurança da instituição, para respectiva actualização
- Compilação das regulamentações e disposições (nacionais, comunitárias e internacionais) para elaboração de um programa de segurança em conformidade com as que forem pertinentes
- Preparação de informação sobre segurança para utilização nos vários departamentos/serviços, como primeira etapa para: (i) a identificação das necessidades de treino dos funcionários individuais, (ii) para a elaboração de um Manual de Segurança da instituição e (iii) para a estruturação de um programa de treino.

## Encontros SPQ – Educação

- 1978 – 1.º Encontro Internacional sobre Educação em Química (Lisboa)
- 1979 – 2.º Encontro Nacional de Química – Secção de Educação (Porto)
- 1980 – 3.º Encontro Nacional de Química – Educação (Coimbra)
- 1981 – 4.º Encontro Anual da SPQ – Bloco Ensino (Lisboa)
- 1982 – 5.º Encontro Anual da SPQ – Bloco Ensino (Porto)
- 1983 – 6.º Encontro Anual de Química – Sector de Educação (Coimbra)
- 1984 – 7.º Encontro Anual de Química – Sector de Educação (Queluz)
- 1985 – 8.º Encontro Anual da SPQ – Bloco Educação (Braga)
- 1986 – 9.º Encontro Anual da SPQ – Ensino (Aveiro)
- 1987 – 10.º Encontro Anual da SPQ – Química Educacional (Porto)
- 1988 – 11.º Encontro Anual da SPQ – Educação em Química (Lisboa)
- 1992 – 13.º Encontro Anual da SPQ – Bloco de Ensino (Lisboa)

**Twelfth  
International Conference  
on Chemical Education**

**Bangkok, Thailand.**

17 - 21 December, 1992

Organized by

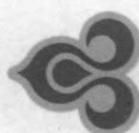
The Committee on Teaching of  
Chemistry of the International  
Union of Pure & Applied Chemistry

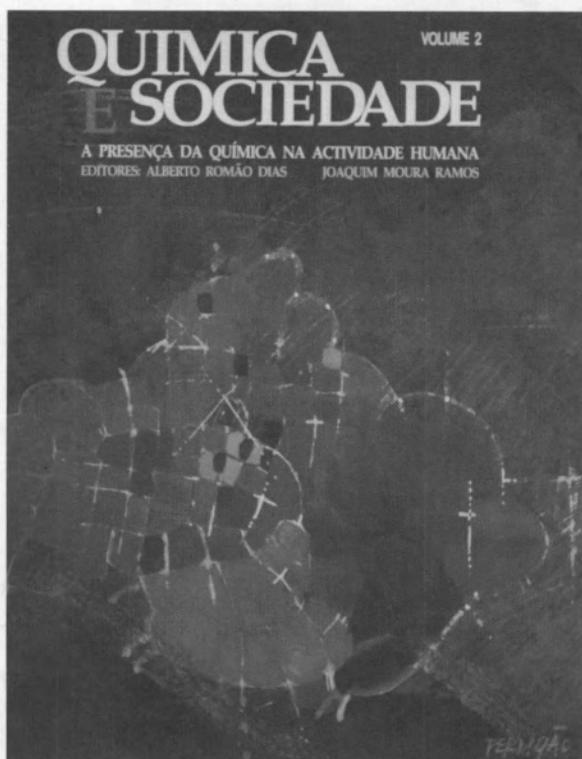
and

The Chemical Society  
Thailand

In cooperation with  
UNESCO



 **Thai**



Um livro  
indispensável  
para todos  
os interessados  
no papel  
da Química  
na vida  
da Sociedade

SÓCIOS SPQ  
1500\$00

UMA  
PUBLICAÇÃO  
CONJUNTA  
DA

SOCIEDADE PORTUGUESA DE QUÍMICA

E  
DA

LIVRARIA ESCOLAR EDITORA

EDITORES

A. ROMÃO DIAS e J. MOURA RAMOS

NOME \_\_\_\_\_

MORADA \_\_\_\_\_

Sou sócio da SPQ e desejo receber um exemplar do livro **QUÍMICA E SOCIEDADE** para o que envio o cheque

N.º \_\_\_\_\_ do Banco \_\_\_\_\_, no valor de 1500\$00, em nome da **Sociedade Portuguesa de Química,**

Av. da República, 37 - 4.º - 1000 LISBOA

## QUÍMICA E SOCIEDADE

A PRESENÇA DA QUÍMICA NA ACTIVIDADE HUMANA

VOLUME 2

### ÍNDICE

#### Química e Desenvolvimento

*Maria João Marcelo Curto e Maria Regina Tavares*

#### Química na Filosofia

*Raquel Gonçalves*

#### Inovação Científica - Resistência e Mudança

*Sebastião J. Formosinho*

#### Arte e Ciência

*Jorge C.G. Calado*

#### Observações sobre as Simetrias e Dissimetrias nas Ciências e na Natureza

*Joaquim J. Moura Ramos*

#### Alquimia em Portugal – o Rei Alphonso

*António M. Amorim da Costa*

#### Contribuição de Lavoisier para os Fundamentos da Química Moderna

*António M. Nunes dos Santos e Palmira Fontes  
da Costa*

#### Os Cheiros, o Sexo e a Química

*Joaquim J. Moura Ramos*

#### A Química do Vinho na Perspectiva do Consumidor

*Victor M.S. Gil e Ana M.O. Brett*

#### A Química da Medicina Tradicional e Drogas Modernas

*Amélia Pilar Rauter*

# INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO



**A força dos 80 anos !**



# vórtice



Equipamentos Científicos, Lda.

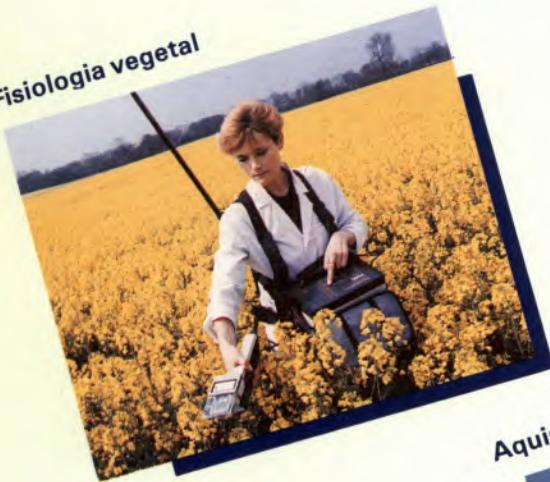
## Meteorologia e Geofísica



A reconciliação e a busca de equilíbrio entre a economia e o ambiente, a inventariação dos recursos naturais, a investigação agrónómica e o controlo de qualidade dos materiais são necessidades crescentes no mundo de hoje.

A Vórtice fornece, instala e mantém sistemas de alta tecnologia que permitem medir, compreender e reagir.

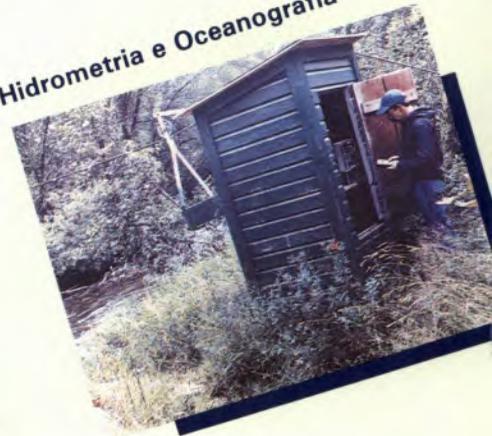
## Fisiologia vegetal



## Poluição do ar Análise de gás



## Hidrometria e Oceanografia



## Aquisição de dados



## Auscultação de obras e teste de materiais



## Poluição da água

