

Química Nuffield na Grã-Bretanha no período 1961 a 1984 *

R. B. Ingle ^a

Parte 2

• Avaliação e revisão das publicações de nível O

2.1. O INQUÉRITO COM VISTA À REVISÃO

Em 1970, quatro anos após a publicação da Química Nuffield, a Fundação encarregou o autor de levar a cabo um inquérito para verificar se seria necessário rever o material e para planejar as linhas de orientação para tal. Colaboraram nesta tarefa E. H. Coulson (membro da primeira equipa) e um grupo consultivo de seis professores. Começou-se por debater os materiais da 1.^a edição com professores de Química e alunos, assim como com conselheiros, inspectores e outras pessoas. A primeira impressão que surgiu nas escolas que adaptaram a Química Nuffield foi a sensação de empenhamento de muitos professores e alunos. Apesar de dúvidas, dificuldades ou problemas que alguns professores têm em relação ao esquema, o seu entusiasmo era visível ao utilizar os materiais e estavam a gostar de dar o curso. Por outro lado, nas escolas que não adoptaram a Química Nuffield, a impressão tida foi a dos professores não estarem de modo algum persuadidos com o valor da Química Nuffield. Muitos mencionaram os custos do esquema e a dificuldade dos temas. Notou-se uma diferença considerável entre o modo como os professores de Química vêem a Química Nuffield.

A estas impressões preliminares seguiu-se um inquérito. Pediu-se a professores de umas duzentas escolas — todos com experiência de ensino do esquema — que comentassem todos os aspectos das publicações. As respostas forneceram um ror de comentários fundamentados sobre o modo como as publicações poderiam ser melhoradas e tornarem-se mais eficazes no que diz respeito à conveniência e à sequência dos tópicos do Esquema-Tipo, ao seu tratamento, ao nível da linguagem usada, à clareza e à atracção dos Livros Básicos. Umas vinte escolas das que responderam ao inquérito foram depois visitadas durante um dia para debates detalhados. As respostas a este inquérito foram agrupadas em quatro secções que vão ser tratadas em seguida.

2.2. O PACOTE DE PUBLICAÇÕES

Nas escolas, o pacote de publicações para os alunos (folhas para a *Investigação no Laboratório*, Livros Básicos e o *Livro de Dados*) estava a ter um sucesso muito relativo. As folhas para a *Investigação no Laboratório* foram bem aceites pelos alunos, orientando-os mas notou-se que, por vezes, deviam ser mais explícitas sobre “o que fazer”. Por outro lado, alguns professores acharam-nas desnecessárias e não as utilizaram; alguns mencionaram que estas folhas eram contrárias ao espí-

rito do ensino através da pesquisa. Muitos professores entusiasmaram-se com a ideia de encorajar os alunos a manter um caderno *pessoal* sobre as suas investigações no laboratório; no entanto, sentiram que, muitas vezes, estes cadernos eram uma grande trapalhada e voltaram, por isso, ao método de ditar apontamentos.

Os Livros Básicos, produzidos com imaginação e apesar de atractivos (1.^a Parte, Tabela 5), não foram bem recebidos pelos professores. E, embora muitos alunos gostassem deles, só uma minoria estava a organizar a sua própria colecção. De facto, ser-lhes-ia difícil fazerem-no, pois os livros eram vendidos principalmente através dos canais normais dos livros escolares. Normalmente, as escolas emprestavam aos alunos um Livro Básico de cada vez por mais ou menos uma semana. Como havia muitos títulos (24 para o Curso Básico, para além de outros 14), a sua distribuição e entrega eram, por vezes, tão difíceis que os alunos não podiam levá-los para casa e tinham de ser lidos durante as aulas. Mas o maior desapontamento com esta série de livros residia principalmente no facto de não serem vistos, nem pelos alunos nem pelos professores, como parte integrante do curso. Isto deveu-se talvez ao facto da informação básica que eles davam sobre aspectos históricos, sociais e aplicações da Química não fazer parte do exame e também porque o seu conteúdo não estava integrado nos guias para professores. Possivelmente, a palavra *básico* dava uma imagem errada. Dois factores que também contribuíram para tal foram a linguagem e o método geral que eram, muitas vezes, sofisticados para os alunos nas idades para que estavam planeados.

O *Livro de Dados* que continha material mais útil e interessante não foi, de uma maneira geral, bem aceite pelos professores. Para a equipa principal tinha sido importante que os alunos se habituassem a procurar dados químicos e outras informações. Contudo, verificou-se que somente poucos professores tentavam estimular esta prática e, por isso, até nas escolas onde havia cópias, estas não eram utilizadas. Outra razão para a falta de sucesso do livro foi o facto de ser muito avançado para os objectivos em vista e de não ser de consulta fácil.

A falta de um manual foi considerada preocupante por muitos professores e também por muitos alunos e pais. Como é que o aluno se arranjará se fosse mudado para outra escola que não ensinasse a Química Nuffield? E se um aluno não tivesse percebido bem um ponto durante o trabalho no laboratório ou durante as aulas? Onde poderia encontrar ajuda quando estudasse em ca-

* Esta é a 2.^a parte da conferência plenária cuja publicação se iniciou no número precedente do Boletim da S.P.Q. Tradução de Margarida Pereira-Müller, revisão de Mariana P.B.A. Pereira.

^a Institute of Education, University of London.

sa ou fizesse revisões para um teste ou para o exame? Ficou claro que, durante os trabalhos de revisão, se deveria encontrar uma concepção diferente para as publicações que servisse os mesmos interesses mas de um modo diferente e mais eficaz.

2.3. O CURSO BÁSICO

Dado que muitos relatórios comentaram que a Química Nuffield era “muito difícil” — embora alguns viessem de professores que não a ensinavam — teve interesse verificar-se onde residiam exactamente essas dificuldades. No questionário, os professores deveriam comentar e atribuir um determinado valor às dificuldades sentidas pelos alunos em *cada tópico* do Curso Básico. Os resultados (v. Tabela 1) foram obtidos pela média dos valores de todos os professores que responderam ao inquérito.

Tabela 1

Observações dos professores do grau de dificuldades sentidas pelos alunos nos diferentes tópicos do curso

CHAVE: grau de dificuldade observado				
A	B	C	D	E
sem dificuldade		com alguma dificuldade		muito difícil

Idade aprox. dos alunos	Tópico	Grau de dificuldade
1.ª fase		
11-13	1-10	A
2.ª fase		
13 ½	11. Átomos (o conceito de molécula)	E
	12. “Gás do sal”	B
	13. Tabela Periódica	B
	14. Estrutura	D
14	15. Sólidos, líquidos e gases	D
	16. Electrólitos	C
14 ½	17. Equações	D
	18. Velocidades e catalizadores	B
	19. Equilíbrio	D
15	20. Ácidos, etc.	B
	21. Grandes moléculas	B
	22. O problema mundial da alimentação	B
	23. Energia ΔH	D
15 ½	23. Energia ΔG	E
	24. Radioquímica	B

A 1.ª Fase foi considerada pelos professores um curso muito bom, agradável, estimulante para os jovens e não muito difícil. Embora tivesse sido concebido como uma introdução à Química para aqueles que viessem a fazer o nível O, verificou-se que muitos dos trabalhos experimentais estavam a ser usados com êxito em escolas com um leque de capacidades mais amplo. Não nos surpreendeu que muitos deles fossem utilizados nos esquemas Nuffield de Ciência Combinada planeados para classes com alunos entre os 11 e os 13 anos. Por outro lado a maioria considerou a 2.ª Fase do curso muito teórica e difícil, especialmente a primeira parte destinada a alunos entre os 13 e 14 anos na qual foi introduzido o conceito de mole (denominado, na Química Nuffield, “átomo-grama”). Muitos professores mostraram-se preocupados com o aumento repentino de dificuldade entre a 1.ª e a 2.ª Fase do curso.

Aqui poder-se-ia perguntar: “o que sentiram os alunos?” Na altura, não se sabia se se poderia avaliar com justeza as opiniões dos alunos; por isso, decidiu-se

considerar o modo como decorreram os exames e daí extrair as informações sobre a apreensão dos diversos tópicos (v. p.7). Contudo, num exame retrospectivo, verificou-se que teria sido mais esclarecedor ter usado uma técnica idêntica à que Johnstone (1974) utilizou na Escócia. Esta incluiu inquéritos aos alunos no final de um curso de Química (não se tratava da Química Nuffield) em que teriam de dizer para cada tópico se

- * nunca foi tratado
- * foi fácil de compreender (por ex.: percebi-o imediatamente)
- * foi difícil de compreender (por ex.: compreendo-o agora, mas tive dificuldades)
- * nunca foi compreendido.

Mas uma questão mais importante do que a da *dificuldade* é a do *interesse*. Por isso, pediu-se aos professores que avaliassem cada um dos tópicos do curso de acordo com o *interesse mostrado pelos alunos*. Concluiu-se que, na generalidade, os alunos consideravam os tópicos mais difíceis os menos interessantes e vice-versa. A Química Nuffield, ainda mais do que outros cursos de ciência na Grã-Bretanha, parecia estar a tornar-se muito abstracta e difícil para os alunos com 13 anos e esta talvez fosse uma das razões do declínio abrupto do interesse pela ciência nesta idade (Ormerod & Duckworth, 1975).

Uma das linhas mestras primitivas dadas pela Fundação (v. 1.ª parte deste artigo) foi a de que os materiais seriam utilizados pelos professores da maneira que quisessem. O organizador da Química Nuffield, H. F. Halliwell, acreditava fortemente que os guias para professores eram somente *exemplos* de como a Química poderia ser ensinada — e para dar mais ênfase a esta ideia denominou os guias para professores “Esquemas-Tipo”. Foi com satisfação que se verificou, durante o inquérito, que alguns professores estavam a utilizar a 1.ª Fase do curso como um recurso, dando outra sequência aos tópicos publicados, substituindo alguns por outro material publicado (como por exemplo a “Ciência para os Anos Setenta”, publicado na Escócia) ou por material próprio. Mas tal não aconteceu com a 2.ª Fase. Não seria exagerado dizer que, no que diz respeito à 2.ª Fase, o *Esquema-Tipo* de Halliwell foi considerado por muitos professores o *curso prescrito*. Isto talvez se devesse ao facto do exame incidir sobre as matérias da 2.ª Fase do Esquema-Tipo. Seria desejável que a revisão fizesse evitar que o *Esquema-Tipo* para a 2.ª Fase se tornasse estereotipado e esta foi uma das razões principais por que foram propostos dois *Esquemas-Tipo* na edição revista (v. p. 14).

2.4. AS OPÇÕES

A ideia original de que os alunos deveriam terminar o curso elaborando dois trabalhos baseados no laboratório (de 13 publicados) foi bem aceite por professores e alunos. É claro que algumas opções foram muito mais populares que outras.

Como se pode ver na Tabela 2, as Opções avaliadas pelo professor foram menos populares do que as avaliadas por exame externo, provavelmente porque, nessa altura, a avaliação feita por exame interno da escola era uma inovação na Grã-Bretanha e foi muitas vezes vista impropriamente como algo que consumia muito tempo.

Inquéritos revelaram que era geralmente o professor, e

Tabela 2

INFORMAÇÕES SOBRE A UTILIZAÇÃO POR PARTE DAS ESCOLAS DAS OPÇÕES EM 1970

Número da Opção	Título da Opção	Número de escolas que utilizaram a Opção	Método de avaliação *
1	Água	120	E
13	Periodicidade	70	E
7	Moléculas gigantes	50	E
3	Colóides	45	E
10	Acidez e alcalinidade	42	E
4	Metais	30	E
12	De átomos a iões	28	E
11	Análise	22	I
8	Indústria química	18	I
2	Cristais	15	E
5	Transformações químicas e energia eléctrica	12	E
6	Estrutura	10	I
9	Tópicos históricos	8	I

* E = avaliado por exame externo; I = avaliado internamente na escola.

não o aluno, que decida *qual* a Opção a seguir. A razão para tal restrição era a dificuldade que uma escolha vasta causaria na organização do trabalho prático, para além dos custos.

2.5. A MATEMÁTICA E A QUÍMICA NUFFIELD

Em muitos relatórios, os professores queixaram-se das dificuldades que os alunos tinham com os conhecimentos matemáticos necessários à Química Nuffield. As principais áreas nas quais foram notadas tais dificuldades foram os tópicos 11, 15, 16, 17 e 23 — os cinco tópicos do curso que exigiam mais conhecimentos matemáticos. As dificuldades matemáticas mais notadas foram em ordem decrescente de importância: fracções e

proporções, cálculos, o uso de logaritmos, gráficos e expoentes e o tratamento de número pequenos. Um ponto de particular interesse foi o facto de não se ter provado verdadeira a opinião comum de que os alunos que tinham tido um curso de matemática “moderna” tiveram mais dificuldades do que os alunos de um curso “tradicional”.

2.6. INVESTIGANDO A QUÍMICA NUFFIELD

Em suplemento aos inquéritos nas escolas, foi empregue uma variedade de métodos para analisar os materiais publicados. Embora não façam parte do inquérito oficial, vão ser descritos aqui.

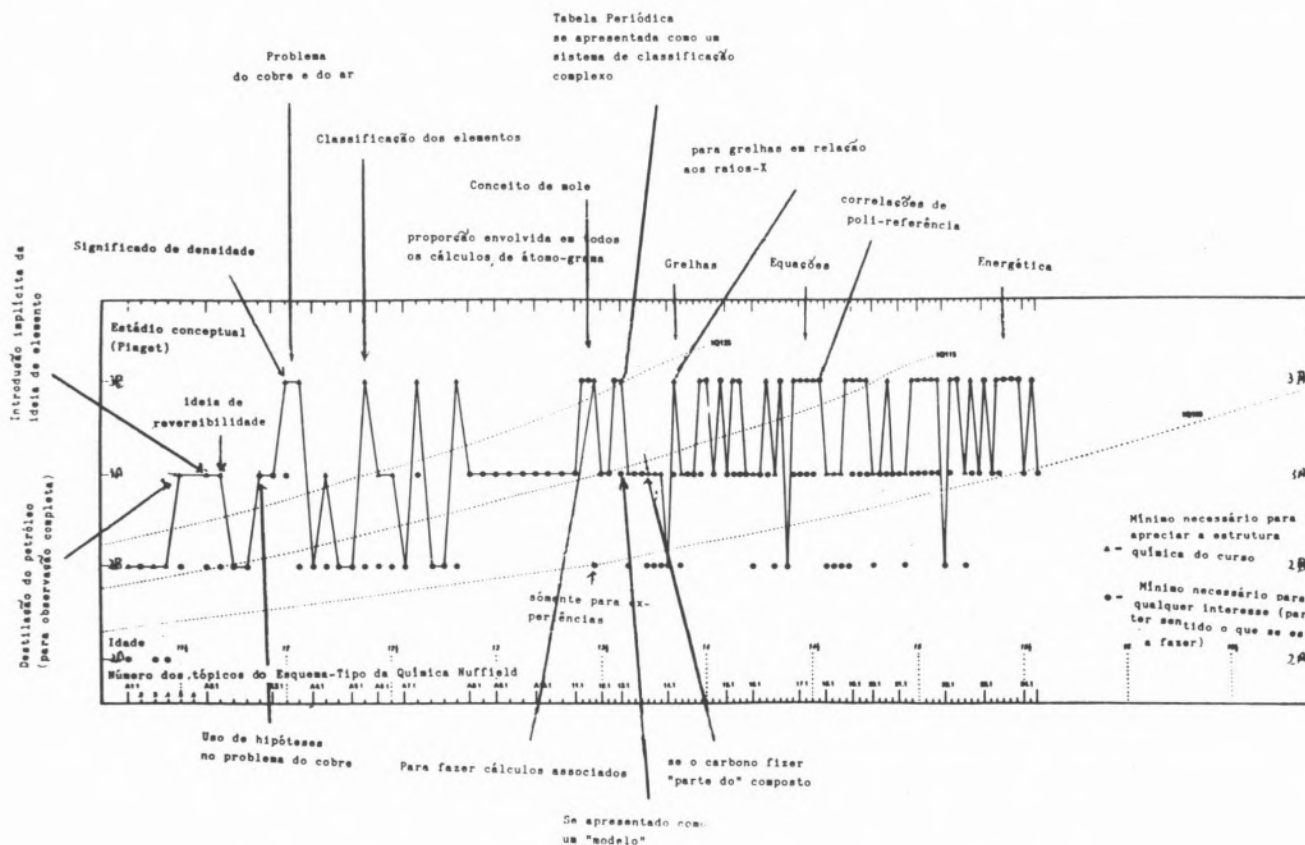


Figura 1: Questões conceptuais da Química Nuffield (Ingle & Shayer, 1971).

a) Questões conceptuais da Química Nuffield

Não foi fácil interpretar as avaliações feitas pelos professores dos tópicos difíceis. Será que estes eram intrinsecamente difíceis? Ou foram avaliados assim por serem pouco familiares a muitos professores? Será que analisando as questões conceptuais do curso se chega a uma conclusão?

Para poder avaliar esta questão, Ingle & Shayer (1971) levaram a cabo uma análise baseada num contexto Piagetiano. Para cada sub-tópico foi feita uma tentativa de responder a duas perguntas. Em primeiro lugar, que nível conceptual mínimo, em termos das fases 2A, 2B, 3A e 3B de Piaget, devem ter atingido os alunos para poder compreender o que estão a fazer? E em segundo lugar, que nível conceptual é necessário para compreender o curso dum modo bem integrado? — para tal, a Química do sub-tópico tem de ser vista em relação ao curso num todo. As respostas a estas questões são apresentadas através de círculos e triângulos na Figura 1, admitindo-se que o aluno esteja a seguir o Esquema-Tipo Nuffield. A linha representa o perfil do que se exige do aluno para que este atinja uma compreensão integrada. De acordo com esta análise, a 2.^a Fase do Esquema-Tipo exige capacidades bem desenvolvidas do pensamento formal ou abstracto. O que se exige dos alunos durante o primeiro ano da 2.^a Fase do curso parece ser muito, tendo em conta que os alunos rondam os 13-14 anos. A análise deu fortemente a entender que uma das razões para as dificuldades apresentadas pelos professores era a natureza altamente abstracta de algumas das ideias-chave da 2.^a Fase, especialmente o conceito de mole (no tópico 11) e de energia livre (no tópico 23).

b) Resultados do exame

Um outro processo para obter provas das “dificuldades” foi analisar os resultados de cada um dos tópicos nos exames de fim de curso do nível O. Para tal, utilizaram-se informações estatísticas postas à disposição pelo Departamento de Exames Escolares da Universidade de Londres. Deste modo, obtiveram-se os níveis de facilidade para todos os pontos (questões) que foram utilizados durante os exames de 1967 a 1970, numa base de tópico por tópico. Os resultados desta análise são apresentados na Tabela 3. Pode ver-se que as notas dos alunos são boas nos tópicos 13, 15, 18 e 22 mas fracas nos tópicos 11, 16, 17, 23 e 24, um resultado que, novamente, coincide *largamente* com as percepções dos professores e com a análise das questões conceptuais.

Tabela 3

Notas médias dos alunos no exame n.º 1 (que consta de perguntas com respostas fixas) nos exames entre 1967 e 1970

CHAVE: Notas				
A	B	C	D	E
Bom		Suficiente		Mau

Tópico	Nota	Comentário *
1.^a fase		
1-10		1
2.^a fase		
11. Átomos (o conceito de molécula)	D	2
12. “Gás do sal”	C	
13. Tabela Periódica	A	3
14. Estrutura	C	
15. Sólidos, líquidos e gases	A	
16. Electrólitos	D	
17. Equações	D	
18. Equilíbrio	C	
19. Ácidos, etc.	C	
20. Moléculas grandes	C	
21. Problema mundial de alimentação	B	
22. Energia ΔH	D	
23. Energia ΔG	E	
24. Radioquímica	E	

* Comentários:

1. Não há dados sobre as notas de exame na 1.^a fase, dado que o exame é feito na 2.^a fase.
2. O tópico 11, que introduz o conceito de mole (o átomo-grama), é uma introdução muito exigente à 2.^a fase deste curso (v. Tabela 1).
3. A parte do tópico sobre a energia que trata ΔG foi anotada como muito difícil (v. Tabela 1) e as notas (no número pequeno de perguntas que examinavam esta área) foram particularmente baixas.
4. O tópico sobre a radioactividade foi considerado pelos professores como estando à altura das capacidades dos alunos. No entanto, somente poucas escolas o deram, talvez devido à necessidade de aparelhagem especial e à falta de tempo; por isso, as notas baixas no exame.

À luz dos inquéritos feitos nas escolas e das conclusões desta investigação, concluiu-se que algumas das partes iniciais da 2.^a Fase do Esquema-Tipo eram muito abstractas, difíceis e teóricas (e possivelmente insuficientemente relacionadas com a vida dos alunos) para a maioria dos alunos de 13 anos para quem o esquema era destinado. A questão então posta foi sobre o que se deveria fazer durante a revisão. Dever-se-iam *eliminar* os tópicos “difíceis” e tornar o curso “mais fácil”? Dever-se-iam tentar encontrar *meios mais eficazes* para que os alunos apreendessem as ideias difíceis? Ou dever-se-ia *re-organizar* o material de modo a que as ideias difíceis da 2.^a Fase fossem adiadas até que os alunos as pudessem compreender? Rejeitou-se a ideia de pura e simplesmente se eliminarem as partes difíceis, pois isso envolveria mais do que uma revisão — ter-se-ia de produzir um esquema completamente novo. Em vez disso, decidiu-se re-organizar a sequência dos tópicos e tentar encontrar métodos mais eficazes de apresentar as ideias aos alunos. Uma característica importante da revisão foi um maior emprego de modelos para ajudar a compreensão; este ponto foi debatido por Selley (1981a).

O modo como os tópicos da 2.^a Fase foram re-organizados vai ser debatido mais adiante (v. p. 22).

c) Objectivos da Química Nuffield

Os objectivos da Química Nuffield foram apresentados de um modo muito claro na primeira edição das publicações (v. 1.^a parte, Tabela 1). Contudo, uma coisa é apresentar alguns objectivos válidos e outra é assegurar que eles satisfaçam tanto o curso como os exames. Para se poder saber até que ponto cumpriram a sua missão, foram efectuadas duas análises que vão ser descritas em seguida.

d) Análise dos materiais publicados

O objectivo desta análise efectuada por Jones (1975) foi chamar a atenção para qualquer incompatibilidade que possa ter sido detectada entre os objectivos da Química Nuffield e as oportunidades de os realizar, incompatibilidades estas detectadas nos guias para professores e nas folhas para *Investigação no Laboratório*. Começou-se por reformular os objectivos primitivos da Química Nuffield (v. 1.^a parte, Tabela 1) em termos operacionais (v. Tabela 4). De seguida, analisaram-se os textos, página por página (v. Tabela 5). Assim, cada sub-tópico do curso (uma semana de trabalho) pôde ser avaliado com 2, 1 ou 0 conforme as oportunidades para realizar cada um dos objectivos:

Avaliação	Chave
2	Há oportunidades
1	Pode ser que haja (o texto não é claro)
0	Não há oportunidades

Tabela 4
Objectivos primitivos da Química Nuffield e depois de redigidos em termos operacionais

Objectivos (ou Qualidades como vêm em «Introduction and Guide», p. 124)

1. Facilidade em relembrar informações e experiência
2. Aptidão para
 - a) trabalhar com materiais
 - b) manipular aparelhos
 - c) levar a cabo as instruções para as experiências
 - d) fazer observações pertinentes
3. Aptidão para idealizar um esquema ou um instrumento para resolver um problema prático
4. Aptidão para trabalhar e classificar informações recebidas (incluindo representações gráficas e resultados quantitativos)
5. Capacidade para interpretar informações com depoimentos críticos e avaliativos
6. Capacidade para
 - a) aplicar conhecimentos anteriores a situações novas
 - b) mostrar pensamento criativo
7. Competência para relatar, comentar e discutir assuntos de interesse químico
8. Conhecimento do lugar da Química
 - a) junto a outras disciplinas escolares
 - b) no mundo em geral

Objectivos operacionais redigidos por Jones (1975)

- A. Observações pertinentes ou cuidadosas
- B. Idealizar um esquema ou um instrumento apropriado
- C. Classificar factos ou observações
- D. Trabalhar dados numéricos
- E. Delinear ou usar gráficos
- F. Tirar conclusões de dados sem formular hipóteses
- G. Inventar hipóteses e formar uma opinião entre essas hipóteses
- H. Aplicar conhecimentos anteriores a situações novas especialmente na resolução de problemas
- I. Criatividade além da que envolve outras operações
- J. Discussões orais (na aula)
- K. Discussões escritas (trabalho para casa)
- L. Relações com a Biologia
- M. Relações com a Física
- N. Relações com a Geologia
- O. Relações com a Matemática (não só como instrumento)
- P. Relações com outras disciplinas escolares
- Q. Química industrial
- R. Química ou produtos químicos no dia-a-dia
- S. Consequências sociais, políticas e morais da Química incluindo a conservação dos tecidos

Tabela 5

Exemplo de uma análise, efectuada por Jones (1975), duma página do guia para professores (Nuffield Chemistry, 1966, pp. 29-30)

A.1.5. O que podemos obter do petróleo bruto?

Nesta secção, voltamos a o tema principal do tópico; deixemos os alunos investigar o problema “O petróleo bruto é uma substância pura?” usando a forma simples da destilação fraccionada.

Um estudo sugerido

Material a arranjar pelo professor

Amostra de petróleo bruto

(se necessário, pode fazer-se petróleo bruto artificial misturando petróleo, éter, parafina, óleo de lubrificação e um óleo mais pesado)

Projector de filmes

Filme 1-4 “Exploração petrolífera” (com notas)

Filme 1-5 “Destilação fraccionada do petróleo” (com notas)

Mostre aos alunos uma amostra de petróleo bruto e inicie a discussão sobre a sua importância e emprego. As maiores companhias de petróleo têm excelentes folhetos sobre o assunto. Acentue que, embora, no passado, o petróleo tenha sido usado quase somente como fonte de energia, é actualmente extremamente importante como fonte de produtos químicos. Compostos de petróleo bruto são usados na produção de um largo número de substâncias, entre as quais plásticos, detergentes, anti-congelantes (etilenoglicol) e fertilizantes. Onde e como se encontra o petróleo bruto? Pode complementar-se esta discussão mostrando o filme 1-4. Antes da lição leia cuidadosamente as notas que acompanham a película.

Examine agora cuidadosamente a amostra de petróleo bruto. Disse que muitas substâncias podem ser feitas a partir do petróleo bruto. Como é que os alunos podem provar se o petróleo bruto consiste de um número de substâncias misturadas ou se é uma substância simples? O que pode ser feito para o descobrir? Pode ser que os alunos *sugiram* filtração. Caso o façam, deixe-os tentar filtrar um pouco num filtro de papel dentro de um funil. Uma vez que o petróleo bruto é líquido, é muito possível que *sugiram* destilação ou cromatografia.

Se *sugerirem* cromatografia, deixe-os tentar pôr uma gota num filtro de papel ou demonstre você mesmo. Como isto não resulta, terá de tentar a destilação. Como isto não resulta, terá de tentar a destilação, o que é muito simples de fazer, procedendo como está descrito em baixo.

Fonte do texto impresso: *The Sample Scheme Stages I and II: The Basic Course*, Longmans Green and Penguin, 1966, pp. 29-30 (reprodução gentilmente autorizada pelos editores).

Esta análise possibilitou elaborar um perfil para cada ano de curso, exemplificado, na Figura 2, para o 3.º ano. Pode dizer-se que, na generalidade, se encontrou

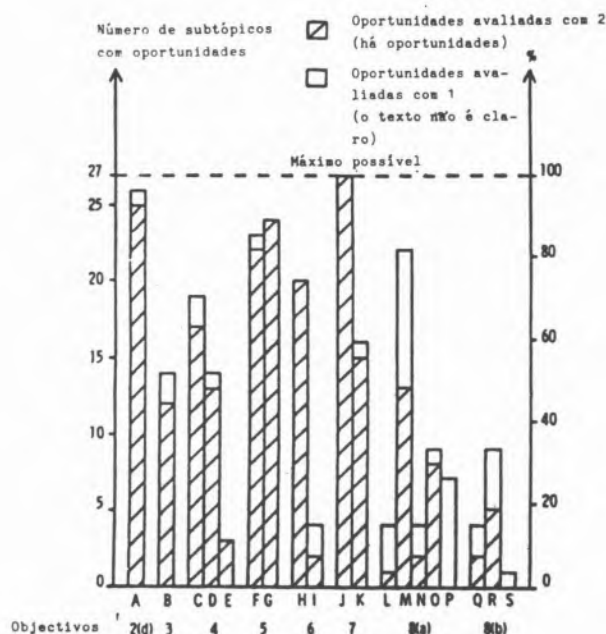


Figura 2
Perfil dos objectivos operacionais (v. Tabela 4) no guia para professores para os Tópicos 11-15 para alunos entre os 13 e os 14 anos (aproximadamente)

um meio termo entre os objectivos do curso e as oportunidades que os materiais publicados davam para os pôr em prática. Contudo, um objectivo que não recebeu muita atenção foi o objectivo S (consequências sociais e morais da conservação de tecidos), a que se deu especial importância na revisão (v., por ex., o capítulo 12 "Man, Chemistry and Society" no *Handbook for Pupils*).

Ao aplicar-se o mesmo tipo de análise não ao guia para professores como um todo mas somente às sugestões para os *trabalhos para casa* (Jones, 1975, p. 96), surgiu um quadro diferente: a realização dos objectivos foi muito mais limitada. Também se deu especial atenção a este ponto durante a revisão, especialmente no que diz respeito à elaboração de questões para o livro dos alunos (Revised Nuffield Chemistry, 1978b).

Análise do exame da Química Nuffield

O modo como os exames foram planeados para avaliar, em primeiro lugar, o aproveitamento no Curso Básico e no Curso de Opções foi descrito na 1.^a parte deste artigo. Apesar de diversos controlos feitos através dos exames, não se pôde verificar se, através das perguntas do exame, se podiam pôr à prova os objectivos do curso — as "qualidades que o exame deve encorajar e avaliar" (1.^a parte, Tabela 1). Tentando esclarecer esta questão, Jones (1975, pp. 12-179) analisou cada uma das perguntas dos exames de 1972 e 1973. O perfil do exame de 1972 está reproduzido na Figura 3 — o de 1973 é idêntico.

A conclusão que claramente se pôde tirar foi a de que estes exames avaliavam predominantemente os objectivos seguintes:

1. "Facilidade em relembrar informações e experiência".
5. "Capacidade para interpretar informações com depoimentos críticos".

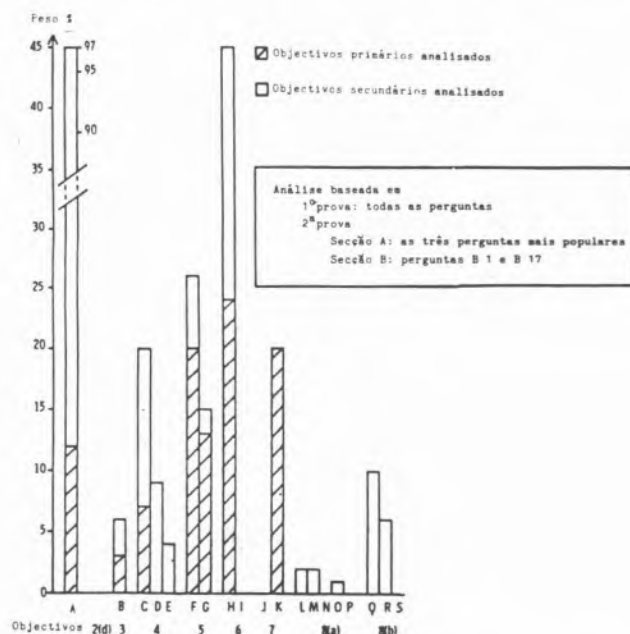


Figura 3
Perfil dos objectivos operacionais (v. Tabela 4) no exame de 1972 (Jones, 1975)

- 6(a). "Capacidade para aplicar conhecimentos anteriores a situações novas".
7. "Competência no trabalho escrito".

Foram dados poucos pontos às perguntas que punham à prova os outros objectivos. Foram postas muito poucas perguntas sobre o "conhecimento do lugar da Química junto a outras disciplinas e no mundo em geral". Tendo em mente o exame da Química Nuffield, o autor tem consciência de que as mudanças trazidas pelos novos métodos de avaliação foram substanciais e benéficas. O modo como os objectivos e o esquema de ensino tiveram prioridade, seguidos pelo exame para os avaliar o mais rigorosamente possível, foi um enorme passo em frente. Assim, professores em exercício ligaram-se mais ao processo de avaliação redigindo perguntas através da avaliação interna. Mas há duas observações a fazer:

- (i) Como já foi dito, os exames Nuffield não reflectiram exactamente os objectivos que estavam por detrás do projecto. Isto deve-se, em grande parte, às limitações inerentes dos exames exclusivamente escritos (por exemplo, um exame oral poderia ter sido necessário para avaliar a competência para "comentar e discutir assuntos de interesse químico"). Mas a decisão de basear o exame essencialmente no Esquema-Tipo significou que alguns dos objectivos — especialmente os que derivavam dos Livros Básicos — não foram suficientemente realçados no trabalho de elaboração dos exames. Provavelmente e em consequência disto, também não foram suficientemente realçados nas escolas. Redigir perguntas para examinar as dimensões humanas, sociais e morais da Química é, de facto, difícil, mas as redigidas para o exame do Schools Council Integrated Science Project — SCISP — (um exemplo está reproduzido na Tabela 6) mostram que tal é possível.

Tabela 6

Exemplo de uma pergunta do Schools Council Integrated Science Project (Junho de 1979, 4.^a prova escrita, secção B, pergunta n.º 4)

Leia cuidadosamente o trecho seguinte extraído dum jornal nacional e depois responda às perguntas que se seguem:

Há séculos que vimos admirando as ricas esculturas da parte ocidental da Catedral de Wells; no entanto, vemos também — sem lhes poder acudir — como o vento e o tempo as têm feito desaparecer. Actualmente, a decadência já alcançou um tal estado que conservadores têm vindo a substituir parte das estátuas, uma tentativa altamente controversa de “conservação”.

No entanto, Wells é um dos lugares onde os Serviços de Investigação dos Edifícios — Building Research Establishment (BRE) — têm estado também a trabalhar. Em colaboração com o Departamento dos Monumentos Antigos — Department of Ancient Monuments — têm tratado esculturas de pedra do séc. 15 com a nova mistura de resina, denominada Brethane. Antigamente, para a sua conservação e arranjo, as esculturas eram cobertas por uma fina camada de antipútrido de modo que só a superfície era tratada. Mas o problema é mais profundo do que isso. A principal causa do desgaste da pedra no Reino Unido é a cristalização contínua na pedra de sais solúveis. A chuva faz com que se formem soluções de sal superficiais; quando estas soluções secam, os sais cristalizam-se e exercem pressão nos grãos da pedra e, assim, a superfície fica quebradiça. Uma superfície protegida por uma fina camada de antipútrido pode ser deteriorada por sais cristalizando a um nível mais profundo.

Brethane consolida a camada exterior quebradiça da pedra e imobiliza os sais. Reduz também o risco dum ataque posterior da poluição do ar. Brethane reage com a água e dá um polímero sólido. Embora Brethane actue na superfície da pedra durante horas, precisa de muito tempo e de muita mão-de-obra para o aplicar. O seu uso é dispendioso devido aos altos custos da resina e ao tempo despendido para o aplicar.

O custo de cada aplicação varia de acordo com a porção de Brethane que as diferentes pedras absorvem. A pedra de Wells é uma pedra calcária árida. Outras tentativas envolvendo arenito calcífero precisaram de menores porções do produto químico e obtiveram resultados igualmente bons. Contudo, só o tempo dirá se esses resultados são realmente bons. Para o BRE têm de passar mais de cinco anos para que alguém possa avaliar categoricamente o sucesso. E mesmo assim só as gerações futuras poderão dizer se o esforço valeu a pena, pois, ao contrário da tinta, Brethane não pode ser raspado de uma estátua medieval.

a) Sugira porque a cristalização de sais solúveis dentro da pedra exerce pressão nos grãos da pedra. (2)

b) Indique três outras maneiras possíveis da água da chuva poder afectar as esculturas da Catedral. (4)

c) Indique DUAS vantagens da acção especialmente rápida de Brethane na pedra. (2)

d) Sugira a razão por que diferentes tipos de pedra exigem porções diferentes de Brethane. (2)

e) Imagine que tinha de apresentar às autoridades eclesiásticas os factos e os argumentos respeitantes aos possíveis tratamentos da parte ocidental da Catedral de Wells. Para isso, escreva um relatório claro e conciso sobre os tratamentos possíveis à disposição; o relatório deve conter *todos* os argumentos a favor e contra os vários tratamentos. (6)

Reproduzido por autorização de The Associated Examining Board for the General Certificate of Education.

(ii) Temos de admitir que o exame não coincidiu com o conceito do esquema-tipo, especialmente para a 2.^a Fase. Temos dúvidas se, no trabalho diário das escolas, os professores tiveram sempre presente o modelo paralelo de actividades e capacidades elaborado por Halliwell; o Esquema-Tipo foi considerado o curso. Esta tendência deve ter sido encorajada pelas perguntas do exame que não punham à prova, na sua maioria, o programa de três páginas de Halliwell (1.^a parte, p. 5) mas a interpretação especial que lhe foi dada no Esquema-Tipo. Talvez seja uma observação ingénua mas pensamos que poderia ter sido de outro modo. Pois como é que uma exposição tão geral poderia ser examinada a fim de ser justa para todos os candidatos fosse qual fosse a interpretação dos professores? Em todo o caso, os examinadores *tentaram* evitar ligar directamente as suas perguntas ao Esquema-Tipo publicado — embora, na prática, tivesse sido difícil. O facto é que, mesmo com a melhor vontade possível, exames públicos em massa exercem um efeito constrangente nas aproximações abertas à ciência da educação. Há uma contradição inerente entre o esquema-tipo e a sua avaliação por meio de uma exame público.

2.7. A REVISÃO

Segundo o inquérito, o Projecto de Ciência de Educação da Fundação Nuffield (Nuffield Foundation Science Teaching Project) decidiu rever a 1.^a edição dos materiais. Esta revisão foi realizada pelo autor, de novo com a colaboração de E. H. Coulson e da comissão consultiva de professores. O inquérito indicou várias possibilidades de revisão dos materiais. Resumiu-se, na Tabela 7, o modo como estas levaram às maiores alterações.

2.8. UMA NOVA CONCEPÇÃO PARA AS PUBLICAÇÕES

As publicações foram completamente re-estruturadas, reduzindo o número de títulos de 50 para 18, a fim de facilitar a sua consulta e estudo. Estão publicadas na Longmann (Harmondsworth, England). Actualmente há três Guias para Professores, um para cada fase do curso, dos quais o Guia para Professores II (Revised Nuffield Chemistry, 1978a) é talvez o mais importante. Tem *dois* esquemas-tipos alternativos. O primeiro, Alternativa IIA, é uma revisão da 2.^a Fase primitiva que se manteve para os professores que gostaram da sequência geral dos tópicos e da aproximação ao esque-

SPQ-31C

Tabela 7

Relação entre as conclusões do inquérito com vista à revisão e as maiores alterações feitas durante a revisão

Conclusões	Alterações
Insucesso parcial da primeira edição do “pacote” incluindo um grande número de publicações	Simplificação do “pacote” e redução drástica do número de publicações para que se tornem mais fáceis de consultar
Dificuldades sentidas muitas vezes pelos alunos durante a 2. ^a fase, especialmente no 3. ^o ano	Reinterpretação das principais ideias da 2. ^a fase, propondo-se uma outra alternativa (2. ^a Fase B) evitando-se o trabalho difícil no 3. ^o ano
Sinais de que a 2. ^a fase se torne estereotipada com o uso	
Falta de apoio ao aluno	Produção do Manual para os alunos Cuidado no uso da linguagem, emprego de cor sempre que possível
Necessidade de inculcar mais confiança nos professores e nos alunos	Mais apoio aos alunos através de Folhas de Experiências Clarificação das intenções do trabalho através do emprego dos objectivos durante o curso
Dificuldade matemáticas	Notas matemáticas no Guia para os Professores II

Para mais detalhes consultar o capítulo 5 “Background to the work of revision” *Teachers Guide I* (Revised Nuffield Chemistry, 1975).

ma primitivo. A segunda, Alternativa IIB, é uma revisão muito mais radical com uma sequência dos tópicos completamente diferente. Os professores deram um apoio enorme durante a elaboração deste novo esquema, participando em consultas detalhadas ou esboçando novas secções para verificação e publicação posteriores ou experimentando novos trabalhos nas escolas. O novo esquema da Alternativa II B foi elaborado para responder às seguintes necessidades:

- (i) evitar algumas noções difíceis durante a primeira parte da 2.^a Fase, mudando alguns dos trabalhos mais difíceis; o grau de dificuldade é agora menor, sendo as ideias mais simples tratadas em primeiro lugar, passando-se gradualmente para as mais difíceis.
- (ii) dotar os alunos, que acabam o estudo da Química no final do 3.^o ano, de um curso equilibrado.
- (iii) introduzir as Opções da 3.^a Fase durante o 4.^o ano em vez de o fazer no final do curso.
- (iv) incorporar aspectos sociais da Química nas primeiras secções da 2.^a Fase. (No esquema *primitivo*, a oportunidade de tratar os aspectos sociais da Química surge principalmente no último ano do curso — v. 1.^a parte, Tabela 3).

Apesar destas grandes diferenças, ambos os esquemas servem os mesmos objectivos, cobrem mais ou menos as mesmas áreas até final do curso e preparam os alunos para o mesmo exame. A seguir, apresentamos algumas das novas características do novo Guia para Professores:

- (i) o esquema da Alternativa II B contém um tratamento radicalmente novo do conceito de mole (átomo-grama) que adopta, tanto quanto possível, uma aproximação que exige um pensamento concreto.
- (ii) ambos os esquemas incluem algumas experiências

novas assim como muitas formas melhora as de experiências familiares, sugeridas pelos professores.

- (iii) inclusão de um suplemento especial sobre estrutura atómica e ligações químicas em resposta aos muitos pedidos dos professores.

(iv) uma dificuldade comum na utilização dos guias para os professores foi a de que as referências tinham de ser feitas separadamente ao grande número de outros materiais. Isto foi ultrapassado na revisão, incluindo pontos apropriados no *Guia para Professores II* de reproduções de ilustrações publicadas noutras publicações da Química Nuffield revista.

- (v) muitas sugestões para o tratamento da parte matemática da Química Nuffield (Ingle & Turner, 1981b).

As principais publicações para os alunos são:

1.^a Fase

Folhas de Experiência I
Folhas de Estudo

2.^a Fase

Folhas de Experiência II
Manual dos Alunos
Químicos no Mundo

3.^a Fase

10 Livretos (um para cada opção).

As *Folhas de Estudo* representam uma boa tentativa de oferecer leituras estimulantes aos jovens alunos numa

concepção tal que permite tornarem-se uma parte dos seus cadernos pessoais. São todas curtas, bem ilustradas, algumas a cores, e menos sofisticadas que os seis Livros Básicos da 1.^a Fase, substituindo-os. Têm um tamanho apropriado de modo que podem ser incluídos nos ficheiros escolares dos alunos ou nos livros de exercícios escolares. Espera-se que ajudem a tornar os relatórios pessoais dos alunos atractivos e interessantes. O *Manual dos Alunos* (Revised Nuffield Chemistry, 1978b) também é uma publicação completamente nova, redigido na sua maioria por professores de escolas secundárias e destinado a ajudar os alunos durante a 2.^a Fase do curso. Não é um compêndio no sentido normal da palavra mas sim um livro de consulta e uma obra de referência. Está dividido em três secções:

(i) capítulos de tópicos teóricos como a tabela periódica, a estrutura química, fórmulas e equações, que, completam, através de leituras, o trabalho prático dos alunos. De acordo com o estudo Nuffield *não* dá deliberadamente as “respostas” às experiências dos alunos no laboratório. O capítulo sobre a estrutura química foi sujeito a um exame extremamente rigoroso nas escolas e contém muitas ilustrações a cores das estruturas das substâncias químicas de um modo tri-dimensional com muita vida. Shayer (1973), que pertenceu à comissão consultiva, concluiu, durante uma reunião sobre algumas das tentativas que se têm feito para “humanizar” a ciência da educação, que, para ele, a ciência está mais perto das artes visuais do que das artes verbais. “Uma teoria científica é quase sempre uma imagem aplicada a uma situação e experimentada para ver as consequências, sendo depois comunicada nessa forma quando for usada pela primeira vez; por isso, um manual científico deveria tentar comunicar a imagem ao leitor o mais directamente possível.”

(ii) capítulos “A Indústria Química”, “O Problema Mundial da Alimentação” e “O Homem, a Química e a Sociedade”. O seu objectivo é tornar os alunos conscientes da contribuição positiva da Química no nosso modo de vida assim como levantar questões relevantes sobre a importância social da ciência.

(iii) tabelas *simples* de dados e um glossário que substituem o *Livro de Dados* da 1.^a edição.

As vendas do Manual durante os três primeiros anos têm sido de tal ordem que a maioria dos alunos que acompanham a Química Nuffield usam-no também durante os últimos dois anos do curso — um desenvolvimento muito encorajador numa altura em que as escolas secundárias na Grã-Bretanha têm grande falta de verba para manuais.

Químicos no Mundo completa e complementa o Manual dos Alunos durante as 2.^a e 3.^a Fases do curso. Esta obra conserva, numa forma actualizada, algum do material mais útil dos Livros Básicos primitivos. Dá importância ao papel que cada químico famoso teve nas descobertas químicas e trata alguns aspectos interessantes da Química aplicada — especialmente os baseados no petróleo e no gás natural.

As opções. Decidiu-se suspender algumas das 1.^{as} edições das Opções sobre as quais somente um número restrito de alunos fez exame. Ao mesmo tempo, foram introduzidos muitos títulos novos incluindo *Drogas e Remédios* e *Geoquímica*. Contudo, manteve-se e reviu-se a opção de *Tópicos Históricos*, embora tivesse havido pouco interesse pela 1.^a edição por parte dos professores. Achou-se, porém, que era um tema de grande valor. Uma vez que poucos professores estudaram as dimensões históricas e filosóficas da ciência durante os

seus cursos universitários, será bom dar especial importância a esta área durante os cursos de reciclagem para professores.

Como já foi mencionado, a contribuição dada à revisão por professores em exercício — em especial no campo das opções — foi enorme. Estas foram redigidas e coligadas em grande parte por professores; alguns aproveitaram a oportunidade para estudar para um grau mais avançado e para receber informações de escolas sobre aspectos específicos dos seus cursos de Química. Disto resultou ter aparecido algum material novo de grande valor sobre aspectos ambientais da Química nas Opções revistas. Também digno de louvor foi o modo como os professores se envolveram em estudos práticos antecipando-se ao novo sistema de exames públicos para alunos de 16 anos que substituirão, dentro de alguns anos, os exames GCE e CSE (Massey, 1982).

2.9. OUTRAS INVESTIGAÇÕES SOBRE A QUÍMICA NUFFIELD

Já se mencionaram alguns projectos de investigação que foram feitos durante a revisão. Contudo, dever-se-á chamar a atenção para o facto do processo de análise contínua das publicações da Química Nuffield não ter terminado com o final da revisão. Uma análise das respostas às publicações revistas da Química Nuffield foi feita recentemente, tendo mostrado que muitos aspectos da revisão foram bem aceites pelos professores (Dawson, 1980 a&b; Dawson & Hudson, 1981). Muitos investigadores (Stevens, 1978; Williams 1979; Richardson & Boyle, 1979; Hamner, 1980) discutiram aspectos filosóficos da ciência apoiando-se na Química Nuffield e Selley (1979, 1981 a, b&c) avaliou o valor do aumento do emprego de modelos na versão revista da Química Nuffield e também (1980) verificou a compreensão dos alunos sobre átomos e moléculas. Investigou-se a linguagem na sala de aula, observando-se, em grande parte, professores que usavam materiais Nuffield (Eggleston, Galton & Jones 1976, Hacker 1976, Johnson 1977, 1982). Há uma maior consciencialização (Ingle & Turner, 1981 a) da necessidade de estudar as dificuldades na aprendizagem que os alunos sentem ao usar conhecimentos matemáticos durante os seus cursos de ciência. Os mesmos autores (1981 b) analisaram os campos matemáticos da Química Nuffield e fizeram um grande número de sugestões sobre como tratar o seu conteúdo matemático.

2.10. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Desde o início dos projectos Nuffield do nível O, tem havido mudanças fundamentais na organização do ensino secundário na Grã-Bretanha (está a passar de um sistema predominantemente selectivo para um sistema predominantemente não-selectivo). Contudo, esta mudança da organização ainda não foi acompanhada por mudanças comparáveis no currículo. Embora a ciência seja agora invariavelmente ensinada a todos os alunos de 11-13 anos, normalmente na forma de ciência geral ou integrada, tal não acontece geralmente nas idades entre os 13 e os 16 (Ingle & Jennings, 1981). Para esta idade, a maioria das escolas tem à disposição dos alunos um número de temas de ciência à escolha; nalgumas escolas, a Química Nuffield é um deles. A Química Nuffield não foi planeada para ser usada em escolas polivalentes, sendo, no entanto, de notar que tem sido

ai usada cada vez mais, embora principalmente com alunos academicamente mais aptos do que estava destinada.

Olhando para estes dezoito anos que se passaram desde que os projectos para o nível O foram publicados, vemos que têm as suas vantagens e as suas desvantagens. Foram criticados por serem muito difíceis e muito especializados e agora é aceite por todos que os projectos curriculares não tiveram tanto impacto nas escolas como se tinha esperado. Embora exercessem uma influência considerável nos autores dos manuais e na redacção dos exames, não o fizeram numa escala que tivesse eliminado os exames Nuffield. Talvez a única mudança realmente importante tenha sido a de que todos os cursos de ciência das escolas se passaram a basear mais na prática (embora isto não signifique baseados na investigação) do que há vinte anos.

Contudo, para o autor, o aspecto de maior valor dos projectos Nuffield foi o facto de ter havido grande colaboração de pessoas de escolas, universidades, indústria e quadros examinadores. Em especial, o modo como se conseguiram reunir professores foi de muito valor para o desenvolvimento das suas capacidades pessoais e profissionais. Seria errado ser comprazente, mas, para o autor, a Química Nuffield, na sua versão revista, continua a dar um contributo signifiicante para a formação química na Grã-Bretanha.

BIBLIOGRAFIA

- Dawson, B. E. (1980a) 'Revised Nuffield Chemistry: October 1979 school survey'. *Education in Science*, 87, 33.
- Dawson, B. E. (1980b) 'Nuffield Chemistry: revised and revisited'. *Education in Chemistry*, 17, 110-112, 114.
- Dawson, B. E. & Hudson, M. J. (1981) 'Revised Nuffield Chemistry: comments from teachers', *Education in Chemistry*, 18, 44-47.
- Eggleston, J. F., Galton, M. J. & Jones, M. F. (1976) *Processes and Products of Science Teaching*, Schools Council Research Studies. London, England: Macmillan Educational.
- Hacker, R. G. (1976). An enquiry into the methods adopted by practising science teachers, unpublished M. Ed. dissertation, King's College, University of London.
- Hamner, E. R. (1980). 'A new scientific method in schools?', *Education in Chemistry*, 17, 48, 51.
- Hudson, M. J. (1976) 'Introducing the mole', *Education in Chemistry*, 13, 110, 114.
- Ingle, R. B. & Shayer, M. (1971) 'Conceptual Demands in Nuffield Chemistry', *Education in Chemistry*, 8, 182-183.
- Ingle, R. B. & Turner, A. D. (1981a) The Science Mathematics Interface: a bibliography, 30 pp July 1981, Science Education Department, University of London Institute of Education, 20 Bedford Way, London WC1H 0AL, England.
- Ingle, R. B. & Turner, A. D. (1981b) 'Mathematics and Chemistry'. *Education in Chemistry*, 18 (2), 48-51.
- Ingle, R. B. & Jennings, A. (1981) *Science in Schools: which way now?*, published jointly by the University of London Institute of Education. Heinemann Educational: London, England, (ISBN 0 85473 100 8).
- Johnson, D. J. (1977) 'How do chemistry teachers teach?'. *Education in Chemistry*, 1977, 14, 108-109.
- Johnson, D. J. (1981) 'School Chemistry Lessons: a Contextual Analysis of Verbal Teaching Style', pp 120-128 in *Chemical Education Research — Implications for Teaching*. London, England: Royal Society of Chemistry (ISBN 0 85186 449X).
- Johnstone, A. H. (1974) 'Evaluation of Chemistry Syllabuses in Scotland'. *Studies in Science Education*, 1, 21-49.
- Jones, T. E. L. (1975) Objectives in the teaching of science with particular reference to the Nuffield O-level Chemistry project, unpublished M. Ed. dissertation, Centre for Science Education, Chelsea College, University of London.
- Massey, A. J. (1982) 'Assessing 16+ chemistry: the exposure-mastery gap'. *Education in Chemistry*, 19, (5), 143-145.
- Nuffield Chemistry, (1966) *The Sample Scheme Stages I and II: the basic course*, London and Harmondsworth, Longmans Green and Penguin.
- Ormerod, M. B. & Duckworth, D. (1975) *Pupils' Attitudes to Science: a review of research*, Windsor, Berkshire, England: NFER Publishing Company.
- Pounds, J. R. (1974) School Chemistry Courses: a study of the concepts requerid with special refence to the mole, chemical formulae and equations, Unpublished M. Ed. dissertation, King's College, University of London.
- Revised Nuffield Chemistry (1975), *Teachers' Guide I*, London, England: Longman (All the revised publications are listed in chapter 6.)
- Revised Nuffield Chemistry (1978a), *Teachers' Guide II*, London, England: Longman.
- Revised Nuffield Chemistry (1978b), *Handbook for Pupils*, London, England: Longman.
- Richardson, M. & Boyle, C. (1979) *What is Science? — an introduction to aspects of the philosophy and sociology of science*, The Association for Science Education, 1979 (College Lane, Hatfield, Hertfordshire, England: ISBN 0 902286 55 5).
- Selley, N. J. (1979) Scientific models and theories: case studies of the practice of school science teachers, unpublished Ph. D. thesis, King's College, University of London.
- Selley, N. J. (1981a), 'Models, theories and Nuffield Chemistry', *Education in Chemistry*, 18, 169-171.
- Selley, N. J. (1981b), 'Scientific models and theories: case studies of the practice of school science teachers'. *European Journal of Science Education*, 3, 115-116.
- Selley, N. J. (1981c), 'The place of alternative models in school science', *School Science Review*, 63, (223), 252-259.
- Selley, N. J. (1982), 'Children's Understanding of Atoms and Molecules', pp. 70-78 in *Chemical Education Research — Implications for Teaching*. London, England: Royal Society of Chemistry. (ISBN 0 85186 449 X).
- Shayer, M. (1973) 'Tools for Schools', *Penrose Graphic Arts International Annual*, 66, 133-140.
- Stevens, P. (1978) 'On the Nuffield Philosophy of Science'. *Journal of Philosophy of Education*, 12, 99-111.
- Williams, G. F. (1979) 'Is Popper relevant?', *Education in Chemistry*, 16, 102.