

**Maria da Glória Amado de Moncada Côrte-Real**

**A EFICIÊNCIA DA ABORDAGEM EPISÓDICA DA  
QUÍMICA**

**— ESTUDO DE UM CASO NO ENSINO SECUNDÁRIO —**



Tese apresentada à Faculdade de Ciências da Universidade do Porto como requisito  
parcial para obtenção do grau de Mestre em  
QUÍMICA PARA O ENSINO  
sob a orientação do

Prof. Doutor Duarte José da Costa Pereira e Prof. Doutor Joaquim Esteves da Silva

DEPARTAMENTO DE QUÍMICA

FACULDADE DE CIÊNCIAS DA UNIVERSIDADE DO PORTO

2002

**Maria da Glória Amado de Moncada Côrte-Real**

**A EFICIÊNCIA DA ABORDAGEM EPISÓDICA DA  
QUÍMICA**

**— ESTUDO DE UM CASO NO ENSINO SECUNDÁRIO —**



Tese apresentada à Faculdade de Ciências da Universidade do Porto como requisito  
parcial para obtenção do grau de Mestre em  
**QUÍMICA PARA O ENSINO**  
sob a orientação do

Prof. Doutor Duarte José da Costa Pereira e Prof. Doutor Joaquim Esteves da Silva

**DEPARTAMENTO DE QUÍMICA**

**FACULDADE DE CIÊNCIAS DA UNIVERSIDADE DO PORTO**

2002

Ao meu Marido

e

aos meus filhos, António, Teresa, João e Francisco

## **AGRADECIMENTOS**

Quero começar por muito agradecer ao Prof. Doutor Duarte José da Costa Pereira e ao Prof. Doutor Joaquim Esteves da Silva pelos ensinamentos, conselhos, estímulo e disponibilidade com que sempre me orientaram neste trabalho.

Ao Prof. Doutor João Paiva pela valiosa ajuda concedida, nomeadamente pelas importantes sugestões que permitiram um maior enriquecimento na escrita desta dissertação.

À Doutora Eugénia Sofia Woodhouse Ferreira pelo empréstimo de publicações que se revelaram de grande utilidade.

À Prof. Doutora Gabriela Ribeiro pelo apoio dado para a realização desta investigação.

À Prof. Doutora Joan Solomon e ao Prof. Doutor Roger Maskill pelas sugestões dadas que permitiram enriquecer o estudo.

Aos meus colegas da Escola, Dra. M<sup>ª</sup>. Antónia Vasques de Carvalho e Dr. Arlindo Folhas que se disponibilizaram a colaborar na implementação deste estudo.

Aos meus Pais, pelo inesquecível apoio que me prestaram, principalmente durante o primeiro ano do Mestrado, sem o qual seria de todo impossível levar a termo este trabalho.

Ao meu Marido, pela paciência, compreensão e permanente disponibilidade e ajuda, designadamente na tradução e revisão dos textos desta dissertação.

Aos meus Filhos, pelas muitas horas em que se privaram do meu apoio e acompanhamento, mostrando sempre grande compreensão e ajuda.

A toda a minha Família, amigos e colegas de Mestrado, em particular à Beatriz Rebelo, pelo apoio, ajuda e incentivo que sempre me deram.

## Resumo

O objectivo principal da investigação subjacente a esta dissertação consistiu em desenvolver e aplicar a uma unidade programática da disciplina de Técnicas Laboratoriais de Química – Bloco I – uma nova metodologia didáctica, que perspectiva a abordagem dos conceitos científicos dentro dos respectivos contextos, ou seja, a partir de situações familiares aos alunos e do seu notório interesse. A eficácia desta metodologia foi aferida através da análise, qualitativa e quantitativa, dos seus efeitos nos resultados da aprendizagem.

A abordagem escolhida inspirou-se no projecto **SALTERS ADVANCED CHEMISTRY**, elaborado pelo Science Education Group, da Universidade de York, seguindo a tendência didáctica Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS). A intervenção curricular incidiu sobre a unidade “Operações Unitárias”, tendo-se escolhido como tema motivador o estudo de amostras de solos.

O trabalho iniciou-se com uma fase piloto, em que se aferiu, preliminarmente, a eficácia do novo método e se corrigiram algumas deficiências do material didáctico a utilizar. Passou-se, depois, à fase experimental, em que o mesmo estudo, já aperfeiçoado, foi repetido. Utilizou-se um modelo de investigação quasi-experimental, com um grupo experimental e um grupo de controlo. Trabalhou-se com duas turmas do 10º ano, com um total de 44 alunos com média de 15 anos de idade. O tema foi tratado de modo diferente em cada uma das turmas. Na de controlo, utilizou-se o método guiado pela lógica dos conteúdos, consolidada por exemplos relevantes da vida real, e, na experimental, o tema foi introduzido através de episódios de relevância universal e quotidiana, explicáveis pela Química e que levavam à construção conceptual desta disciplina. Nos dois casos, procuraram manter-se, o mais análogas possível, as condições que não incidiam sobre a variável experimental.

A análise dos resultados dos ganhos de aprendizagem de ambos os grupos permitiu comprovar valores significativamente superiores no grupo experimental, decorrentes da utilização das estratégias baseadas no referido currículo *Salters' Advanced Chemistry* (com uma probabilidade de 98 %).

Não obstante as limitações deste estudo — entre as quais avulta o carácter quasi-experimental e a pequena dimensão da amostra — ele poderá encorajar novas investigações de âmbito mais alargado que legitimarão mudanças curriculares tendentes a resolver o problema da crise da Química e da Ciência, sentida em todo o mundo ocidental.

## ABSTRACT

The main aim of the research underlying this thesis consisted of developing and applying to a programmatic unit of the discipline Chemistry Laboratory Techniques – Block 1 – a new teaching methodology, which put into perspective the approach of scientific concepts within the respective contexts, i.e. from situations that are familiar to the pupils and from their known interest. The effectiveness of this methodology was gauged through the tests, both qualitative and quantitative, of its effects in the learning process results.

The approach chosen was inspired by the **SALTERS ADVANCED CHEMISTRY** project, prepared by the Science Education Group of York University, following the Science, Technology and Society (STS) teaching trend. The curricular intervention incided on the “Unit Operations” unit, the motivating theme chosen being the study of soil samples.

The work began with a pilot phase, in which a preliminary assessment was made of the effectiveness of the new method and corrections were made of some defects in the teaching material to be used. This was followed by the experimental phase, in which the same study, now improved, was repeated. A quasi-experimental research model was used, with an experimental group and a control group, the work being carried on with two 10<sup>th</sup> year groups, totalling 44 pupils with average age of 15 years. The theme was treated in a different way in each of the groups. In the control group, use was made of the method guided by the logic of the contents, consolidated by relevant real-life examples, while in the experimental group, the theme was introduced through episodes of universal and everyday relevance, explicable by Chemistry, and which led to the conceptual construction of this discipline. In the two cases, every effort was made to keep the conditions as similar as possible, i.e. not inciding on the experimental variable.

Analysis of the results of the learning gains for both groups enabled it to be proven that there were significantly higher values in the experimental group, emerging from the use of the strategies based on the Salters’ Advanced Chemistry *curriculum* (with a probability of 98 %).

Notwithstanding the limitations of this study – not least of which were the quasi-experimental nature and the smallness in size of the sample – it could encourage new research of a wider scope, that would legitimise curricular changes tending to resolve the crisis facing Chemistry and Science felt throughout the Western world.

## **ÍNDICE GERAL**

	Pg
Agradecimentos .....	3
Resumo .....	5
Abstract .....	7
Índice geral .....	9

## **CAP. I – IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA**

1. Introdução .....	15
2. Objectivos e características do estudo .....	20
2.1. Objectivo principal .....	23
2.2. Objectivos de carácter geral .....	23
2.3. Hipóteses do Estudo .....	24
3. Organização da dissertação .....	24

## **CAP. II – CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA**

1. Conceito e evolução da Educação	
1.1. Etimologia e conceito de educação .....	26
1.2. A educação na Idade Antiga .....	27
1.3. O período medieval .....	28
1.4. A Renascença e a Idade Moderna .....	29
1.5. A Idade Contemporânea .....	31
2. Uma indispensável “revisão” epistemológica	
2.1. Introdução .....	35
2.2. A necessidade de colocar a ciência ao serviço do homem e da vida .....	36
2.3. O paradigma cartesiano-positivista .....	38
2.4. O paradigma construtivista .....	41
3. Os desafios da Educação Científica	
3.1. As grandes questões que condicionam as estratégias para o ensino das ciências.....	43

---

3.2. Os desafios da “escola paralela” .....	45
3.3. Os desafios da mudança da sociedade .....	46
3.4. Importância da motivação .....	47
3.4.1. Pesquisas sobre a motivação .....	48
3.4.2. Motivação intrínseca e extrínseca .....	49
3.4.3. Memória e Motivação .....	60
3.5. Papel do professor no processo ensino-aprendizagem .....	62
4. Um necessário reequacionamento pedagógico .....	66
4.1. A aprendizagem por mudança conceptual .....	68
4.2. Alguns estudos sobre concepções alternativas dos alunos .....	71
4.3. Críticas às estratégias de ensino para mudança conceptual .....	73
4.4. Um novo modelo para a aprendizagem das ciências: a perspectiva CTS .....	79
4.4.1. Os currículos pedagógicos numa perspectiva CTS .....	82
4.4.2. O caso particular dos currículos de química .....	85
4.4.3. O projecto de desenvolvimento curricular Salters’ .....	90
4.4.4. Currículo Salters’ Advanced Chemistry .....	94
5. A revisão curricular portuguesa e o ensino da química .....	97

### **CAP. III – METODOLOGIA**

1. Introdução .....	105
2. Descrição do estudo.....	105
3. Calendarização do estudo.....	107
4. Estudo piloto	
4.1. Caracterização da amostra .....	108
4.2. Objectivo do estudo piloto .....	111
4.3. Instrumentos de avaliação .....	111
4.4. Validação dos instrumentos de avaliação utilizado .....	111
5. Estudo principal .....	113
5.1. Caracterização da amostra .....	113
5.2. Caracterização dos instrumentos de avaliação .....	116
5.3. Recolha dos resultados.....	117
5.4. Tratamento e análise dos resultados .....	119

## **CAP. IV – RESULTADOS DO ESTUDO**

1. Introdução .....	123
2. Resultados obtidos no pré-teste .....	123
3. Resultados obtidos no pós-teste .....	124
4. Resultados obtidos no questionário da “escala de Likert” .....	124
5. Resultados obtidos no questionário de resposta aberta .....	128

## **CAP. V - ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS**

1. Análise estatística dos resultados	
1.1. Tratamento e análise dos resultados obtidos nos pré-testes e pós-teste .....	134
2. Análise qualitativa dos resultados .....	139
2.1. Análise dos resultados obtidos nos questionários baseados na “escala de Likert” .....	140
2.2. Análise dos resultados obtidos no questionário de questões abertas .....	148
3. Discussão dos resultados da análise qualitativa .....	155

## **CAP. VI – CONCLUSÕES, LIMITAÇÕES E RECOMENDAÇÕES**

1. Introdução .....	158
2. Conclusões dos resultados quantitativos .....	158
3. Conclusões dos resultados qualitativos .....	159
4. Implicações educacionais .....	161
5. Limitações do estudo e recomendações .....	162

<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	167
---------------------------	-----

## **APÊNDICES**

Apêndice I - Instrumentos de Avaliação .....	186
1. Pré-teste .....	187
2. Pós-teste .....	192

Apêndice II - Resultados dos pré e pós-testes, feitos aos alunos, no estudo principal.....	203
Apêndice III - Tabela de valores críticos de t .....	205
Apêndice IV - Chave dos pré e pós-testes .....	207
Apêndice V - Documentos entregues aos alunos .....	212
1. Texto motivador: A Química e o desenvolvimento agrícola .....	213
2. Textos de fundamentos teóricos:	
2.1. Alguns fundamentos teóricos do solo .....	223
2.2. Fundamentos teóricos das Operações Unitárias .....	233
3. Trabalhos laboratoriais .....	234
<b>ÍNDICE DE TABELAS</b> .....	<b>260</b>
<b>ÍNDICE DE GRÁFICOS</b> .....	<b>261</b>

# **CAPÍTULO I**

## **IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA**

## 1. INTRODUÇÃO

As reformas do Ensino implementadas em Portugal a partir da década de 70, e que se concretizaram na reforma de 1973, seguida de numerosas medidas avulsas adoptadas por sucessivos ministros e Governos e, sobretudo, pela Lei de Bases do Sistema Educativo, aprovada pelo Parlamento em 1986, bem como de medidas legislativas posteriores, tiveram quase sempre entre os seus objectivos programáticos combater a nítida atrofia da situação educativa no nosso país, quando comparada com a dos países congéneres da Europa ocidental.

Não se destina este estudo a analisar o maior ou menor acerto, ou êxito, das diversas medidas legislativas adoptadas em Portugal nesta matéria. Pretende-se ressaltar, contudo, que os problemas estruturais que se tinham acumulado ao longo das últimas décadas, agravados pela falta de estabilidade política, contribuíram para atrasar insuportavelmente e dificultar a definição e execução de um projecto consequente de uma tão necessária reforma educativa.

A urgência de uma modernização acelerada da economia, perante os desafios da integração europeia, veio contribuir para a aprovação da Lei de Bases do Sistema Educativo, que representou, apesar das suas limitações, um passo decisivo para o desenvolvimento da sociedade portuguesa. Além de objectivos económicos, a alcançar através de uma evidente aposta na qualificação profissional, esta reforma pretendeu “o reforço do conteúdo cívico, ético e valorativo da escola” e a renovação do Sistema Educativo, que tivesse em conta a valorização da nossa matriz histórico-cultural, e apostasse “na inteligência, na informação, na inovação tecnológica, na criatividade, na adaptação à mudança, em suma, na qualidade do factor humano” (Programa do XI Governo Constitucional, 1987, p. 145).

Como todas as reformas, esta não foi plenamente bem sucedida, e não tanto pelo seu conteúdo, ou pela qualidade das suas propostas, como pelo deficiente processo de difusão e implementação das mesmas. As reformas, para terem êxito, não devem ser impostas hierarquicamente, segundo modelos de inspiração burocrática, mas devem passar, necessariamente, por uma mudança em profundidade das condições básicas do funcionamento das escolas e, simultaneamente, por um empenho eficiente na formação e

motivação do professorado. Se os professores não estiverem verdadeiramente compenetrados com a necessidade da reforma, e se não tiverem ao seu dispor meios idóneos para a sua correcta aplicação, esta corre sérios riscos de ser infrutífera, ou até mesmo contraproducente.

Neste momento, está em curso no nosso país uma ampla revisão curricular, que pretende responder ao desafio representado pelo facto de o nível das qualificações da população portuguesa ser ainda muito inferior ao dos nossos parceiros da União Europeia. Tal revisão pretende, como estabelece o decreto-lei nº 6/2001, de 18 de Janeiro<sup>1</sup>, que ao longo do ensino básico se desenvolvam “um conjunto de aprendizagens e competências, integrando os conhecimentos, as capacidades, as atitudes e os valores a desenvolver pelos alunos”<sup>2</sup> e que a formação secundária (decreto-lei nº 7/2001, de 18 de Janeiro)<sup>3</sup> se assuma como relevante, “permitindo — segundo o referido decreto-lei — nomeadamente, a melhoria das aprendizagens, a articulação mais estreita entre a educação, a formação e a sociedade, numa perspectiva de facilitar a transição para o mercado de trabalho, a obrigatoriedade do ensino experimental nas ciências, bem como a criação de condições que assegurem o acesso à educação e à formação ao longo da vida”<sup>4</sup>. Pretende também valorizar a educação para a cidadania em todas as componentes curriculares, que promova a igualdade de oportunidades e que desenvolva em cada aluno um quadro de referências, de atitudes, de valores e de capacidades que o ajudem a crescer a nível pessoal, social e profissional. Esta revisão curricular deverá concretizar-se nas escolas já no ano lectivo de 2002-2003 para todos os jovens que, nesse ano, ingressem no 7º ano e 10º ano de escolaridade, estendendo-se progressivamente aos 8º, 9º, 11º e 12º anos de escolaridade nos anos lectivos subsequentes.

Segundo refere o mesmo decreto-lei, pretende-se com a dita revisão aumentar a motivação dos alunos para o processo ensino-aprendizagem, procurando que as escolas criem “ambientes de aprendizagem estimulantes, baseados em projectos claros, coerentes e com real valor educativo e formativo, projectos que articulem o currículo definido a nível nacional com o contexto social, cultural e económico em que estão integradas” visando-se

---

<sup>1</sup> Diário da República, I Série-A, nº 15, 18 de Janeiro de 2001.

<sup>2</sup> Idem, pp. 258-259.

<sup>3</sup> Diário da República, I Série-A, nº 15, 18 de Janeiro de 2001.

<sup>4</sup> Idem, p. 265.

ainda “a realização de aprendizagens significativas e a formação integral dos alunos, através da articulação e da contextualização dos saberes”. Pretende-se, também valorizar as “aprendizagens experimentais nas diferentes áreas e disciplinas, em particular, e com carácter obrigatório, no ensino das ciências, promovendo a integração das dimensões teórica e prática”<sup>5</sup>.

Esta revisão curricular insere-se, claramente, no espírito das tendências pedagógicas dominantes nos países ocidentais, ao longo do século XX — em particular, na tendência CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade) — as quais têm como característica, a bem dizer comum, a mudança radical do centro de gravidade do binómio professor-aluno para o lado deste último, e enfatizam o papel da motivação e da actividade dos educandos, ao longo de todo o processo ensino-aprendizagem.

Aliás, já as anteriores reformas e revisões do ensino a que se fez referência tiveram, de um ou de outro modo, a sua fonte de inspiração nessas tendências, incluindo entre os seus objectivos fundamentais a procura incessante de melhores métodos didácticos destinados a facilitar a aquisição e construção de conhecimentos básicos por parte dos alunos, para além da pretensão de valorizar a dimensão humana do ensino.

Como se sabe, durante muito tempo — e por influência do paradigma epistemológico então dominante, de matriz cartesiano-positivista — o ensino concentrava-se, em grande medida, na transmissão dos conteúdos programáticos. Dava-se, assim, um relevo muitas vezes excessivo, à memorização de teorias, nomes, definições, símbolos e fórmulas, bem como à sua relação (assunto que será abordado, com mais pormenor, no cap. II).

Embora alguns alunos conseguissem apreender e aplicar com êxito os conhecimentos transmitidos deste modo, também era certo que uma percentagem bastante elevada de discentes se sentia desmotivada, revelando uma grande dificuldade na apreensão das matérias, por acharem este tipo de ensino distante e sem vantagens práticas para as suas vidas, acabando, finalmente, por se desinteressar da aprendizagem.

Era, pois, necessário apresentar a ciência de modo mais atractivo e abrangente.

Com tal objectivo, durante os últimos cinquenta anos, foram apresentados e testados, em muitos países da Europa e da América, novos modelos para o ensino-

---

<sup>5</sup> Id. ib.

aprendizagem das ciências. Contudo, o aproveitamento escolar dos alunos, nem sempre reflectiu o progresso esperado.

Tornou-se, pois, de primeira necessidade concentrar esforços no sentido de procurar conhecer as imperfeições e incongruências dos modelos utilizados. Os resultados dessa pesquisa já se têm revelado de grande utilidade prática, pois permitiram reformular os modelos vigentes, ou mesmo abandoná-los, mediante propostas que a experiência demonstrou serem mais úteis e eficazes.

Em concreto, em Portugal, muitos professores e o próprio Ministério da Educação têm revelado grande preocupação, como já foi dito, com a elevada taxa de insucesso escolar<sup>6</sup> e com a notória diminuição do número de alunos a prosseguir estudos, especialmente nalgumas áreas de ciências, obrigando a repensar todo o ensino. Cada vez mais, é frequente encontrar notícias na imprensa reveladoras dos maus resultados do ensino português, comparativamente com os de outros países. O “Diário de Notícias”, por exemplo, divulgava, a 29 de Maio de 2001, um relatório da Comissão Europeia que dava conta do facto de “metade dos jovens portugueses abandonarem definitivamente os estudos sem concluir a escolaridade obrigatória, o que coloca Portugal como o país com o mais baixo nível de qualificação em toda a União Europeia”<sup>7</sup>.

Assim, para incrementar nos jovens o interesse pela ciência e, conseqüentemente, aumentar os ingressos nos cursos vocacionais, reduzindo os já referidos índices de insucesso escolar<sup>8</sup>, ganham relevo, em todos os níveis do ensino, os métodos que conferem ao aluno um papel mais activo no processo ensino-aprendizagem. Pretende-se que o docente não deixe de ter em vista o contexto sócio-cultural no qual o aluno está inserido,

---

<sup>6</sup> Segundo revela o jornal “Público”, “Os primeiros resultados do TIMMS (um estudo internacional sobre o desempenho dos alunos a Matemática e Ciências, que envolveu 40 países de todo o mundo) foram divulgados em 1997. Os alunos portugueses dos 7º e 8º anos foram considerados os piores da Europa a Matemática (...) Nas ciências (como a Física e a Química), os portugueses, sobretudo no 8º ano conseguiram ficar no 33º lugar da tabela. (...) Os resultados nacionais, recolhidos em 1995, permitiram ainda constatar (...) que os miúdos poucas vezes executavam actividades práticas do tipo experimental e que as aprendizagens adquiridas nos anos anteriores pareciam ficar completamente esquecidas”.

<sup>7</sup> Cfr. “Portugal tem a mais baixa qualificação da Europa”, in “Diário de Notícias” 29-05-01.

<sup>8</sup> Cfr. “Público”, 16-05-01 (Ver também “Ensino com nota negativa”, “Diário de Notícias” de 29-05-01 - onde se diz que, em Portugal, a taxa de insucesso escolar alcança níveis muito preocupantes, se a compararmos com a taxa equivalente dos 41 países mais desenvolvidos, especialmente na área da Matemática e da Físico-Química).

bem como os conhecimentos prévios e as preocupações deste em relação ao meio ambiente, à ciência e à técnica, destacando, quando julgue oportuno, as conexões pertinentes entre os conceitos da disciplina e os contextos que estão ao alcance dos alunos.

Nesse sentido, o estudo realizado no âmbito deste mestrado e que se descreve no capítulo III, procurou testar a eficácia de uma nova metodologia utilizada no ensino das ciências em geral, e, em particular, na química, guiada pela lógica dos episódios salientes explicáveis pela química. Tal método de abordagem apoia-se na corrente didáctica mais actualizada.

Esta perspectiva é, sem dúvida, importante, dado que não é segredo para ninguém que a aprendizagem, além da sala de aula, ocorre também fora dela, à luz da vida e da experiência diária dos alunos. Há ideias prévias que marcam fortemente os jovens e que eles trazem para a escola. Seria um grave erro negligenciar tais ideias, pois elas podem influenciar, de maneira positiva ou negativa, todo o processo de aprendizagem. O aluno deve ser, pois, verdadeiramente, o elemento central, o *elemento estruturador e estruturante*, de todo o ensino que ele próprio há-de construir (Valadares e Costa Pereira, 1991).

Por outro lado, o professor terá de facilitar o desenvolvimento humano do educando, ao privilegiar os processos de aprendizagem que estimulem a sua criatividade. Deve, pois, procurar despertar a curiosidade dos alunos e responsabilizá-los perante as escolhas que não-de fazer no mundo em que vivem.

Para tal fim, o professor deverá ter um particular empenho em procurar elementos de motivação que predisponham os alunos para a aprendizagem. Esta motivação pode ser alcançada se estes participarem activamente na busca desses elementos, preocupando-se, mais do que até agora, com o enquadramento dos temas curriculares no respectivo contexto sócio-cultural. Mas importa aqui sublinhar, ao referir o tão importante problema da motivação dos alunos, que este passa, necessariamente, pela motivação dos professores, aspecto que também será abordado nesta dissertação no cap. II.

As tendências pedagógicas que se vieram reflectir na mais recente revisão curricular portuguesa, vão ao encontro de uma outra, desenvolvida no âmbito da reflexão sobre a própria ciência, mais concretamente na sua epistemologia, e que se caracterizou por uma mudança do positivismo, reinante durante todo o século XIX e grande parte do

século XX, para o construtivismo (Le Moigne, 1995). Ao construtivismo educativo veio juntar-se, pois, o construtivismo epistemológico.

Por outro lado, com a evolução social, ocorreu a inevitável democratização do ensino, tendo sido reconhecido o valor educativo e formativo da ciência para a formação de uma opinião pública fundamentada, tornando-se, assim, ainda mais urgente *colocar a ciência ao alcance dos não cientistas*.

## 2. OBJECTIVOS E CARACTERÍSTICAS DO ESTUDO

É nesta linha de pensamento que se enquadra o presente estudo. Com efeito, é particularmente necessário aplicar uma nova metodologia ao ensino da química — não constituindo excepção a disciplina de Técnicas Laboratoriais de Química — que contribua para aumentar o interesse dos alunos pela química e pelas ciências em geral<sup>9</sup>. A experiência tem mostrado que estes assimilam mais facilmente novas ideias se perceberem a sua utilidade prática. Sendo a química uma ciência de carácter prático, não podemos falar dos seus currículos sem dar uma especial atenção às práticas das actividades laboratoriais. Com efeito, “o laboratório é o lugar onde se ensinam as ciências. É tão natural que a ciência se faça no laboratório, como os cozinhados na cozinha e a jardinagem no jardim” (Solomon, 1994 b, p. 7). Uma coisa é ler um bom livro de receitas ou um bom manual de jardinagem, outra é aprender a cozinhar ou a jardinar entrando em contacto directo com a atmosfera e os odores da cozinha, provar os cozinhados e ver alguém a cozinhar, ou então acompanhar os trabalhos da preparação da terra, das sementeiras, das plantações, das regas, ou das podas, no jardim. Com a ciência passa-se a mesma coisa, e assim, o seu ensino deve envolver um contacto directo com aqueles aspectos da natureza que vão ser estudados.

Mas o que verdadeiramente ajuda os alunos a gostarem da ciência, e a deixarem-se fascinar por ela, é o descobrirem a conexão dos novos conhecimentos com factos do saber comum e das suas experiências pessoais, com os quais estão em permanente contacto,

---

<sup>9</sup> Com a reforma que entrará em vigor no próximo ano lectivo, as técnicas Laboratoriais de Química serão integradas nas disciplinas de Física e Química, A ou B.

através da sua vida quotidiana e dos seus próprios conhecimentos, que muitas vezes foram colhidos nos meios de comunicação social.

É com este intuito, e no de reforçar o que a literatura especializada vem referindo, que se procurou investigar cuidadosamente a aplicação, a um dado tema, do método de abordagem inspirado no curriculum *SALTERS ADVANCED CHEMISTRY* (Burton et all., 1994 a, b, c), analisando a sua possível influência sobre os resultados da aprendizagem<sup>10</sup>.

Recorreu-se, pois, neste trabalho a uma metodologia de ensino que põs em destaque, precisamente, esses pontos de contacto entre os temas curriculares e a vida dos alunos, com o objectivo de facilitar a aprendizagem da unidade programática em questão e a da própria química.

O estudo realizado teve, assim, como objectivo principal, aplicar o novo método de ensino — guiado pela lógica dos episódios salientes, explicáveis pela química — aferindo a sua possível maior eficácia relativamente às metodologias de ensino tradicionais, através da análise dos seus efeitos nos resultados da aprendizagem.

Com essa finalidade, e tomando como base o capítulo “Aspects of Agriculture” do livro *Salter's Advanced Chemistry - Chemical Storylines* (Burton et all., 1994 b), desenvolveu-se toda a unidade “Operações Unitárias”, integrada no conteúdo programático da disciplina de Técnicas Laboratoriais de Química, Bloco I, à volta de um tema central — no caso, o estudo de amostras de solo, seguindo o protocolo de trabalhos práticos, preparado pelo Prof. Doutor Joaquim Esteves da Silva (Silva, 1998 e Silva, 1999) — escolhido para este fim. Optou-se pela escolha desta disciplina do 10º ano, pensando que — sendo ela essencialmente de carácter técnico e prático — seria mais fácil criar nestas aulas situações motivantes para os alunos, que podiam ter repercussões altamente favoráveis na aprendizagem da química e de outras disciplinas com ela conectadas.

O estudo incidiu sobre uma amostra de alunos de uma Escola Secundária do concelho de Vila Nova de Gaia, que frequentavam, no ano lectivo de 1999/2000, a disciplina de Técnicas Laboratoriais de Química, do 10º ano de escolaridade. Tais alunos foram convidados a participar no referido estudo, depois de lhes ter sido explicado para

---

<sup>10</sup> Já depois desta decisão tomada e durante o decurso desta investigação, foram publicadas para discussão pública os programas do 10º ano das disciplinas de Física e Química A e B, que vieram tentar pôr em prática muitas destas ideias.

que fins o mesmo iria ser realizado. Começou-se por efectuar um ensaio piloto com alunos de duas turmas e, três meses mais tarde, levou-se a cabo o estudo final, com outras duas turmas diferentes. Embora não tenha havido uma completa liberdade de escolha, o tópico poderia considerar-se como medianamente motivador pois os alunos provinham de uma sociedade suburbana, não completamente afastada da problemática agrícola. Evitou-se assim fazer a experiência numa escola urbana central ou numa escola predominantemente rural, na convicção de que os resultados obtidos oferecessem maior generalizabilidade.

Em cada um dos casos o trabalho incidiu sobre uma turma de controlo — à qual se aplicou o tipo de abordagem guiada pela lógica dos conteúdos, isto é, a utilizada tradicionalmente — e outra experimental, onde se aplicou o novo tipo de abordagem.

A metodologia de investigação seguida foi a do tipo quasi-experimental, uma vez que se teve de recorrer a turmas já formadas pela escola e por esse motivo não se pôde fazer uma escolha aleatória dos sujeitos, como seria desejável neste tipo de estudos (Cohen and Manion, 1997).

A essência do método que se propõe consiste no facto de a conceptualização não ser imposta já “formatada”, mas, pelo contrário, ser sugerida, a partir da apresentação de episódios da vida real em que os princípios científicos se aplicam, podendo os conceitos ser construídos pelos alunos. Este método vem ao encontro das ideias construtivistas na epistemologia (Le Moigne, 1995), na psicologia (Piaget, 1964; Bruner, 1998; Vygotsky, 1984) e também da teoria da memória a longo prazo de Tulving (Tulving, 1972).

Seguindo o novo tipo de abordagem, partiu-se de factos que são do conhecimento e interesse geral, para estudar, depois, os conceitos científicos que com eles estão relacionados. Os assuntos de carácter geral foram abordados através de um diálogo com os alunos sobre o desenvolvimento agrícola e os problemas ambientais, surgindo assim, naturalmente, tópicos que constituíram pontos de partida para a introdução e explanação dos conteúdos específicos da unidade. Desta forma, os alunos estudaram os conteúdos propostos pelo programa curricular em vigor, adquirindo conhecimentos relacionados com o contexto sócio-cultural em que eles vivem, constatando, facilmente, a utilidade dos mesmos. Houve, por outro lado, a preocupação, durante todo o processo de ensino-aprendizagem, de que os alunos assumissem um papel activo, de modo a sentirem-se atraídos para o estudo em causa.

Através da realização desta investigação e da análise dos resultados obtidos, esperava-se poder comprovar os efeitos positivos exercidos pelo novo método sobre o processo ensino-aprendizagem.

Assim, durante a investigação, estiveram presentes os seguintes objectivos:

### **2. 1. Objectivo principal:**

- Averiguar a possível eficácia da abordagem episódica de uma unidade da disciplina de Técnicas Laboratoriais de Química, Bloco I relativamente à abordagem tradicional.

### **2. 2. Outros objectivos de carácter geral:**

- Verificar os conhecimentos científicos previamente adquiridos pelos alunos intervenientes no estudo, acerca dos conteúdos da unidade programática em questão — através da aplicação de um pré-teste (cfr. Apêndice I) — a fim de obter elementos de comparação, a serem utilizados para análise depois de leccionada a unidade programática.
- Preparar e motivar os alunos para o estudo experimental que realizariam posteriormente, com amostras de solo que eles próprios haveriam de procurar e recolher no seu meio envolvente.
- Analisar, através de um pós-teste (cfr. Apêndice I), os resultados das alterações metodológicas ocorridas, e verificar se o objectivo principal do estudo foi alcançado.
- Aperfeiçoar a prática docente de modo a minorar o insucesso escolar, que é muito elevado na disciplina de Físico-Química.
- Actualizar conhecimentos científicos e didácticos.
- Aumentar a motivação dos alunos para o estudo das diversas disciplinas e, em particular, da disciplina de Química.

### 2. 3. Hipóteses de estudo

Pretendendo analisar os resultados de alterações metodológicas introduzidas no ensino de uma unidade programática de Química, o presente estudo poderá admitir como ponto de partida a seguinte **hipótese nula**: a abordagem de uma dada unidade programática, seguindo a lógica dos episódios salientes, não produz resultados da aprendizagem significativamente diferentes de quando o tema tratado se faz pelo método tradicional.

### 3. ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

Esta dissertação foi dividida em seis capítulos, seguidos da respectiva bibliografia e Apêndices.

No primeiro capítulo justifica-se o estudo realizado e explica-se a sua importância para a actual prática docente. São ainda expostos os objectivos da investigação e a hipótese que serviu de ponto de partida para a realização da mesma.

No segundo capítulo, é apresentado, criticamente, o suporte bibliográfico que serviu de orientação e fundamentação ao trabalho.

No terceiro capítulo, é descrita a metodologia utilizada na investigação.

No quarto capítulo, são apresentados os resultados da investigação com os alunos.

No quinto capítulo, são analisados e discutidos os resultados da investigação.

No sexto capítulo, são apresentadas as conclusões finais, relativamente aos aspectos qualitativos e quantitativos de todo o trabalho realizado, bem como algumas das suas implicações para o ensino da Química. São referidos também os principais factores considerados como limitadores do estudo e fazem-se algumas recomendações para posteriores investigações nesta área.

## **CAPÍTULO II**

### **CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA**

## 1. CONCEITO E EVOLUÇÃO DA EDUCAÇÃO

### 1.1. Etimologia e conceito de educação

A raiz etimológica da palavra educação liga-se à palavra latina *educare*, que, em sentido próprio, significa alimentar, criar, fazer crescer, e, por extensão, significa instruir. Semanticamente, porém, o vocábulo educação absorveu o significado de outra palavra latina, *educere*, isto é, extrair, fazer sair à luz o que estava oculto. Para alguns autores, a palavra também se liga, morfológicamente, a *ducere*, que significa conduzir, guiar, orientar. O termo educação conserva ainda nos nossos dias estas mesmas acepções<sup>1</sup>.

A educação consiste num conjunto de acções executadas durante um longo processo, tendente a desenvolver plenamente toda a natureza do homem, através de mecanismos de formação, informação e aculturação, destinados a aprimorar as suas faculdades físicas, morais e intelectuais.

No processo educativo é costume distinguir o fim último dos fins imediatos. Estes podem reduzir-se à formação integral e harmónica do homem.

Não é o caso de desenvolver aqui estes aspectos. Mas convém recordar que, por serem diferentes as concepções filosóficas da natureza humana, diversos são também os sistemas educativos. Assim, a educação poderá ter uma orientação materialista, sociológica, naturalista, humanístico-cristã, etc.

Como se exerce sobre seres inteligentes, a educação, exige, para ser eficaz, a colaboração e o empenhamento dos educandos. Por outro lado, a educação visa, quase sempre, integrar estes últimos na sociedade em que vivem, de modo a, por um lado, levá-los a aceitarem a ordem existente nessa sociedade e, por outro, a intervirem nela de forma activa e transformante. Para tal fim, o que se pretende hoje em dia, é que a escola desenvolva e estimule um conjunto de atitudes e capacidades tais como: saber aprender, pesquisar, seleccionar informação, concluir e comunicar. Tudo isto de modo a que os estudantes adquiram, ao longo da aprendizagem, autonomia e capacidade de resposta às situações novas que irão encontrar no futuro.

---

<sup>1</sup> Cfr. Entradas “Educação” na Enciclopédia Verbo (Lisboa), na Enciclopédia Católica (Cidade do Vaticano), e na Enciclopédia Espasa Calpe (Barcelona - Madrid).

Mas a educação nem sempre foi entendida de igual forma. Ao longo dos séculos, ela conheceu uma profunda evolução. Esta evolução deu origem a muitos conceitos e práticas de ensino, cujo conhecimento poderá facilitar a compreensão e explicação, não só do ensino contemporâneo e das perspectivas que se abrem para o mesmo, como das tendências epistemológicas mais recentes. Como a presente investigação incide sobre uma visão que se encontra inserida num ponto chave desta evolução, pareceu interessante, senão mesmo necessário, apresentar aqui um breve resumo sobre a evolução da educação no decurso dos tempos. Tal resumo, necessariamente breve, permitirá compreender melhor e enquadrar a educação científica nos nossos dias, bem como os diversos paradigmas epistemológicos que se desenvolveram nos últimos dois séculos.

## 1.2. A educação na Idade Antiga

Entre os povos primitivos, a educação possuía um carácter predominantemente prático e estava muito centrada no grupo familiar.

Quando se desenvolveu uma classe sacerdotal — particularmente entre os judeus, os hindus e os egípcios — surgiu uma educação especializada, que se traduzia no ensino da tradição religiosa e das cerimónias do culto à referida classe. Esta educação, embora predominantemente religiosa, contribuiu indirectamente para o aparecimento da filosofia, das ciências exactas, da literatura, etc.

Os chineses parecem ter sido o primeiro povo a desenvolver um sistema geral de educação literária, que foi organizado em tempos de Confúcio, e que se conservou durante milhares de anos, até à chamada “revolução cultural”.

Os gregos criaram, pela primeira vez, uma teoria e uma prática da educação baseada mais em princípios de carácter científico ou filosófico do que em crenças religiosas e em cerimónias eclesiásticas. A educação nas primitivas cidades gregas, de modo particular entre os atenienses e os espartanos, tinha objectivos de carácter humanista e destinava-se à preparação para os deveres da cidadania — militares, políticos e religiosos, independentemente dos sistemas políticos subjacentes. Especialmente entre os atenienses, as actividades pedagógicas incluíram preocupações intelectuais e estéticas. “No

séc. VI a.C. o pensamento conceptual tornara-se já um instrumento de grande utilidade nas mãos dos gregos, principalmente dos jónios, o que lhes permitia fazer generalizações de factos e chegar a importantes construções intelectuais” (Valadares e Costa Pereira, 1991, p. 30).

A “República” de Platão, pode ser considerada como o primeiro tratado científico sobre a educação. A educação primária incluía a ginástica, a música e as letras; a secundária, consistia no estudo da aritmética, da geometria, da música e da astronomia; a superior, no da dialéctica e da filosofia. Os estudos elementares visavam produzir uma harmonia de corpo e de alma, considerada como a base de toda a virtude; a secundária levava à unidade de pensamento; e a superior, à contemplação do bem, união da verdade e da beleza. O objectivo desta educação era suscitar uma intuição da natureza essencial das coisas.

Os romanos cultivaram, nos primeiros tempos, uma educação eminentemente prática, que consistia numa preparação para os assuntos económicos, militares e políticos. A instrução literária quase não era cultivada a princípio, mas, sob a influência dos gregos, foi introduzida em Roma, mantendo o seu carácter humanista. A educação “dedicava particular atenção os aspectos familiares e institucionais” (Valadares e Costa Pereira, 1991, p. 30) e embora muito dependente do legado grego, acabou por desenvolver características muito próprias, especialmente no que se refere à ciência jurídica.

### **1.3. O período medieval**

A educação medieval era, inicialmente, ministrada em conventos e catedrais. A Igreja soube não só conservar o legado do mundo romano, que estava para se extinguir após a invasão dos bárbaros, mas também continuar a tradição escolar greco-romana. Contudo, neste período, e pela primeira vez na história, a instrução generalizou-se a amplos sectores da população. Floresceram, então, altos centros de estudo, onde era ensinada a teologia, o direito, a medicina e os outros ramos do saber.

A Escolástica foi o primeiro dos grandes renascimentos intelectuais, que dominou a Europa do século XII e XIII e deu origem às principais universidades. O que está na base

do movimento universitário medieval é a formação de um espírito de classe entre os mestres e os discípulos, concretizado numa estrutura corporativa que é a *universitas*. Assiste-se a um progresso geral do saber, destacando-se a procura de um novo sentido da unidade da ciência e de uma noção mais rigorosa da hierarquia entre os vários ramos do saber humano. Entre os fins que mais avultam legados pela universidade medieval está o da preparação dos escolares para o exercício das suas profissões e o esforço colectivo para o progresso do saber e, sobretudo, para a formação dos quadros científicos das disciplinas ensinadas. Surge, assim, uma nova atitude perante a educação, que importa aqui pôr em destaque, e que só a título excepcional se encontrava nas escolas da Antiguidade.

Os homens de estudo foram dominados por um espírito de ordem e de arrumação científica até então desconhecido (D'Irsay, 1933). Surgia “o espírito de síntese, a preocupação dos conceitos, dos grandes princípios, das grandes construções teóricas. E era a essa luz que se estudavam os problemas concretos, dentro de um perfeito enquadramento sistemático e de um rigoroso encadeamento lógico” (Braga da Cruz, 1964, pp. 61-62).

No respeitante à educação científica, teve um lugar de grande relevo no seu desenvolvimento, a actividade de Roger Bacon (1214-1294), pelo destaque dado à experimentação como método de investigação da natureza (Valadares e Costa Pereira, 1991).

#### **1.4. A Renascença e a Idade Moderna**

A educação dos humanistas representou um regresso aos ideais clássicos e ficou marcada por uma visão antropocêntrica do mundo. “O humanismo pedagógico que originou e caracterizou o Renascimento, tinha por base a ideia de um homem livre, com vontade própria, capaz de construir a sua sabedoria, dominar a natureza e impulsionar o progresso” (Valadares e Costa Pereira, 1991, p. 31). Buscava-se uma cultura literária e científica como puro diletantismo intelectual, independentemente do proveito imediato para o exercício das profissões. Esta foi uma faceta negativa, se a considerarmos na perspectiva meramente económica, mas que teve como consequência o incremento de disciplinas novas como a história, a filologia, a crítica literária, etc, que viriam a

desenvolver-se muito, posteriormente, e a prestar contributos relevantíssimos para o progresso da humanidade. Um dos seus aspectos positivos foi, também, o fortalecimento do espírito crítico que deu aos homens de estudo um inconformismo com a ciência feita e uma ânsia de renovação doutrinal altamente benéficas para o desenvolvimento científico. A filosofia, a teologia, o direito, e a própria medicina, receberam, com isso, um forte impulso.

No período da Reforma, iniciada por Lutero no séc. XVI, a educação acabaria por reflectir as divisões religiosas e começou a declinar notoriamente. Do lado protestante colocou-se a universidade ao serviço dos interesses do Estado e do luteranismo. Do lado católico, a Igreja continuou a ser altamente responsabilizada pela educação. Não obstante, durante o século XVI actuaram influências pedagógicas, que se cristalizaram em definidas organizações e métodos escolares, sobretudo “exemplificadas nas obras de Sturm e mais tarde nas dos jesuítas, os grandes protagonistas da Contra-Reforma” (Abbagnano e Visalberghi, 1981, p.328). Assim as ideias de Sturm acerca da organização e matérias dos programas tiveram decisiva influência na realização do sistema escolar dos países germânicos. O seu curso de estudos, um pouco simplificado, foi adoptado nas escolas que tomaram o nome de *ginásios* e os métodos que estabeleceu, concretizados em compêndios, perpetuaram-se e vulgarizaram-se na Alemanha e outros países. Também na última metade do século XVI, os jesuítas formularam a sua *Ratio Studiorum*, em que se corporizaram muitas ideias semelhantes às de Sturm. As escolas da Companhia de Jesus foram as mais eficazes e procuradas até aos meados do século XVIII. Sturm e os jesuítas organizaram as ideias educativas do Renascimento com carácter humanístico-filológico do tipo greco-romano. Particularmente os jesuítas estabeleceram uma metodologia baseada em dois importantes princípios, que haveriam de marcar profundamente a história da educação: o princípio da adaptação, segundo o qual a educação deve ser adaptada a cada educando e ao seu condicionalismo, e o princípio da actividade que preconiza um tipo de ensino muito centrado na actividade dos alunos. Estes são pontos para os quais também se quer chamar à atenção, já que serão invocados no desenvolvimento do presente estudo.

No séc. XVII, muda radicalmente o paradigma epistemológico como consequência das posições de Galileu, Descartes e Newton, particularmente devidos aos trabalhos de natureza metodológica de Descartes e de Coménio.



**Fig. 1 - Descartes**

Surge, em consequência, o realismo pedagógico, caracterizado por uma metodologia baseada na intuição e na *dúvida metódica* cartesiana. O cepticismo de Descartes, se bem que radical, é todavia provisório, e tem por objecto chegar a uma ciência certa. Foi acrescentando à dúvida um princípio positivo, nascido sobre ela, que Descartes acabou por fundar a filosofia racionalista moderna.

No séc. XVIII dominou a educação naturalista, inspirada não só no humanismo renascentista, como, sobretudo, nas ideias naturalistas de Rousseau, que se propunham “educar de acordo com a natureza”. Nesta última estariam os verdadeiros métodos e fins do ensino. Segundo Rousseau, o processo educativo devia fundar-se nos interesses naturais e nas actividades espontâneas das crianças, nas sucessivas fases do seu desenvolvimento. Combate-se encarniçadamente a pedagogia dos jesuítas, postura que fica marcada em Portugal pela obra de Luis António Verney, “O verdadeiro método de estudar”.

### **1.5. A Idade Contemporânea**

No séc. XIX, “as ideias de Rousseau foram sistematizadas e reduzidas a processos práticos por grupos de educadores, entre os quais se contam Pestalozzi, Herbart e Fröbel” (Abbagnano e Visalberghi, 1981, p. 621). Todos concordam que é a natureza da criança que deve guiar a educação. Acentua-se a tendência a dar mais importância às primeiras

fases da educação, combatendo o carácter livresco da mesma, a favor de uma maior objectividade. “Ganha relevo o interesse pelos métodos pedagógicos, tanto psicológicos como práticos” (Fernandes, 1979, p.59). Durante o segundo e o terceiro quartéis do século XIX, o pensamento pedagógico caracteriza-se por uma reacção contra o extremo individualismo do período anterior, proveniente das ideias da Revolução francesa.

Assiste-se, pois, à afirmação das concepções sociológicas da educação que acentuam o pensamento, não somente para o desenvolvimento do indivíduo, mas sobretudo para o processo de o preparar para exercer a sua função no ambiente social em que se encontra inserido. “Para Durkheim (1858-1917), o fenómeno social é caracterizado pelo facto de ser o produto da consciência social, a qual não é uma simples soma de consciências individuais, mas representa uma síntese nova, como se se tratasse de um sujeito que pensa, sente e quer de um modo autónomo” (Abbagnano e Visalberghi, 1982, p.865 e 871).

Após a revolução socialista, com o aparecimento do marxismo e de diversas correntes socialistas em muitos países, a educação baseada nos sistemas educativos marxistas<sup>2</sup>, caminhou para uma fortíssima socialização do indivíduo, visando implementar um novo tipo de cultura – a cultura proletária, na qual “a personalidade real e praticamente activa do homem é somente aquela que se resolve nas relações de trabalho em que o homem vem a encontrar-se” (Idem, 1981, p.636).

Por outro lado, e voltando um pouco atrás no tempo, convém lembrar que os países onde teve lugar a revolução industrial começaram a preocupar-se com a eficácia dos sistemas educativos, mas visando agora, sobretudo, preparar homens que respondessem às novas necessidades económicas. É nesta altura que surge o ensino escolar obrigatório e o ensino técnico (Teodoro,1982).

A educação como ciência humana, tal como hoje é entendida, deve-se em grande medida à sistematização de Herbart<sup>3</sup>, ainda no séc. XIX e aos protagonistas das Escolas

---

<sup>2</sup> Refere-se Anton Semionovic Makarenko (1888-1939), o mais famoso pedagogo da Rússia Soviética. A partir da revolução socialista transformou as escolas em sentido socialista, tornando extensivo a elas o carácter colectivista e produtivo da nova sociedade (Abbagnano e Visalberghi, 1982).

<sup>3</sup> Afirma Herbart: “Existe efectivamente fora de nós uma quantidade de entes, cuja natureza simples e própria é desconhecida, mas sobre cujas condições internas e externas nós podemos adquirir uma soma de conhecimentos que pode aumentar até ao infinito”(Abbagnano e Visalberghi, 1981, p.839).

Novas<sup>4</sup>, já no séc. XX. Estas procuraram divulgar um novo paradigma para a educação, que encara o “aluno na sua globalidade, e não apenas numa perspectiva intelectual e propõem, também, uma nova metodologia, em que o ensino centrado no professor dá lugar a um ensino em que o aprendiz é o fulcro de toda a aprendizagem” (Valadares e Costa Pereira, 1991, p. 31). É a chamada pedagogia progressista, caracterizada por colocar o aluno no centro das preocupações pedagógicas e chamar a atenção para as disposições do educando nos vários períodos do seu crescimento. Esta pedagogia destacou a importância do interesse espontâneo e da iniciativa do aluno.

Entre as técnicas que obedecem a tais ideias, contam-se os métodos de Montessori<sup>5</sup> (1907) e de Decroly<sup>6</sup> (1907), o Dalton Plan (1920), realizado nos Estados Unidos por Miss Helen Parkhurst<sup>7</sup>, o processo de trabalho por equipas, fundado em 1920 pelo educador francês Roger Cousinet, o “sistema de projectos”, lançado em 1918 por Kilpatrick, as cooperativas escolares, etc.<sup>8</sup>.

A escola pretende oferecer aos alunos um contacto activo com os diversos conhecimentos e técnicas. Deseja, também, que eles contribuam, por si próprios, para o seu desenvolvimento pessoal. Para isso, a escola confere aos educandos uma margem necessária de liberdade e tem em conta o seu perfil psicológico em cada fase da evolução etária.

Um dos inspiradores da educação contemporânea, John Dewey (1859-1952), lançou o preceito “learning by doing” (Abbagnano e Visalberghi, 1982). O seu método partia do próprio aluno, dos seus interesses e da sua espontaneidade. Um dos grandes

---

<sup>4</sup> Entre outros, refere-se Lev Tolstói (1829-1910), Cecil Reddie (1858-1932), Haden Badley, discípulo de Reddie (Abbagnano e Visalberghi, 1982).

<sup>5</sup> O método de Montessori além de assumir para seu próprio fundamento orientações filosóficas ou genéricas “visões do mundo”, apoia-se essencialmente sobre o novo conhecimento do homem e da criança que é fornecido pela ciência, sobretudo pela psiquiatria e psicologia.

<sup>6</sup> No método de Decroly agrupam-se os conhecimentos a transmitir, em torno de centros de interesse. Este pedagogo distribuiu os conhecimentos segundo os grandes problemas que interessam ao aluno e que correspondem aos grandes esforços criadores da humanidade.

<sup>7</sup> No plano Dalton, cada aluno realiza independentemente a série de trabalhos que lhe são marcados, e que ele à partida conhece, às horas e ao ritmo que mais lhe convém. Os princípios de tal plano são: 1. Liberdade; 2. Comunidade de vida e colaboração; 3. Esforço individual para o logro dos fins propostos.

<sup>8</sup> Cfr. Entrada “Educação”, na Grande Enciclopédia Portuguesa e Brasileira, Vol. IX, Editorial Enciclopédia, Ltda., Lisboa – Rio de Janeiro.

pioneiros da nova educação, Pierre Bovet, consagrou, em 1917, a expressão “Escola Activa”, que pressupõe uma atitude inteiramente nova no educador e uma nova concepção arquitectónica do próprio ambiente escolar (Abbagnano e Visalberghi, 1982).

Por outro lado, ao mesmo tempo que a educação se ia fundamentando, cada vez mais, na actividade da criança, foram aparecendo realizações pedagógicas cujo objectivo era adaptar a instrução aos diferentes tipos de alunos. “Mais do que debitar a matéria, muitas vezes sem dar ao aluno as condições de a apreender, o professor passou a promover a actividade e a participação dos seus alunos, de modo a que cada um deles pudesse aprender por si, ao seu ritmo próprio, de um modo empreendedor e criativo” (Valadares e Costa Pereira, 1991, p. 32).

O professor deveria empenhar-se em proporcionar centros de interesse que motivassem os alunos e os conduzissem à procura do saber e da realização pessoal.

Chega-se, assim, aos nossos dias, em que o aluno passa a desempenhar um papel central em todo o processo do ensino, tornando-se, como já se disse, o elemento *estruturador e estruturante* do mesmo (Valadares e Costa Pereira, 1991).

Evidentemente, nem todas as tentativas destinadas a alcançar este objectivo produziram efeitos positivos no processo do ensino-aprendizagem. É certo mesmo que algumas delas podem ser apontadas como responsáveis por parte do insucesso escolar que se tornou muito preocupante nalguns países, um dos quais é Portugal.

Infelizmente, as Ciências da Educação ainda não se desenvolveram quanto seria desejável para investigar a fundo todos os processos cognitivos e otimizar, assim, as capacidades intelectuais dos alunos e a rentabilização do ensino. Contudo, o notável desenvolvimento que estas ciências têm conhecido nos tempos mais recentes muito contribuiu já para o aperfeiçoamento dos métodos de ensino, a partir das experiências feitas (Slootmaekers, 1978), com todos os seus êxitos e fracassos<sup>9</sup>.

---

<sup>9</sup> Nos Estados Unidos, a Chemical Bond Approach Project (Chemical Bond Approach Project, 1966) e o Chemical Education Material Study Project, (Chemical Education Material Study Project, 1966) e, na Inglaterra, a Nuffield-Chemistry (Nuffield Foundation, 1969).

## 2. UMA INDISPENSÁVEL “REVISÃO” EPISTEMOLÓGICA

### 2. 1. Introdução

Estudos feitos em muitos países europeus detectaram uma generalizada aversão ao estudo da ciência por parte dos alunos do ensino secundário. Este fenómeno resulta, em grande parte, do facto de os currículos escolares abordarem assuntos abstractos, que pouco interessam os alunos (Slootmaekers, 1978). A informação científica tem sido, com efeito, apresentada de forma dissociada do contexto do seu uso diário, no qual ela se pode tornar evidente para os jovens. Os tópicos são apresentados ainda quando os programas os exigem, e não quando os alunos estão especialmente interessados, ou “prontos” para aprender a seu respeito (Lepper e Hodell, 1989). A ciência é ensinada separadamente da investigação e das actividades curriculares dentro da própria escola, tais como a história, a arte, a música e a literatura. É ainda de referir que as reformas curriculares dos anos 60 e 70 contribuíram para isolar a ciência escolar do seu contexto sócio-profissional, privando-a de grande parte das referências à tecnologia, que não estavam ausentes nos currículos anteriores. No entanto, o enorme desenvolvimento da sociedade na última década fez surgir novas necessidades que têm obrigado os responsáveis pela Educação a elaborar novos currículos escolares. Tais currículos inspiram-se, com maior ou menor acerto ou sucesso, em orientações filosóficas e epistemológicas diferentes das que dominaram nos últimos trezentos anos. Segundo Aikenhead (1985) “um currículo de ciências orientado para um racionalismo académico, dando somente relevância às dimensões substantiva e sintática da ciência, não se mostra adequado às modernas sociedades democráticas e tecnologicamente desenvolvidas” (Aikenhead (1985) *in* Freire, 1993, p.43). Para Fernandes (1997), os currículos deverão ser construídos em função das exigências dos indivíduos e das comunidades, de modo a formar os alunos não só para a vida e para as necessidades do seu país, mas, também, para os tornar participativos e verdadeiramente interessados na resolução dos problemas mundiais. Os currículos deverão não só conduzir os educandos ao desenvolvimento de valores intelectuais e culturais, mas também fazer com que eles aprendam a aprender, a estudar, a investigar, e a desenvolver capacidades que

gerem sentimentos de estabilidade, de segurança, de auto-estima e auto-confiança, de respeito por si mesmos, em suma, que contribuam para o desenvolvimento e formação de personalidades equilibradas. Estas qualidades, entre outras, que se pretende que os educandos adquiram, são fundamentais para o sucesso individual, profissional e social dos alunos. “Um ensino eficaz será aquele que inclui entre os seus objectivos o de ensinar aos alunos como aprender, recordar e pensar e até como se motivarem” (Faria, A. et all, 1994, p.9).

Ver-se-á, em seguida, como estes problemas foram analisados e resolvidos por várias correntes, nos últimos tempos. Estas correntes tiveram o mérito de desenvolver, extraordinariamente, através de rigorosas pesquisas e estudos, a Didáctica das Ciências, que nos últimos anos passou de uma mera ciência auxiliar para uma disciplina fundamental, articulada e coerente, com a sua própria epistemologia, que, entretanto, evoluiu de uma fase positivista para uma construtivista (Alarcão, 2001).

## **2. 2. A necessidade de colocar a ciência ao serviço do homem e da vida**

A história contemporânea da pedagogia e da filosofia das ciências, revela-nos a existência de uma enorme sequência de estudos e de descobertas que pleiteiam a necessidade de repensar os próprios métodos de produção e de validação dos conhecimentos.

Com efeito, o “triumfalismo cientista tão frequente entre os técnicos” (Delattre, 1971, p. 11), orgulhosos dos seus êxitos — que permitiram ao homem caminhar sobre a Lua, ou fazer descer a sonda Vicking em Marte, levando as primeiras imagens da superfície do planeta vermelho a muitos milhões de telespectadores — não esconde os problemas cada vez mais graves com que se debate a humanidade. Da amarga vida nas grandes metrópoles, ou da poluição que destrói o planeta, até às injustiças clamorosas, à criminalidade juvenil e às drogas, os desafios cruciantes de hoje levam muita gente a perceber que existe um contraste, cada vez mais evidente e impossível de dissimular, entre uma ciência pletórica dos seus êxitos e a estagnação do pensamento científico face aos grandes problemas actuais.

Perante essa situação, muitos autores começam a questionar-se se estamos diante de uma demissão da inteligência, ou se, pelo contrário, o que devemos é “pôr em questão o próprio método, que há três séculos se afirma no Ocidente” (Le Moigne, 1996, p. 38), ou seja, se estamos perante a “falência do discurso cartesiano” (Id., p. 37).

“A revolução cartesiana cometeu o erro crucial, absoluto e analítico de conferir, sem justificação, um estatuto ontológico privilegiado às entidades (ou às substâncias, ou aos objectos) à custa das suas relações, dos seus atributos, dos seus acidentes” (Wilden, 1972, p. 215, in Le Moigne, 1996, p. 78). E não só. Ao desligar a razão de toda e qualquer referência metafísica e ao confiar num progresso indefinido da ciência, capaz de trazer a felicidade e uma prosperidade indefinida à humanidade inteira, acabou por desligar a ciência da vida e por voltá-la contra o próprio homem.

Le Moigne, entre outros muitos autores que procuraram alternativas ao discurso cartesiano-positivista, propõe um novo paradigma epistemológico, através da sua Teoria do Sistema Geral, construída em torno da dialéctica do Ser, do Fazer e do Devir que considera como “o abre-te sésamo da representação, senão mesmo do conhecimento do objecto”. Assim, para este autor, a “definição de um objecto faz-se por triangulação: pondera uma definição funcional (o que o objecto faz), uma definição ontológica (o que o objecto é) e uma definição genética (o que o objecto devém)” (Le Moigne, 1996, p. 80).

Todos os objectos possuem uma vida própria e a espécie à qual pertencem tem uma longa história. Assim, para Bruter, “os acontecimentos modelam com o tempo o objecto, o rumo da sua evolução. Conhecer verdadeiramente o objecto é, antes de mais, ter discernido os segredos da sua história, da linhagem de que é ao mesmo tempo o resultado e uma projecção” (Bruter, 1976, pp. 17-18).

Voltando-se, agora, para o caso particular da química, não é difícil perceber que esta se tornou sem dúvida, uma das áreas do saber que mais sofreu com a pedagogia racionalista-positivista. Enquanto no século XIX o positivismo foi um auxiliar decisivo para a constituição da química como ciência académica, ao longo do século XX esse mesmo positivismo contribuiu para que a química se tornasse numa das disciplinas mais odiadas pelos alunos. E porquê? “Se existe uma ciência experimental por excelência, essa ciência é a química — afirma Jean-Michel Lefour, e prossegue — Como se explica, pois, que no nosso país (a França) o seu ensino se tenha tornado essencialmente teórico? (...)”

Mais do que qualquer outra ciência, a química sofreu duma singularidade característica do ensino científico em França: a sacralização das teorias. No país de Descartes e de Augusto Comte, além de se preferir o raciocínio dedutivo ao indutivo, tende-se a só considerar rigorosas e dignas de interesse as ciências susceptíveis de uma modelização matemática. O resultado foi catastrófico para a química. O seu ensino perverteu-se a tal ponto que ele pode tender a ficar circunscrito aos aspectos formais desta disciplina, aqueles que podem desembocar em “problemas”. Ora, estes, muito afastados da existência quotidiana, só servem para utilizar noções que foram ensinadas para servirem a si próprias (...) Esquece-se muitas vezes que, tratando-se de uma ciência experimental, um dos objectivos primordiais do seu ensino deve ser o de fazer adquirir alguns dos métodos próprios ao pensamento científico: observação, análise, medida, construção e validação de hipóteses, experimentação, modelização, teorização”. Por outro lado, acrescenta o mesmo autor, é preciso que o aluno compreenda para que podem servir as noções e os modelos teóricos dentro dos respectivos contextos. “É preciso, pois, que os modelos teóricos estejam ligados às questões que os fizeram surgir e às situações que continuam hoje a torná-los pertinentes e fecundos” (Lefour, 1992, pp. 90-92).

“A Química do futuro —diz neste sentido Raquel Gonçalves— tem, pois, de se constituir como uma ciência que saiba utilizar a balança para, em cada instante, pesar os interesses do saber científico a favor dos interesses da vida. A complexidade de semelhante tarefa exige, sem dúvida, um reforço do diálogo química-filosofia, uma reflexão mútua e ponderada, uma interrogação permanente sobre o significado existencial da actividade desta ciência” (Gonçalves, 1996, p. 79).

### **2. 3. O paradigma cartesiano-positivista**

Abordada, assim, brevemente, a grande questão epistemológica que condiciona a fundo o ensino contemporâneo das ciências, não se pretende entrar agora na análise da “sucessão dos paradigmas científicos”, a partir do paradigma positivista de Comte, proposta pelo historiador das ciências T. S. Khun (Khun, 1971). Deseja-se, apenas, descrever, muito resumidamente, o paradigma cartesiano-positivista, cujo importância no

pensamento ocidental torna indispensável o seu conhecimento para analisar e julgar os métodos pedagógicos até agora em vigor, permitindo ao mesmo tempo compreender as correntes epistemológicas mais actualizadas.

O **positivismo** clássico não reconhecia outra realidade para além da que nos é revelada através dos factos sensíveis. Negava-se, conseqüentemente, a pesquisar outra coisa que não fossem as relações entre esses mesmos factos, que eram entendidos “como marcos *neutros* que, invariavelmente, precedem a construção de conceitos científicos” (Cachapuz, 1992, p. 15). A escola positivista considerava, ainda, “que o conhecimento desses factos só é fecundo desde que elaborado segundo regras e sequências de passos de um método próprio – *método científico* – e é da aplicação dessas regras que depende a fase considerada a mais importante desse método: a observação. Para não falsear tal observação, estas (epistemologias empiristas) dedicavam-se à enunciação de um conjunto de regras de observação precisas e fixas” (Santos, 1989, p. 15).

Pela sua forte postura antimetafísica, o positivismo procurou evitar questões como o *quê*, o *porquê* ou o *para quê* do conhecimento, tentando explicar o *como*, através da verificação das chamadas proposições “empíricas”. A partir deste ponto de vista, o trabalho científico traduzia-se numa aproximação dessa realidade que está “ali fora”, e em descobrir a “verdade” que tal realidade encerra (Minguet et al, 1998). Para esta teoria epistemológica a validação dos conhecimentos resolve-se ao afirmar que a verdade é o que corresponde a essa realidade exterior, a realidade dos factos. Estabelecia-se, então, uma relação de correspondência entre o conhecimento e a realidade, como condição, *sine qua non*, para se poder falar do “verdadeiro” ou do “objectivo”, ao sustentar que o conhecimento verdadeiro é universal e mantém uma relação biunívoca com o modo pelo qual o mundo funciona, na realidade. A “verdade” resulta do acordo entre o pensamento —o conhecimento ou as proposições linguísticas— por um lado, e a realidade dos factos, por outro.

Esta tendência filosófica tem a sua concretização no ensino, como descreve Novak: “com o desenvolvimento do ensino secundário nas escolas e universidades, nos finais do séc. XIX, os manuais científicos reforçaram a tese de que a ciência é baseada na observação fidedigna e que, com o decorrer do tempo, a pesquisa científica conduz à *verdade* acerca da natureza” (Novak, 1982 a, p. 3).

O que aqui mais interessa, ao analisar esta escola de matriz positivista, é que os modelos de aprendizagem conceptual se centravam nos conhecimentos que o professor transmitia, sem se preocupar com a natureza e origem do conhecimento que o aluno já possui. A aprendizagem traduzia-se na mera transferência de informação de quem sabe para quem não sabe, sendo os conceitos adicionados através de uma progressiva justaposição de informação e de aquisições sucessivas de conhecimentos (Santos, 1991).

A estes modelos estava subjacente uma teoria da aprendizagem, segundo a qual o conhecimento cresce por acumulação de informação recebida, sendo esta da mesma natureza da informação transmitida. Assim, o problema central de tais modelos que, genericamente, se podem designar como modelos de aquisição conceptual, traduz-se em levar o aluno a adquirir conceitos. Segundo esta perspectiva, pode chegar-se a dizer que “os alunos são reduzidos a *coisas* e a eficácia do ensino é comparada à da linha de montagem de uma indústria” (Alvarez Méndez, 1985, p. 36).

Este modo de encarar a ciência e o seu ensino-aprendizagem marcou profundamente os meios académicos ocidentais, e não só. De tal modo que, ainda hoje, continua muito generalizado, quando não dominante, reflectindo-se em numerosos manuais e obras de referência e principalmente nas mentalidades de incontáveis pessoas, até mesmo entre os cientistas. Refere Ana Freire (1993) a necessidade de uma profunda mudança pedagógica que leve a “substituir o ensino tradicional, baseado no uso exclusivo de livros de texto e na palavra do professor, cujo papel primordial se centrava na transmissão de conhecimentos que deveriam ser memorizados e repetidos, por um ensino mais activo” (Freire, 1993, pp. 38,39). Isto porque, acrescenta no mesmo sentido Alvarez Méndez (1985), “nós (os professores) não lidamos com coisas (os alunos) mas sim com sujeitos que aprendem de uma forma dinâmica, criativa e divergente (se os deixarmos), pois cada um segue caminhos diferentes e distintos na procura da verdade” (Alvarez Méndez, 1985, p. 36). Por conseguinte, atendendo a que os alunos não são uma *tábua rasa*, mas que já trazem para as aulas de ciências conhecimentos do mundo e dos fenómenos naturais, conhecimentos esses que influenciam as observações e interpretações que fazem, deve ter-se em consideração as ideias dos alunos acerca do mundo que os rodeia (Driver e Oldham, 1986), e deve procurar-se levá-los a fazerem generalizações, com base num determinado número de observações.

## 2. 4. O paradigma construtivista

Como alternativa ao pensamento positivista, que se sustenta numa teoria do conhecimento que não reconhece outra realidade que não sejam os factos, e que se nega a pesquisar outra coisa que não sejam as relações entre os factos, considerando a “realidade imutável independente do sujeito” (Hernández Aristu, 1991, p. 99) surgiram numerosas explicações alternativas, a partir de diferentes pontos de vista, mas convergindo sempre no discurso sobre a ciência e o conhecimento.

Giordan e Vecchi (1985) mencionam o construtivismo como a base epistemológica que constitui a principal alternativa à tradição positivista. Como teoria do conhecimento, que já é muito antiga, mas que se tem imposto nos últimos tempos, o construtivismo afasta-se do modelo cognoscitivo do positivismo até chegar, nalguns casos, a formulações extremas que negam a existência de uma realidade objectiva, diferente do próprio sujeito. Nas suas correntes moderadas, e que hoje são mais seguidas, o construtivismo não nega a existência de uma realidade objectiva mas enfatiza o papel activo do sujeito na construção do conhecimento.

Esta corrente construtivista sustenta que existe um mundo real (posição realista que se opõe à idealista), cujo significado não existe independentemente de nós, mas é por nós imposto, partindo, assim, do princípio de que, tanto os indivíduos como os grupos de indivíduos, constróem ideias a respeito do funcionamento do mundo (Novak, 1988).

O construtivismo moderado de inspiração psicológica não se centra naquilo que conhecemos, mas sim na questão do modo como adquirimos conhecimentos; ou seja, a pergunta que se faz ao homem não é se a realidade existe ou não, mas o que pode fazer com ela. “A partir desta formulação estabelece-se uma distinção conceptual entre dois tipos de realidade: uma realidade objectiva, circunscrita às propriedades inerentes às coisas ou aos objectos, cujo conhecimento é susceptível de falsificação (...), e uma múltipla realidade subjectiva propiciada pela agregação de valores a tais coisas ou pela significação perceptiva que os sujeitos dão a estas coisas ao referirem-se —comunicarem-se— com elas” (Watchlawick, 1988, p. 149).

“Justamente, o funcionamento da educação como um processo de comunicação humana significa que na inter-relação com influência mútua que se estabelece entre os

sujeitos na dinâmica comunicativa surgem conceitos ou formas de perceber a realidade não somente novas, mas também diferentes, em virtude da função semântica e pragmática das mensagens” (Minguet, 1988, p. 17). A doutrina construtivista condena “a perspectiva da escola como transmissora passiva do saber” (Valadares e Costa Pereira, 1991, p.49), valorizando a ideia de uma acção educativa, apoiada em tecnologias adequadas, a promover o desenvolvimento da actividade mental do sujeito nos âmbitos cognitivo, afectivo e comportamental e, através de decisões pedagógicas adequadas criando todo um conjunto de condições e situações que facilitem, a uma determinada pessoa, a construção do seu próprio conhecimento. “A partir deste enfoque moderado do construtivismo, admite-se, então, a existência de uma realidade objectiva; porém, o sujeito tem que construir o conhecimento que o aproxime de tal realidade, processo de construção que requer a interacção do sujeito com o meio — realidade, mundo — e através desta relação, o sujeito organiza o conhecimento desse meio” (Minguet, 1988, p. 17).

A partir desta perspectiva construtivista, a “finalidade última da intervenção pedagógica é contribuir para que o aluno desenvolva as capacidades de realizar aprendizagens significativas por si mesmo (...) e que aprenda a aprender” (Coll, 1990, p. 179) e a pensar. A instrução não se deve centrar em transmitir conhecimentos ou mesmo planos ao aprendiz, mas sim em desenvolver as capacidades do aluno para construir e reconstruir os seus planos em resposta a situações e oportunidades (Valadares e Costa Pereira, 1991). Para esta corrente a “mente não se reduz a uma *caixa negra* que, recebendo informação e estímulos do exterior, reage fornecendo comportamentos observáveis. (...) O que interessa é o que se passa no interior dessa *caixa negra*: as suas estruturas internas, os seus mecanismos de funcionamento” (Cachapuz, 1992, p.24). Com efeito, as representações não estão armazenadas na cabeça, prontas a serem usadas directamente nas situações, mas são construídas “in situ” a partir de modelos mentais flexíveis evocados pelo contexto (Valadares e Costa Pereira, 1991).

Esta viragem epistemológica, relativamente ao ensino das ciências e à sua aprendizagem, que passa a centrar-se na necessidade de considerar a perspectiva do aluno, desenvolveu-se, sobretudo, a partir da década de 70, embora, já 20 anos antes, George Kelly (Kelly, 1955) tivesse exposto as linhas fundamentais desta nova corrente (Solomon, 1994 c).

### 3. OS DESAFIOS DA EDUCAÇÃO CIENTÍFICA

#### 3. 1. As grandes questões que condicionam as estratégias para o ensino das ciências

A sociedade contemporânea vê-se, cada vez mais, confrontada com a necessidade de técnicos e trabalhadores cientificamente qualificados, que sejam capazes de compreender e acompanhar o desenvolvimento das ciências exactas. A educação ocupa um lugar de destaque no seu desenvolvimento, mas o reconhecimento generalizado desse facto coincide, igualmente, com o agravamento patente da *crise mundial dos sistemas educativos*, para usar a expressão utilizada por Michel Godet (Godet, 1988).

A propósito da universalidade destes dois fenómenos — que são constantemente detectados e descritos nos relatórios internacionais sobre educação — escreve este autor: “espantamo-nos pela similitude das evoluções constatadas e dos problemas postos nos diferentes países, não obstante a diversidade dos sistemas educativos considerados” (Godet, in Teodoro, 1994, p.20). Um dos pontos de convergência das opiniões consignadas nesses relatórios consiste, efectivamente, na crise de identidade dos professores. Estes viram, com efeito, o seu estatuto social degradar-se, as suas competências serem relativizadas e postas em causa. Como é evidente, esta situação não pode deixar de ter um profundo impacto em toda a conjuntura do ensino, já que a motivação do professor — e a este ponto voltar-se-á mais adiante — tem um papel tão ou mais importante do que a motivação do aluno, se se pretende alcançar um sucesso escolar efectivo. E não é difícil perceber que a crise de identidade dos professores não favorece a motivação, nem dos professores nem dos próprios alunos.

Com efeito, nos países mais desenvolvidos, cada indivíduo em particular é cada vez mais solicitado a incrementar as suas competências científicas e técnicas que o habilitem a conceptualizar com facilidade as situações, resolver adequadamente os problemas e procurar soluções inovadoras. Perante o ritmo rápido e constante da desactualização do saber, provocada pela aparição de novos conhecimentos científicos e técnicos, exige-se, em todos os níveis de trabalho, uma grande capacidade de análise, de

organização, de planeamento, de síntese, de avaliação e de controlo dos processos e dos produtos. Reconhece-se, assim, que as transformações da actualidade exigem, sobretudo, uma enorme mobilidade intelectual, que permita a apropriação e reconversão dinâmica dos conhecimentos e a resolução de problemas complexos (Salema, 1997).

A educação, o sistema educativo e os respectivos métodos assumem, pois, uma importância crescente, não apenas para as pessoas consideradas individualmente, mas também para o conjunto da sociedade. Esta tem uma necessidade urgente de cidadãos que, a todos os níveis, disponham de ferramentas intelectuais operativas.

Infelizmente, o ensino, encarado no seu conjunto, não tem sido capaz de responder plenamente aos desafios e exigências do mundo contemporâneo, conduzindo, muitas vezes, a fenómenos de desmotivação e fracasso escolar. Ora, não é com uma juventude desmoralizada e frustrada que se constrói uma sociedade viável (Barth, 1987).

\* \* \*

Ao analisar as dificuldades pedagógicas e o correspondente desapontamento da população escolar, Barth (1987) aponta, como principais causas do insucesso escolar, a ausência de métodos intelectuais adequados e rigorosos, correspondentes a práticas pedagógicas idóneas. Este autor afirma que estamos perante um importante desfazamento entre as capacidades intelectuais que a sociedade exige e aquelas que a escola consegue desenvolver.

Este desfazamento deve-se, em parte, às alterações das perspectivas da sociedade em relação à escola. Segundo Teodoro (1982) — que igualmente põe em destaque o desajustamento do sistema educativo perante as necessidades do desenvolvimento económico e social — um dos aspectos mais importantes deste desfazamento decorre da incapacidade de proporcionar aos jovens (tanto aos que frequentam o sistema até ao 11º ou 12º ano, como aos que abandonam a escola antes da sua conclusão) uma formação profissional adequada à respectiva inserção no mundo do trabalho.

Por outro lado, o sistema escolar não deve limitar-se a transmitir conhecimentos considerados essenciais e a desenvolver as técnicas de base. O pleno desenvolvimento intelectual do indivíduo exige que o “leque dos modos de expressão dos meios de cultura seja o mais largo possível (...) de forma a suscitar a apreciação estética, a desenvolver a

afectividade, a despertar a criatividade, a iniciar para a participação e para a prática das diversas culturas, abordadas numa perspectiva interdisciplinar” (Teodoro, 1982, p.39).

O progresso vertiginoso das ciências e das técnicas torna rapidamente ultrapassados certos conhecimentos. Este facto põe em causa a pertinência dos programas, pelo aparecimento de resultados novos e, sobretudo, obriga a repor em questão as atitudes mentais que dominaram a compreensão dos fenómenos. Uma compreensão científica do mundo e uma preparação para a utilização das ciências de base, instrumento indispensável do verdadeiro pensamento científico, são exigências particularmente significativas para a educação. O mais importante para a escola não deve ser que os alunos adquiram informação, mas que saibam reflectir sobre ela e aprendam a processar e estruturar essa mesma informação, com o fim de a utilizar posteriormente (Serafini, 1991).

### 3. 2. Os desafios da “escola paralela”

Particularmente delicados para quem elabora os programas escolares são os problemas suscitados pela existência dessa outra «escola» oferecida pelos *mass media*. Assiste-se hoje, com efeito, a uma competição entre a educação pela escola e a educação pelos meios de comunicação social, que alguns denominam “escola paralela”.

A instituição escolar fundamenta a sua acção em valores de ordem e método, em programas didácticos que apelam para o esforço contínuo e para a concentração pessoal.

Por seu turno, a comunicação social privilegia, geralmente, a actualidade, pondo o acento tónico no que é imediato e transitório. Esta característica leva muitas vezes a relegar para segundo plano o que é duradouro e perene. Exalta-se, frequentemente, assim, uma postura medíocre, fácil e desinteressada, para não falar de outros aspectos preocupantes como poderá ser o da promoção da violência ou da falta de civismo. Em face desta situação, a instituição escolar não a deve ignorar nem opor-se-lhe directamente, mas deve ter, entre as suas funções essenciais, a de ajudar os jovens a ordenar as informações difundidas, aprendendo a escolher o essencial, a identificar os elementos positivos e a articular os factos salientes, tornando, em síntese, a escola, o local onde se aprende a fazer a crítica construtiva de todas as informações recolhidas através dos *media*, ou provenientes

de outras fontes. Numa palavra, a escola tradicional não deve opor-se directamente à escola paralela mas deve complementar e coordenar os seus aspectos positivos, criticando os seus lados negativos.

### **3. 3. Os desafios da mudança da sociedade**

Um outro fenómeno a ter em conta foi “a passagem de um ensino de elite para um ensino de massas, na tentativa de combater o analfabetismo e democratizar o ensino, originando o alargamento da escolaridade obrigatória e o aumento brusco dos alunos. Neste contexto, a escola deixou de ser reclamada como um direito, uma garantia de ascensão social e económica, passando a ser encarada por muitos alunos como um dever, uma imposição, contribuindo para as situações de desinteresse (apatia) e de indisciplina (agressividade) que ocorrem nas escolas”(Jesus, 2000, p.5).

Assim, um desafio importante para quem elabora os programas escolares, passa igualmente pelo da democratização do ensino e a massificação que acarreta. E não é pequeno tal desafio, já que ao procurar, louvavelmente, generalizar o ensino a toda a população corre-se o sério risco de o degradar, se não houver cuidados especiais na elaboração dos conteúdos curriculares de forma a corresponder a esta nova realidade.

Por outro lado, a visão do ensino que inspira os conteúdos não é eficiente para um ensino de massas a competir ou pelo menos a orquestrar com a “escola paralela”. Também é inquestionável que o progresso qualitativo do ensino torna necessária uma estratégia educativa voltada para a formação global do indivíduo, sujeito autónomo e responsável, interveniente e produtor. A educação deve, pois, procurar, permanentemente, desenvolver a personalidade dos alunos em todas as suas vertentes, num árduo equilíbrio entre a qualidade e a quantidade, de modo a formar cidadãos capazes de intervir validamente nas grandes decisões a serem tomadas pelas sociedades.

Além disso, o mundo de hoje enfrenta um rápido processo de aproximação entre os povos, muito facilitado pelas novas tecnologias e redes de comunicações, a que se tem dado o nome de globalização. Tal aproximação, que em muitos campos suscita grandes

esperanças, também não deixa de levantar grandes perplexidades, para quem se debruça com atenção sobre certas consequências sócio-económicas, políticas, culturais e outras, que o dito processo vai desencadeando. O facto é que o fenómeno da globalização originou uma profunda e irreversível mudança em todo o planeta. Tal mudança tem sido considerada como a passagem da sociedade industrial para a sociedade de informação. Mas esta nova sociedade que está a nascer apresenta-se, como tudo o que é novo, repleta de incógnitas, já que se vislumbram novas estruturas, disciplinas e valores completamente distintos dos anteriores. A escola não pode permanecer, obviamente, de costas voltadas para esse fenómeno.

### **3. 4. Importância da motivação**

É comum encontrar na literatura científica sobre o sucesso/insucesso escolar, a constatação de que o aluno não aprende ou aprende mal porque não está motivado (Faria et all., 1994). No entanto, a verdade é que toda a gente está motivada. “O problema não está tanto na falta de motivação dos estudantes; o problema é que eles não estão motivados para fazer aquilo que nós queremos que eles façam” (Herron, 1996, p.241).

Daí, a necessidade dos novos programas serem elaborados no sentido de preparar os alunos, não só para a vida e para as necessidades da sociedade, mas também de modo a sensibilizá-los e formá-los para enfrentarem os reais problemas pessoais, sociais ou colectivos (Fernandes, 1997).

A actualização dos programas deve, pois, ser encarada como um processo contínuo que tenha em vista a motivação do aluno para a aprendizagem.

Na realidade, a motivação do aluno desempenha um papel fundamental nas actividades de aprendizagem. “Os professores experientes conhecem a importância da motivação e sabem que ela é uma das forças importantes que orientam as acções dos alunos” (Arends, 1995, p.122). Como dizem Valadares e Costa Pereira (1991, p. 161), “um aluno motivado para aprender é um aluno predisposto para mais facilmente aprender”.

No entanto, muitas vezes é difícil descobrir as estratégias adequadas para aumentar o nível de motivação dos alunos, já que, cada um individualmente, é motivado por factores

diferentes, pois como refere Lee e Brophy (1996): “a motivação é a função de muitos factores, como sejam, os conceitos curriculares, os materiais utilizados, os programas educacionais, as tarefas académicas, os professores e os próprios alunos” (Lee e Brophy, 1996, p. 316). Os resultados de estudos feitos (Deci, 1975, Deci e Ryan, 1985, Jesus, 2000) revelam a existência de fortes relações entre a motivação e as capacidades cognitivas, o ambiente da sala de aula, o ambiente familiar, a metodologia utilizada, etc. Quando são valorizadas as aptidões individuais, os alunos tendem a utilizar processos cognitivos superficiais, procurando mostrar que são melhores que os outros e escondendo os seus pontos fracos. Quando se valoriza a aprendizagem em si, eles tendem a utilizar estratégias mentais mais profundas, valorizam as suas aptidões e a própria ciência e desenvolvem elevadas expectativas relativamente ao seu futuro (Anderman e Young, 1994).

### **3. 4. 1. Pesquisas sobre a motivação**

As primeiras pesquisas quantitativas sobre a motivação, realizadas, entre outros, por Clark Hull e Edward Tolman (investigadores dos anos 40-50), terão aparecido no quadro das teorias behavioristas. Estas teorias consideravam que a essência do processo ensino-aprendizagem estava na relação directa estímulo (proveniente do ambiente) – resposta (comportamento do sujeito perante o estímulo).

Segundo Lieury e Fenouillet (1997), “Hull apercebeu-se rapidamente (...) da necessidade de associar a motivação à aprendizagem” (Lieury e Fenouillet, 1997, p. 20). Este investigador, a partir das experiências realizadas com ratos de laboratório, constatou que estes só trabalhavam quando estavam com fome, e sobretudo, se fossem recompensados. Propôs então uma fórmula para explicar o comportamento, que dependia do hábito, ou seja, do nível de aprendizagem anterior e do “móbil”, ou motivação, sendo esta, simplesmente fisiológica e não mental.

No entanto Tolman (Lieury e Fenouillet, 1997), baseando-se na experiência da aprendizagem latente<sup>10</sup>, conclui que o incentivo teria mais influência sobre o desempenho do que a própria aprendizagem uma vez que, na ausência de incentivo, a memória não faz a selecção das informações úteis aí gravadas.

Ao fenómeno de aprendizagem latente é necessário associar a curiosidade, a qual foi evidenciada por experiências com macacos<sup>11</sup>. Nestas experiências a recompensa não era dada pela comida, como à maneira behaviorista, mas sim por uma estimulação cognitiva.

Harry Harlow (Csikszentmihalyi e Nakamura, 1989; Lieury e Fenouillet, 1997) fala de uma motivação cognitiva, baseando-se em trabalhos realizados com macacos: estes, na ausência de qualquer recompensa, prolongavam por um longo período de tempo certos jogos (puzzles) apenas pela actividade em si. Refere ainda que o cérebro não desencadeia apenas estímulos, embora necessite deles para regular a sua própria actividade, atribuindo a necessidade de curiosidade e de manipulação, talvez, das exigências de origem biológica. Conclui, também, que a necessidade de curiosidade não sofre redução, contrapondo as motivações de exploração às necessidades fisiológicas, defendidas pelos postulados behavioristas.

### 3. 4. 2. Motivação intrínseca e extrínseca

A curiosidade é, bem cedo, evidenciada pelas crianças. Estas revelam uma intensa vontade, atraída pela curiosidade, de explorar e conhecer o seu meio envolvente. Como refere James Raffini “raramente se encontram pais a queixarem-se de que o seu filho, na idade pré-escolar, não está motivado para aprender”(Raffini, 1993 in Lumsden, 1994, p.1).

---

<sup>10</sup> Uma das experiências da aprendizagem latente consiste em comparar o incentivo de três grupos de ratos num labirinto: um deles é sempre incentivado por um pedaço de queijo no fim do dia, um outro grupo nunca é incentivado e o terceiro só o é ao fim do 11º dia. No final da experiência, verifica-se que o grupo incentivado a partir do 11º dia torna-se, ao fim de 2 ou 3 dias, tão bom como aquele que é incentivado todos os dias (Lieury e Fenouillet, 1997, p.27).

<sup>11</sup> Numa jaula fechada com macacos, cada um tem que aprender a discriminar um cartão azul de um cartão amarelo. Quando ele carrega no cartão certo, a recompensa é a abertura de uma janela com vista, por exemplo, para um comboio eléctrico (Lieury e Fenouillet, 1997, p.28).

Jere Brophy (Brophy, 1987, in Lumsden, 1994) considera que a motivação da criança para a aprendizagem é uma aptidão adquirida a partir da experiência comum, sendo estimulada pela criação de modelos e expectativas ou pela socialização feita pelos pais e professores. Considera ainda que o ambiente familiar modela a constelação social de atitudes que ela desenvolve através da aprendizagem. Lumsden (1994) defende que as crianças ao serem motivadas em casa e educadas com o fim de se tornarem autónomas e auto-suficientes, ficam mais aptas para aceitarem as dificuldades inerentes à própria aprendizagem constatando que “quando os pais cultivam a natural curiosidade dos seus filhos a respeito do mundo, acolhendo com benevolência as suas perguntas, estimulando a exploração e a pesquisa e familiarizando-os com os recursos que podem alargar o seu mundo, estão a fornecer aos seus filhos a mensagem de que vale a pena aprender e de que a aprendizagem é interessante e divertida” Lumsden (1994, p. 3).

Harlow propôs classificar estas necessidades de curiosidade e de manipulação como “motivações intrínsecas”.

As experiências de Harlow introduzem, assim, uma distinção entre duas categorias de motivações: as motivações extrínsecas e as motivações intrínsecas.

Csikszentmihalyi e Nakamura (1989) definem a motivação extrínseca como sendo a única razão para realizar alguma coisa, de modo a obter algo exterior à actividade em si. As motivações extrínsecas são regidas por incentivos e recompensas, e é, por isso, que um estudante motivado extrinsecamente actua com a finalidade de obter essa recompensa, como por exemplo, progredir na carreira académica, obter louvores verbais do professor, evitar alguma punição exterior à própria actividade (Lepper, 1988; Herron, 1996; Spaulding, 1992). De facto, uma parte substancial dos alunos encontra a motivação para concluir os estudos ou passar de ano, extrinsecamente, nas retaliações dos pais se reprovarem ou nos prémios se forem aprovados. Afirma Nuno Santos (1993) : “Julgo que muitos alunos não sentem as aprendizagens da escola como interessantes e a sua motivação para as fazer está directamente relacionada com a sua motivação para ter boas notas e passar de ano” (Santos, 1993, p.173).

Relativamente à motivação intrínseca, Csikszentmihalyi e Nakamura (1989) alegam que esta está patente “quando alguém faz alguma coisa porque espera uma recompensa directa da actividade em si, e não uma recompensa que vem posteriormente”

(Csikszentmihalyi e Nakamura, 1989, p.52). Nesta situação, as crianças estão motivadas para aprender porque acham interessante aprender e gostam de saber. Este tipo de motivação pode contribuir decisivamente para aumentar no aluno o desejo de participar no processo de aprendizagem, uma vez que incrementa o seu interesse pelas actividades escolares.

Com efeito, a motivação intrínseca “implica níveis elevados de autodeterminação e representa uma fonte de energia sempre renovável, já que o aluno se encontra livre de pressões externas, tais como recompensas ou controlos, e desempenha um papel activo como agente da sua própria motivação e retira prazer da sua própria actividade” (Faria et all., 1994, p. 8). Por outro lado, são salutares as tarefas que implicam uma quantidade moderada de contradições ou incongruências pois estimulam a curiosidade dos estudantes, sendo por isso, um motivador intrínseco (Lepper, 1988).

Desde meados dos anos 70 que várias investigações têm sido realizadas no sentido de se estudar a motivação intrínseca e os factores que a determinam (Csikszentmihalyi e Nakamura, 1989; Deci, 1975; Deci e Ryan, 1995; Hancock, 1994; Hanrahan, 1998; Lee e Brophy, 1996).

Os estudos de Hurlock<sup>12</sup> (1925) contribuíram para que se generalizasse no seu tempo, e até aos dias de hoje, a ideia de que qualquer motivação aumenta com o incentivo. Paradoxalmente, Harlow e os seus colegas demonstraram, a partir de experiências feitas com macacos<sup>13</sup> que o “incentivo *mata* a motivação intrínseca” (Lieury e Fenouillet, 1997, p. 29). Diz, neste sentido, Lieurey e Fenouillet (1997): “O que mata a motivação, no bom sentido do termo (...) é o constrangimento. O protótipo no adulto é aquele que espera com ansiedade a sexta-feira à tarde, e a reforma como a sexta-feira à tarde da sua vida. Em

---

<sup>12</sup> Os estudos de Hurlock, em 1925 incidem sobre o efeito do elogio e da repreensão nos alunos, relativamente à resolução de problemas aritméticos. Revelaram que o grupo elogiado se aperfeiçoa com rapidez e pelo contrário, o grupo repreendido, embora inicialmente melhora, embora posteriormente o desempenho decai, juntando-se a um grupo ignorado, atingindo assim, praticamente os resultados obtidos no início da experiência (Lieury e Fenouillet, 1997, p.21).

<sup>13</sup> Tratava-se de levar os macacos a fazer jogos com puzzles. Numa primeira fase, o sucesso com o puzzle era recompensado com comida, num grupo, enquanto outro grupo não recebia qualquer recompensa pelo mesmo sucesso. De seguida os experimentadores voltavam a dar os puzzles com ausência de qualquer recompensa para os dois grupos. Surpreendentemente, os macacos vindos do grupo recompensado tinham menos respostas certas do que os macacos não recompensados. Conclusão: o incentivo “matou” a motivação intrínseca... (Lieury e Fenouillet, 1997, p. 29 e 30).

definitivo, o que é de proscrever no plano educativo é aquilo que é nocivo para a pessoa: a diminuição de sensação de competência e da impressão de livre arbítrio. Nestes casos, a motivação extrínseca é controlada, forçada e o aluno aproxima-se da resignação adquirida, da perda de motivação” (Lieury e Fenouillet, 1997, p. 104).

Deci e Ryan (1985) conceberam uma teoria da motivação intrínseca baseada nas necessidades de competência e de autodeterminação. Para eles, o desejo de explorar, descobrir, compreender e conhecer é intrínseco à natureza humana. O indivíduo procura desafios à altura das suas competências e, quando os encontra, trabalha persistentemente para os vencer, já que o referido desejo é um motivador muito importante do processo educativo. A autodeterminação é a capacidade de escolher e entender as escolhas como determinantes das próprias acções. Está na base dos comportamentos intrinsecamente motivados, que desenvolvem competências, contribuindo para uma acomodação flexível ao ambiente social. “Os estudantes que estão motivados intrinsecamente para fazer o trabalho escolar e que desenvolveram métodos mais autónomos, estão mais aptos a permanecer na escola, a acabar o curso, a apreender facilmente os conceitos e também se adaptam mais facilmente ao meio escolar, do que os estudantes com tipos de motivação menos autodeterminados” (Deci et al, 1991, in Herron, 1996, p. 245).

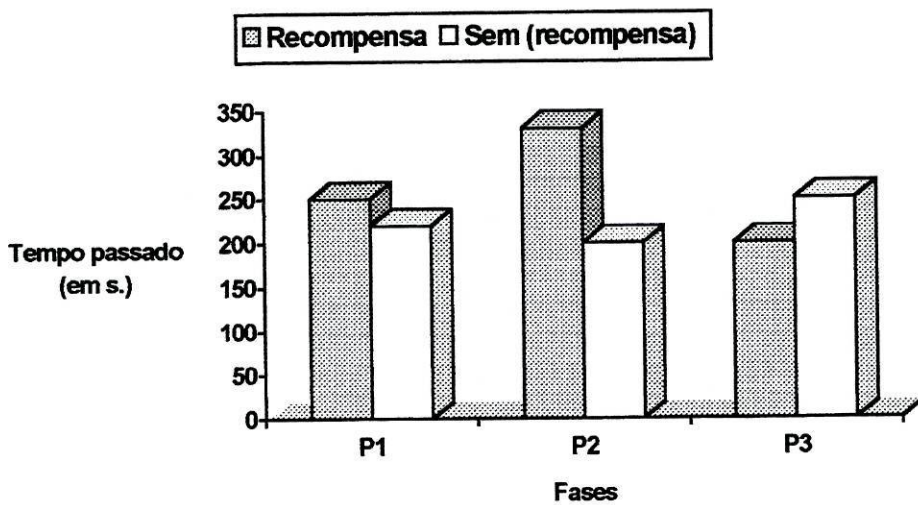
Toda a investigação apresentada por Deci e Ryan mostra que “a aprendizagem motivada intrinsecamente é superior à aprendizagem motivada extrinsecamente” (Deci e Ryan, 1985, p.248). Com efeito, fizeram estudos comparativos entre dois grupos de indivíduos, aos quais foi proposto, durante três fases (P1, P2 e P3), a resolução de problemas com puzzles considerados interessantes.

Numa primeira fase (P1), ambos os grupos deviam resolver um certo número de problemas, iguais para os dois, num tempo limitado.

Numa segunda fase (P2), o investigador deu um dólar por cada puzzle bem executado ao primeiro grupo, enquanto ao segundo não deu nada.

Por fim, na última fase (P3), propôs aos dois grupos que fizessem alguns puzzles suplementares, que lessem revistas ou então, que não fizessem nada, ausentando-se de seguida, mediante uma desculpa. Os indivíduos foram então observados sem o saberem, através de uma câmara de vídeo, e a sua motivação intrínseca foi medida pelo tempo passado livremente com os puzzles. Os resultados mostraram dois grandes efeitos,

diferentes, conforme as fases. Observou-se que, embora o tempo passado com os puzzles seja mais ou menos idêntico entre os dois grupos na primeira fase (o que revela que os dois grupos são bastante semelhantes), na segunda, o grupo recompensado passa mais tempo, em média (cerca de 6 minutos, contra 4) do que o grupo não recompensado (o que se explica pela existência do incentivo). No entanto, o efeito inverte-se na fase da escolha livre, ou seja, o grupo não recompensado dedica mais tempo ao puzzle do que o outro grupo. Isto pode observar-se bem, medindo a diferença de tempo entre esta fase e a inicial” (Lieury e Fenouillet, 1997) (gráfico1).

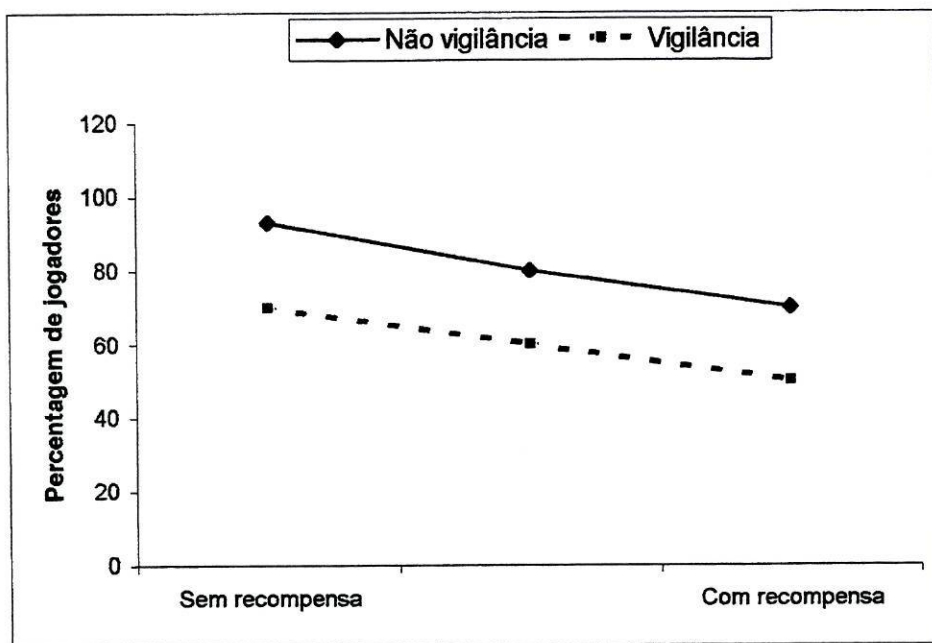


**Gráfico 1 – Resultados da experiência de Deci e Ryan sobre o efeito da recompensa na motivação intrínseca.**

Concluíram assim, que quando os estudantes recebem prémios, tendem a perder interesse e gosto pelas tarefas, relativamente aos estudantes que fizeram os mesmos trabalhos sem receber qualquer recompensa.

Uma outra experiência foi realizada com oitenta crianças de uma creche, entre os quatro e os cinco anos, divididas em dois grupos, aos quais se pediu para fazerem puzzles

igualmente cativantes. A um dos grupos mostraram-se diversos jogos atractivos (robôs, estação lunar,...), prometendo, como recompensa pela boa execução do puzzle, poderem brincar com eles, como efectivamente fizeram. Deixou-se o outro grupo fazer o puzzle livremente, sem qualquer recompensa e apenas pela motivação intrínseca. Além disso, cada grupo foi dividido em dois; um deles vigiado por uma câmara de vídeo, e o outro não. O experimentador disse a cada um dos subgrupos vigiados, que a câmara estava a filmá-los durante a sua ausência, para ver se trabalharam bem (gráfico 2).

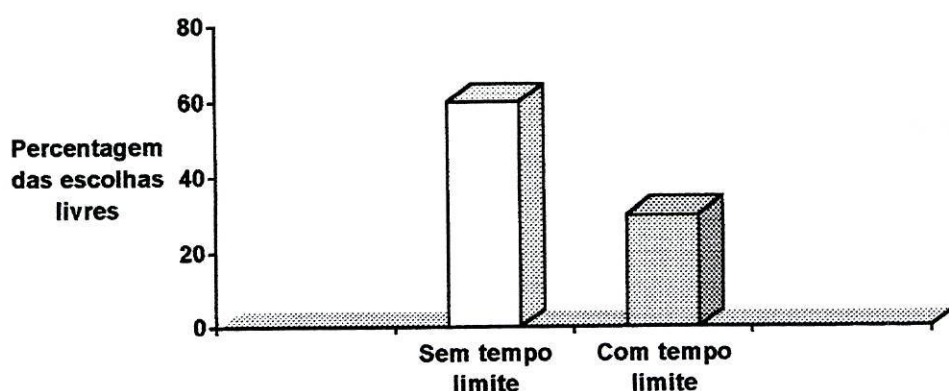


**Gráfico 2 – Resultados da experiência de Deci e Ryan sobre o efeito da recompensa e vigilância na motivação intrínseca.**

Uma a três semanas mais tarde, testou-se a motivação intrínseca, deixando durante uma hora as crianças numa sala com puzzles e dois observadores escondidos (que não estavam ao corrente da primeira fase para não serem influenciados). Estes observadores

contaram as crianças que, espontaneamente, brincavam com os puzzles. Verificou-se que, mais uma vez, a recompensa diminuiu a motivação intrínseca, medida pela escolha livre da actividade.

O que há de novo aqui é o efeito da vigilância, que diminui na mesma ordem de grandeza (20%) o atractivo da actividade livre (gráfico 3).



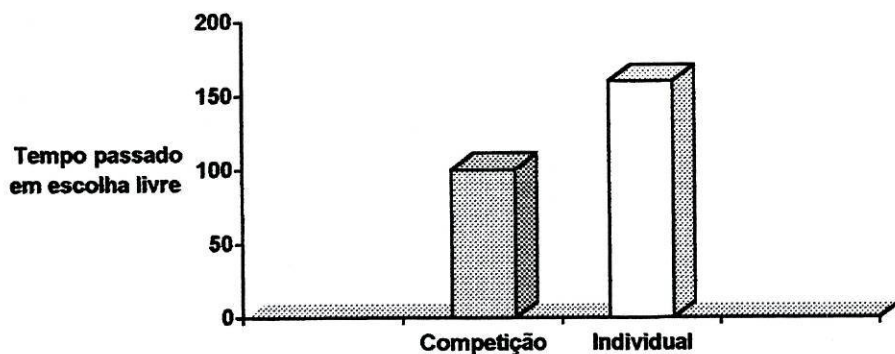
**Gráfico 3 – Resultados da experiência de Deci e Ryan sobre o efeito da vigilância na motivação intrínseca.**

Verifica-se, igualmente, que os dois efeitos se acumulam, já que 90% das crianças não recompensadas e não vigiadas voltam a escolher livremente os puzzles, enquanto, pelo contrário, apenas 50% das crianças recompensadas e vigiadas o fazem ( Lieury e Fenouillet, 1997).

Pode, ainda, referir-se outros trabalhos de investigação, dentro da mesma linha dos citados anteriormente, que ilustram como a competição também pode afectar a motivação intrínseca.

A competição é de tal modo inerente às actividades sociais, nomeadamente à escola, à actividade profissional e ao desporto, que adquire um estatuto quase único. Poderá ser, simultaneamente, do tipo intrínseco – no caso do Barão Coubertin, que

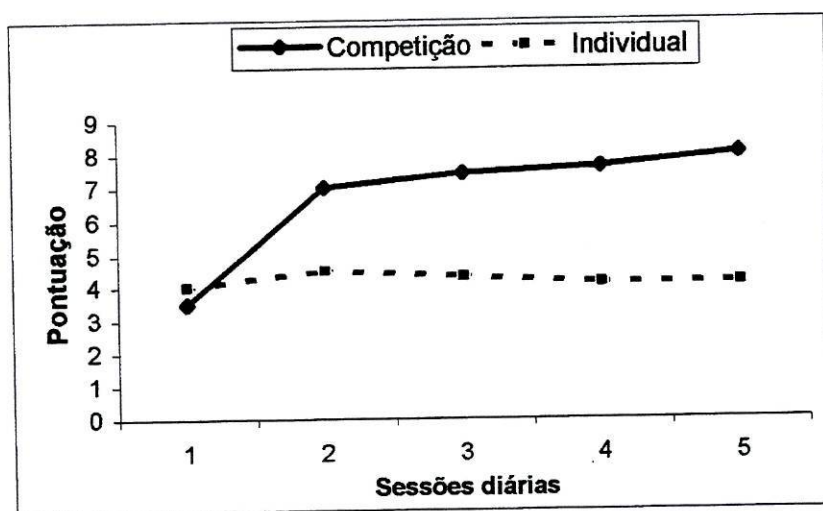
recuperou os jogos olímpicos com o seu ideal antigo: «o essencial não é ganhar mas sim participar», ou no do desporto, quando se fala em «exceder-se a si próprio» como, e talvez sobretudo, do tipo extrínseco – quando a competição arrasta a rivalidade, como por exemplo, conseguir uma vitória sobre os outros, conduzindo a situações de disputa, agressividade, e em consequência disso, assiste-se à diminuição dos desempenhos. Deci e os seus colegas mostram que a competição é bem extrínseca em estudantes numa actividade lúdica com puzzles (Lieury e Fenouillet, 1997). Numa primeira fase, os estudantes trabalham quer individualmente, quer em competição com um adversário (de facto, trata-se de um cúmplice do experimentador). Na fase de teste, o indivíduo está numa sala onde o fazem esperar sob o pretexto de irem buscar um questionário. De facto, o experimentador passa para o outro lado de um espelho sem estanho na parte detrás e observa o indivíduo que tem na sua frente os puzzles. A observação durante um período de 8 minutos indica que aqueles que estavam em situação de competição passam menos tempo em média nesta actividade livre do que os outros. Sendo o tempo passado nesta actividade livre considerado para medir a motivação intrínseca, verifica-se que a competição diminui esta motivação intrínseca (gráfico 4).



**Gráfico 4 – Resultados da experiência de Deci e Ryan sobre o efeito da competição na motivação intrínseca**

Quando a competição é do tipo intrínseco, aumenta o desempenho: numa corrida de ciclismo, em que se comparavam as velocidades dos concorrentes, os indivíduos que

entravam na competição iam mais depressa dos que os indivíduos isolados. O mesmo se passa numa turma em que os alunos são estimulados numa actividade de cálculo (velocidade a efectuar somas), fazendo levantar o dedo àqueles que conseguem, para que toda a turma veja, e escrevendo o nome deles no quadro. Durante a semana (cinco dias) o grupo em competição tem melhores resultados em média do que o grupo em que os alunos trabalham individualmente ( Lieury e Fenouillet, 1997, p. 36) (gráfico 5).



**Gráfico 5 - Resultados da experiência de Deci e Ryan sobre o efeito da competição na motivação intrínseca**

Este conjunto de experiências e outras, revelaram assim, a existência de uma correlação significativa entre a motivação intrínseca e os bons resultados académicos. Por isso, qualquer factor que diminua a motivação intrínseca, como a recompensa monetária, o constrangimento, a não aplicação de um castigo, a vigilância ou a competição (Deci, 1971), enfraquecem também as actividades de aprendizagem conceptual (embora pareçam não afectar as aprendizagens da memorização).

Algumas das conclusões gerais a que este autor chega são:

- Quando são dadas aos alunos possibilidades de escolha acerca dos assuntos a estudar, a aprendizagem aumenta.
- O trabalho de grupo promove mais emoções positivas, aumenta a motivação intrínseca, provoca menos ansiedade e maior envolvimento na tarefa.
- As condições de cooperação parecem melhorar a integração social e o desenvolvimento cognitivo.
- Quando os alunos aprendem determinado assunto com o intuito de o aplicar, por exemplo, ensinando-o aos colegas, consideram-no mais interessante, são mais activos no processo de aprendizagem, gostam mais dele e querem repetir a experiência.

Lepper (1988) entende que os estudantes motivados intrinsecamente tendem a empregar estratégias que exigem um maior esforço, permitindo-lhes tratar a informação de um modo mais profundo. Por sua vez, os estudantes orientados de um modo extrínseco estão mais predispostos a realizarem o mínimo esforço necessário para conseguirem a recompensa máxima.

Por outro lado, Condry e Chambers (1978) consideram que os estudantes que se submeteram a um processo de ensino orientado para a motivação intrínseca, quando confrontados com tarefas intelectuais complexas, utilizam as informações adquiridas e desenvolvem estratégias a fim de tomar decisões, de um modo mais lógico e coerente do que os estudantes que foram motivados de um modo extrínseco.

Na realidade, Richard Vallerand e a sua equipa (1993), a partir dos resultados dos estudos efectuados em escolas e na universidade, demonstraram que a perseverança numa actividade dependia da motivação intrínseca. Por exemplo, num estudo envolvendo 1042 alunos inscritos num curso opcional de Francês, a partir da análise das respostas a um questionário de motivação, verificaram que os alunos que se sentiam menos motivados intrinsecamente, desde a primeira semana, desistiram durante o semestre. De modo análogo, um outro estudo com 800 alunos inscritos em cursos de frequência obrigatória do ensino secundário, indicou que os estudantes que desistiam eram também aqueles que apresentavam motivação intrínseca mais baixa.

Lieurey e Fenouillet consideram que na escola tudo contribui para reduzir a motivação intrínseca: a escola é obrigatória e, portanto, constrange; o sistema de classificação é prevalentemente avaliativo e pouco informativo; a competição social (os bons e os fracos) é um processo de avaliação social; a hierarquia entre as matérias aumenta o carácter avaliativo. E concluem: “Se o objectivo explícito da escola é o de uma escola para todos, todas as condições estão reunidas para que o sistema seja de facto elitista. Se a escola deve continuar obrigatória numa perspectiva democrática, não é obrigatório que ela acumule os aspectos constrangedores” (Lieurey e Fenouillet, 1997, p. 106).

Embora toda a actividade educacional não possa, e talvez não deva, ser intrinsecamente motivante, estas conclusões sugerem que, quando os professores podem recorrer à motivação intrínseca, isso é potencialmente vantajoso (Lumsden, 1994). Escreve, neste sentido, Spaulding (1992): “os professores que pretendem incrementar a motivação intrínseca do aluno nos meios académicos devem recordar que a motivação intrínseca é um estado psicológico determinado por situações concretas e que nenhum estudante estará num permanente estado de motivação intrínseca.

Assim como as situações mudam de dia para dia, e até de minuto para minuto, também as percepções dos alunos se alteram no que diz respeito à autodeterminação e competência. Embora as planificações das aulas tenham como fim alcançar plenamente os objectivos propostos para a turma e para a escola, nenhum professor poderá esperar que os seus alunos ou alunas se sintam ao mesmo tempo e sempre competentes e autodeterminados.

Um objectivo mais realista poderá ser o de conseguir que todos os estudantes possam experimentar um certo nível de motivação intrínseca, pelo menos, nalgumas partes do currículo.

Por outras palavras, a meta é ajudar os estudantes a reconhecerem que as finalidades académicas podem proporcionar-lhes prazer e satisfação pessoal, embora nem sempre isso aconteça” (Spaulding, 1992, p.8).

Com efeito, atingir esta meta já não é um resultado insignificante.

### 3. 4. 3. Memória e Motivação

Terá a motivação, para além dos efeitos sobre a evolução do desempenho do aluno, reflexos particulares sobre a capacidade de memorização?

É um facto de observação corrente que a motivação aumenta o nível de actividade. Um aluno que deseje obter uma boa nota no exame dedica mais tempo do que os outros ao estudo da disciplina. Assim também a motivação actua sobre os mecanismos de raciocínio, e, especificamente, sobre a memória.

O processo de memorização decorre ao longo de duas etapas. A primeira, é a da memória a curto prazo, e a segunda a da memória a longo prazo.

A memória a curto prazo funciona como a memória viva do computador. Passam por ela todas as informações que são armazenadas posteriormente na memória a longo prazo (a analogia da memória do disco duro do computador).

Ora, numerosos estudos puderam comprovar que a motivação actua, em primeiro lugar, sobre a memória a curto prazo. Com efeito, o indivíduo motivado vai centrar mais os seus recursos de atenção em determinadas informações que mais o interessem, em detrimento de outras. As informações mais gratificantes facilmente serão repetidas. Esta acção de repetição terá como efeito manter a informação na memória a curto prazo. Ora, quanto mais tempo for retida a informação a curto prazo mais condições terá de passar para a memória a longo prazo (Lieury, 1993).

Os estudos realizados permitiram constatar, com facilidade, que, por muito que aumente a motivação, os resultados do seu impacto sobre a memória a curto prazo serão sempre relativamente fracos, pois sendo a capacidade deste tipo de memória reduzida, não se pode esperar, mesmo com uma forte motivação, aumentar consideravelmente os seus desempenhos. E é por este motivo que ao nível da memória a longo prazo, os efeitos da motivação são mais susceptíveis de intervir. Daí a necessidade de estudar com particular atenção a memória a longo prazo e os mecanismos de registo mais envolvidos nas aprendizagens escolares (Lieury, 1993).

A memória a longo prazo representa o conjunto dos conhecimentos que podemos ter, e que nos podem ajudar a interpretar o mundo que nos rodeia. Ela é duradoura, embora as informações armazenadas possam tornar-se cada vez menos acessíveis.

Há uns anos atrás, o psicólogo canadiano Endel Tulving (Baddeley, 1983) consagrou uma útil distinção entre as duas vertentes da memória a longo prazo: a *memória episódica*, que guarda a informação acerca do momento em que os eventos aconteceram e das relações entre esses eventos; e a *memória semântica*, que é o conhecimento organizado do mundo. A memória semântica guarda com fidelidade uma estrutura constante de conhecimentos, enquanto a memória episódica regista os acontecimentos em constante mutação (Baddeley, 1983; Rost, 1983; Tulving, 1999).

O conhecimento dos mecanismos de funcionamento dos dois níveis de memória que permitem passar dos episódios concretos para os conhecimentos abstractos revela-se de grande importância na área da Didáctica das Ciências e, particularmente, no ensino das Ciências Físicas e Químicas, pois foi possível comprovar que era indispensável tornar mais concreto o discurso didáctico. O nível de abstracção das aulas de Física e Química era, até agora, muito elevado e, por outro lado, estas ciências, embora manuseiem realidades abstractas, permitem, mais do que outras, apoiar os conceitos abstractos em factos concretos e ilustrar os argumentos por meio de experiências feitas com objectos concretos. E esta faceta das Ciências Físico-Químicas não tem sido convenientemente explorada.

É, pois, necessário, abordar os conceitos a partir do concreto, começando por apresentar o seu significado físico, ou seja, deve-se pôr em destaque a relação entre o conceito e o mundo físico para só depois se explorar convenientemente as potencialidades do formalismo abstracto.

É precisamente neste ponto que as ideias de Tulving sobre a memória a longo prazo, se revestem de especial interesse, ao realçar o importante mecanismo da passagem da fase episódica para a fase semântica. Com efeito, a recordação mais ou menos viva dos episódios vai facilitar a formação dos conceitos, ao constituir uma parte substancial do significado dos conceitos, facilitando a sua compreensão e posterior conservação na memória semântica (Rost, 1983; Tulving, 1999).

### 3. 5. Papel do professor no processo ensino-aprendizagem

Os professores têm, tal como os alunos, um papel fundamental no sucesso escolar e a sua motivação para a prática do ensino tem significativas repercussões na aprendizagem.

O facto de a profissão docente passar a ser mal vista — de serem relativizadas pela sociedade as suas competências — teve profundas repercussões que afectaram todo o conjunto do sistema educativo. Mas, paradoxalmente, nunca, como hoje, se assistiu a um aumento tão grande das expectativas sociais perante o trabalho do docente, traduzindo-se em crescentes exigências, no sentido de o obrigar a desempenhar um conjunto mais amplo e diversificado de funções.

“Nestas últimas décadas — afirma Moreno (1998) — o déficite de conhecimento sobre o trabalho e vida dos professores, tem sido atenuado pelo crescente interesse da investigação educativa no estudo da vida e do trabalho dos professores versando temáticas como: carreiras e percursos profissionais, *stress*, ansiedade, motivação e satisfação profissional” (Moreno, 1998, p. 88).

Não é difícil perceber que o papel do professor na execução do processo ensino-aprendizagem é determinante e insubstituível. Tudo o que se diga a respeito da motivação dos alunos passa, necessariamente, pelo problema da motivação dos próprios professores.

Kaufman considera que tanto a motivação docente como o empenhamento profissional são determinantes na qualidade do desempenho do professor, mas considera mais importante o papel da motivação: “A organização da escola, os serviços de apoio e a supervisão só em parte podem, verdadeiramente, ajudar todos os professores a aumentar e a desenvolver as suas competências. O elemento chave que resta é, então, o da motivação” (Kaufman, 1984, p. 2).

“O entusiasmo dos professores — diz, ainda, Hassenforder — mostrado pelo seu brilho, pelo seu esforço e pela sua competência adquirida, pode ter efeitos extremamente benéficos. O problema é, portanto, o de criar, o mais amplamente possível, condições para uma motivação nos professores” (Hassenforder, 1974, p. 85).

A aptidão de liderança tem também uma grande importância no resultado dos trabalhos feitos em espírito de equipa pelo professor e os seus alunos. Moreno (1954) relata um caso sucedido durante a Segunda Guerra mundial, quando uma esquadilha,

cujos componentes eram mais unidos do que os de uma esquadilha próxima, teve menos baixas do que a segunda. E afirmava que a força e eficácia do grupo depende directamente da sua coesão e motivação. Neste mesmo sentido, refere Watson et all (1991), que a diferença entre uma boa docência e uma docência fraca “é subtil e depende basicamente do empenhamento e da motivação do professor” (Watson et all, 1991, p. 64).

Santos (1993) relata um exemplo muito expressivo sobre o papel do professor na motivação dos alunos: “uma amiga minha tinha abandonado a carreira de docente, em troca de um emprego administrativo, no sector bancário. Fiquei perplexo, como é que alguém podia preferir trabalhar oito horas por dia sentado a uma secretária, realizando tarefas administrativas, à diversidade e riqueza da actividade docente!! E perguntei-lhe. A resposta foi mais ou menos esta: *Sabes? Eu era professora de Geografia e os meus alunos não se interessavam nada pelas minhas aulas. Um dia, um aluno disse-me: Sabe sotôra? Eu quero ser motorista de táxi quando for grande. Para que é que eu preciso de saber Geografia?* A professora, segundo me disse, ficou sem resposta. Esta situação parece ter sido muito significativa para ela e tê-la feito ver que, realmente, o que ela ensinava aos alunos parecia (a ela e a eles) que não era nada relevante para a vida deles. Este episódio foi decisivo para o abandono da actividade docente da minha amiga” (Santos, 1993, pp. 171-172).

Este exemplo parece também muito ilustrativo, já que tanto a professora como os alunos consideravam as matérias irrelevantes e demasiadamente teóricas, para as suas vidas (fig. 2). Isto explica, na verdade, que alguns professores exerçam a sua actividade com muito pouca convicção e tenham, por isso mesmo, uma grande dificuldade em promover a motivação dos alunos.



Fig. 2

As pesquisas sobre professores tendem, cada vez mais, a surgir na investigação portuguesa. Uma delas foi feita por Moreno (1998), com o objectivo central de identificar os factores que mais contribuem para a motivação de professores empenhados. O estudo incidiu sobre uma amostra de 70 professores de 8 escolas EB 2,3, de um concelho da área metropolitana de Lisboa. Da análise dos resultados do questionário concluiu-se que:

“1. Os professores da amostra são primordialmente motivados por factores intrínsecos. Os factores extrínsecos actuam de forma reduzida e inconsistente na motivação dos professores da amostra.

2. Para a estrutura motivacional dos professores da amostra concorre de forma preponderante um complexo de factores constituído: (a) pelos alunos, nas vertentes do sucesso escolar e das relações interpessoais gratificantes; (b) pela autonomia no processo das decisões e das práticas profissionais; e (c) pelo conteúdo diversificado e desafiante das tarefas que a profissão docente proporciona.

3. De forma importante, mas não preponderante, concorrem ainda para a estrutura motivacional dos professores da amostra: (a) o significado de profissão socialmente útil e importante atribuída à docência; (b) as possibilidades de crescimento pessoal que o exercício da profissão proporciona.

4. Entre os professores da amostra não se verificaram variações estatísticas significativas, de acordo com o sexo e o tempo de serviço” (Moreno, 1998, p. 98)

Este estudo também considera que o factor alunos, entre outros, se revela como uma das mais influentes fontes de motivação dos professores da amostra. O potencial motivador dos alunos deriva de dois campos distintos: enquanto agentes de relacionamento interpessoal gratificante e enquanto produto bem sucedido no processo ensino-aprendizagem. Estes resultados sustentam as conclusões de outras pesquisas sobre a importância dos incentivos intrínsecos na satisfação profissional, e considera, na mesma linha de tais pesquisas (Kauffman, 1984; Fox, 1986; Rosa, 1991; Alves, 1991), que os factores *alunos, autonomia, diversidade e desafio* são as mais influentes fontes de motivação dos professores.

Do exposto se pode concluir que tudo passa, necessariamente, pelo imperativo de rever a formação do professor. Com efeito, mesmo “professores com formação científica extensa mantêm concepções inadequadas sobre a ciência e o conhecimento científico. Não

é raro encontrar professores de ciências com formação deficiente nos aspectos relacionados com a natureza da ciência e a epistemologia, a filosofia ou a sociologia da ciência” (Campanario, 1999, p.398). E, na mesma linha de pensamento, diz Teodoro(1982): “A melhoria da qualidade do ensino passa, necessariamente, em todos os níveis de escolaridade, por uma melhoria da formação inicial e contínua dos professores, na sua duração e conteúdo” (Teodoro, 1982, p.107).

“Para que se modifiquem as práticas do ensino — refere Dolores Baena — consideramos indispensável que o professorado se consciencialize das características que definem o seu próprio pensamento e o modo como este afecta a qualidade do seu ensino. Torna-se necessária uma transformação das teorias para transformar a prática. Esta não se modificará se o professor não analisar a sua própria prática e tomar consciência das contradições do seu modelo de ensino. Um novo modelo de ensino nunca se adoptará por imposição mas pela convicção da necessidade da mudança da prática docente” (Baena, 2000, p. 225).

Deve-se pois caminhar para a constituição de um professorado altamente qualificado, com uma formação inicial ampla, sólida e rigorosa, para depois prosseguir o seu desenvolvimento profissional com uma formação permanente adequada. Dizem, neste sentido, Martínez Aznar et all.(2001): “o desenvolvimento profissional do professor, que começa com a formação inicial, deve tender gradualmente, para que o professor seja um facilitador da aprendizagem significativa dos alunos e um investigador dos processos de ensino-aprendizagem que se dão na aula” (Martínez Aznar et all., 2001, p. 79).

#### 4. UM NECESSÁRIO REEQUACIONAMENTO PEDAGÓGICO

Nos pontos anteriores analisaram-se os desafios colocados ao ensino das ciências pela sociedade actual, bem como alguns factores condicionantes a ter em conta para uma metodologia pedagógica de sucesso.

Para responder a tais desafios e atender aos importantes factores já referidos, surgiram diversas correntes metodológicas que tiveram o mérito de testar novos métodos, que posteriormente seriam contestados, alterados, ou simplesmente aperfeiçoados. Tais correntes possibilitaram uma rápida e profunda evolução da educação científica nas últimas décadas.

Uma dessas correntes, que importa referir aqui, é a que preconiza modelos por mudança conceptual, em oposição aos modelos teóricos da aprendizagem por aquisição conceptual.

Os modelos de mudança conceptual têm, na sua origem, as epistemologias racionalistas e construtivistas. Põem a tónica na dialéctica, na confrontação cultural e na reconceptualização, considerando, basicamente, que a aprendizagem é uma actividade racional do aluno.

As bases da perspectiva construtivista, delineadas por Kelly, aparecem já mais desenvolvidas nas teorias de Piaget, assim como nas teorias de Bachelard e de Vygotsky, embora com diferenças acentuadas nos processos que privilegiam.

Como afirma Piaget (1964), o resultado mais evidente das pesquisas realizadas sobre psicologia da inteligência é que as estruturas lógico-matemáticas, tão necessárias na fase adulta, não são inatas na criança, mas constroem-se pouco a pouco.

Por sua vez, Bachelard admite que os factos não têm um significado único e objectivo, mas cada indivíduo vai-lhes atribuir significados diferentes, através da sua interpretação única e pessoal. Este autor defende que o processo de aprendizagem implica, da parte de quem aprende, um recurso contínuo aos seus próprios esquemas (ou maneiras de pensar), para enfrentar situações que tenta compreender (Bachelard, 1971). Por seu lado, Vygotsky com conceitos muito eficientes, como o da zona proximal (Vygotsky, 1984), atribuiu uma importância decisiva à interacção social na construção do conhecimento.

As teorias de Piaget incidem, preferencialmente, sobre o conteúdo do pensamento da criança, isto é, “sobre as ideias, crenças, previsões e explicações de fenómenos naturais que a criança elabora para dar sentido às suas experiências individuais” (Martins, 1989, p.6). Os trabalhos realizados por este psicólogo e pelos seus colaboradores, referidos por vários autores (Viennot, 1979; Driver, 1981; Gilbert e Zylbersztajn, 1985; Osborne e Freyberg, 1985) tiveram uma enorme importância, quer pela atenção dedicada à natureza das ideias dos alunos, quer pelo impacto alcançado pelos seus métodos e técnicas de investigação educacional – nomeadamente a da entrevista clínica.

Por outro lado, também apareceu, nesta altura, um grande número de estudos científicos (Gilbert e Watts, 1983) dedicados, especificamente, a analisar os conteúdos das ideias dos estudantes, relativamente aos diversos conceitos científicos aprendidos na escola. Essas pesquisas surgiram como um desdobramento crítico às investigações realizadas por Piaget (Driver & Easley, 1978).

Vários autores, como Driver & Easley (1978), criticaram a excessiva ênfase que estava a ser dada ao desenvolvimento de estruturas lógicas subjacentes, afirmando que poderia ser útil a realização de uma série de estudos que focassem mais o conteúdo real das ideias dos alunos e menos as estruturas lógicas adjacentes, aproximando-se, nessa medida do construtivismo de Bachelard (1971) .

Outro autor, que também se destacou nas investigações educacionais dos anos 70, foi Ausubel (1982), principalmente porque veio estabelecer um certo equilíbrio entre a preponderância das estruturas e a dos conteúdos. A sua teoria da aprendizagem orienta-se para o reconhecimento de conceitos iniciais relevantes já estabelecidos na mente do aluno, ou seja, as ideias âncora que são matrizes ideais onde se vão “ancorar” novas ideias. Preocupa-se, também, com a determinação das necessárias ligações a estabelecer entre o que é ensinado e o que já se sabe (Santos, 1991). Daí, a célebre frase na epígrafe do seu livro: “se eu tivesse que reduzir toda a psicologia educacional num único princípio, diria apenas isto: o factor mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aluno já conhece. Descubra o que ele sabe e baseie nisso os seus ensinamentos” (Novak, 1982 b, p.10).

Assim, para este autor, o comportamento intelectual pressupõe a faculdade de representar o mundo de uma certa maneira. O sujeito do conhecimento é alguém que

adquire conhecimentos por virtude de uma estrutura cognitiva prévia. Efectivamente, Ausubel atribui grande importância aos conhecimentos prévios dos alunos e à integração de novos conhecimentos nas estruturas conceptuais. Defende, ainda, que “o aluno deve fazer um esforço consciente para relacionar os novos conhecimentos com os que já possui” (Novak, 1982 b, p.11) e também valoriza o papel do professor como facilitador da aprendizagem.

Sobre a teoria de Ausubel surgiram numerosos estudos de investigação que puseram em relevo a sua enorme aceitação. No entanto, os referidos trabalhos não deixaram de denunciar certos erros dessa construção teórica, nomeadamente, o facto de ela não dar elementos para a compreensão de modelos de captura conceptual, em situações onde as novas ideias entram em conflito com outras já estabelecidas.

Surge, assim, a necessidade de repensar alguns aspectos da teoria construtivista referentes ao processo ensino-aprendizagem das ciências.

#### **4. 1. A aprendizagem por mudança conceptual**

A corrente construtivista de investigação educacional teve, como já foi dito, em George Kelly, na década de 50, um dos seus principais inspiradores. A sua teoria da aprendizagem postula que cada indivíduo é um construtor do seu próprio conhecimento, através de um processo racional e emocional, activo e criativo (Kelly, 1955). Contudo, foi na década de 80 e, sobretudo, na de 90 que se assistiu à consolidação daquilo que Novak (1988) denominou o *consenso emergente* a respeito das teorias construtivistas no campo da Didáctica das Ciências. Estas teorias tiveram o mérito de dar um impulso decisivo para a construção de um corpo de conhecimentos autónomo em torno da problemática do ensino-aprendizagem das ciências, contribuindo assim, decisivamente, para a consolidação da Didáctica das Ciências como um novo campo de conhecimento.

A questão básica colocada pela corrente construtivista já não é tanto a de saber como se adquirem os conceitos, mas sim como eles mudam. Ou seja, exige-se uma reflexão profunda sobre as concepções alternativas dos alunos e sobre a forma como estas interferem com as novas ideias decorrentes da instrução formal (Santos e Cruz, 1988).

Inúmeros estudos e pesquisas foram realizados a partir de meados da década de 70, aos quais já foi feita referência (Matthews, 1992).

Os resultados de tais estudos, que vieram corroborar a particular importância dos modelos de mudança conceptual, traduzem-se em duas ideias fundamentais:

- 1- A aprendizagem ocorre através de um envolvimento activo do aluno na construção do seu conhecimento.
- 2- As concepções prévias dos alunos desempenham um papel relevante no processo de aprendizagem.

Deste modo, numa perspectiva de mudança conceptual, o objectivo principal da educação em ciências passa a ser o de ajudar os alunos a corrigirem as suas explicações intuitivas e vulgares sobre o mundo que os rodeia, facilitando-lhes a compreensão dos conceitos científicos, desenvolvendo as suas capacidades de descrição, explicação, previsão e controlo dos fenómenos naturais (Driver, 1987 in Sequeira, 1997).

Os modelos de mudança conceptual dedicam especial atenção às representações dos alunos sobre temas científicos. Importa, assim, saber, antes de mais, em que consistem tais representações. Dentro do paradigma positivista da epistemologia da Ciência, elas aparecem, com toda a naturalidade, como os elementos do discurso científico que “representam” as entidades do mundo real, com as quais estão relacionadas.

Para uma epistemologia construtivista radical, o termo tem que ser abandonado, e substituído por adaptação. Numa perspectiva menos radical do construtivismo, tem-se que admitir, pelo menos, que “o termo representação — como diz Eduarda Santos— é ambíguo, pois comporta uma multiplicidade de sentidos e de usos. Como vocábulo geral, refere-se à apreensão intencional do objecto pelo sujeito (...) Assim, a representação que temos do mundo é sempre subjectiva” (Santos, 1992, p. 39).

Para De Ketelle (1986), as representações são sínteses mentais de informações construídas pela pessoa, com maior ou menor carga afectiva, em função do seu passado individual, daquilo que é no presente, e das aspirações que tem em relação ao futuro. Estas representações resultam de aprendizagens experimentais, anteriores à instrução formal: são as representações ou concepções alternativas.

Ao longo do processo de ensino-aprendizagem, e por efeito desse processo, tais representações sofrem modificações mais ou menos profundas no sentido de se aproximarem das concepções científicas.

Daí, a necessidade de serem desenvolvidas estratégias metodológicas de mudança conceptual para descobrir, em toda a medida do possível, as concepções alternativas dos alunos. E não se trata, somente, de conhecer as concepções alternativas que se formaram antes do ensino formal, mas também aquelas que se configuram durante esse mesmo ensino, e até depois dele, já que uma das suas características é a persistência, conforme se verá adiante.

A aprendizagem deveria ter por base, como já se disse, as construções prévias não formais, pelas quais o aluno faz representações do mundo que o rodeia, mas não se deve limitar, apenas, a simples operações de adição ou de subtração de informações aos conhecimentos previamente adquiridos pelos alunos. Pelo contrário, deve conduzir também à construção ou reconstrução dos conhecimentos feita pelos próprios alunos, bem como à elaboração dos instrumentos necessários para a sua aquisição (Cachapuz, 1992).

Segundo Osborne e Wittrock (1985), as crianças constroem ideias sobre o seu mundo, desenvolvem significados para as palavras usadas em ciência e esboçam estratégias para obterem explicações sobre o *como* e o *porquê* dos fenômenos, muito antes de serem ensinadas formalmente pela ciência.

Por conseguinte, o processo de construção inicia-se muito antes da criança chegar à escola, e traduz-se num longo e complexo percurso em que o educando estabelece uma permanente interação entre as suas próprias experiências e a informação que recebe nas salas de aula.

Neste processo, o papel do professor é fundamental e insubstituível, mas deverá consistir, primordialmente, numa delicada actuação como agente facilitador da mencionada tarefa, que não deixará, contudo, de ser realizada essencialmente pelo aluno. Para isso “o professor precisa de ter ideias claras acerca do ponto de partida dos estudantes, saber quais são as concepções alternativas que estes eventualmente têm acerca de aspectos considerados relevantes no programa de ensino. Só assim o professor pode dirigir a sua intervenção de modo a gerar e melhorar a compreensão de conceitos pelos alunos” (Cachapuz et al, 1991, p.174).

Ao contrário do que caracterizava os velhos modelos de aquisição de conhecimento, os novos modelos requerem uma participação muito mais activa do aluno no processo de aprendizagem, mas também requerem, como primeira acção, que o professor faça um rigoroso diagnóstico das possíveis concepções alternativas dos alunos, “já que o conhecimento destas constitui um pré-requisito relevante para a definição de estratégias de ensino a adoptar, preenchendo-se, assim, uma condição indispensável para que o professor desempenhe mais eficazmente o papel de auxiliador ou orientador no processo de reorganização conceptual desejada para a consecução dos objectivos propostos num programa de ensino” (Id. ib.).

A ideia de mudança conceptual desencadeou, no domínio da Didáctica das Ciências, numerosas e interessantíssimas investigações sobre as construções prévias dos alunos, investigações essas que estiveram na origem do Movimento das Concepções Alternativas, que haveria de conhecer uma grande expansão e uma aceitação generalizada.

#### **4. 2. Alguns estudos sobre concepções alternativas dos alunos**

Hoje em dia, existem numerosos estudos específicos sobre as concepções alternativas dos alunos, na maioria das disciplinas consideradas como fundamentais (Minguet et al, 1998). No âmbito das Ciências Físico-Químicas, foram realizados trabalhos muito elucidativos de investigação sobre o tema em apreço. Apenas a título de exemplo, temos os de Viennot (1979), Cassels e Johnstone (1983), Ben-Zvi, Eylan e Silberstein (1986), Cachapuz e Ribeiro (1986), Dickinson (1987), Vogelezang (1987), Cachapuz et al. (1991), Garnett et al (1995), Solomonidou e Stavridou (2000), Nieswandt (2001).

Assim, Ben-Zvi, Eylan e Silberstein realizaram um estudo, em diferentes escolas de Israel, envolvendo 300 alunos de 15 anos de idade, sobre a existência de ideias alternativas acerca do conceito de átomo. Observaram que 46,2% da amostra não fazia qualquer distinção entre as propriedades da substância e as propriedades atribuídas ao átomo isolado e 66,3% dos alunos diziam que o átomo de um gás e o átomo de um sólido tinham propriedades diferentes.

A explicação para o facto, segundo estes autores, “seria que a utilização nas aulas de termos como átomo, molécula, etc, seria feita sem o cuidado de levar os alunos a abandonarem, efectivamente, as noções intuitivas e o modelo contínuo da matéria” (Ben-Zvi, Eylan e Silberstein, 1986, p. 64). Ou seja, estes alunos pensavam —tal como os gregos de há 2000 anos— que os átomos continham as propriedades da substância por eles constituída. Assim, um átomo de cobre poderia ser visto como uma pequena porção de metal sólido, enquanto um átomo de mercúrio seria uma pequena gota do líquido, etc. Os referidos autores chegaram, assim, à conclusão de que seria necessário fazer um esforço para ajudar os estudantes a interiorizar uma correcta visão do átomo, para depois chegar a devidas noções sobre as estruturas. Através de diversas experiências provaram que tais esforços produziam notáveis mudanças nas concepções dos alunos. “O átomo passou a ser apresentado como um modelo em contínuo desenvolvimento, cujas características mudam de acordo com novos factos que têm de ser explicados” (Ben-Zvi, Eylan e Silberstein, 1986, p. 65).

Os estudos realizados sob esta orientação chegaram frequentemente a conclusões análogas. Assim, as concepções alternativas dos alunos:

- são construções pessoais dos alunos. As crianças, fortemente influenciáveis por tudo o que as rodeia, trazem para a escola muitos conhecimentos prévios que podem dificultar a aprendizagem dos conceitos curriculares.
- São concepções muito frequentemente incoerentes sob o ponto de vista científico. No entanto, para o aluno, elas explicam, de um modo coerente, fenómenos com que ele se depara no dia-a-dia. Pode citar-se, neste ponto, como exemplo, os resultados da investigação de De Vos (De Vos, 1985 in Vogelezang, 1987) sobre a noção de substância: esta pesquisa foi realizada com alunos que iniciavam o estudo da Química. Foram-lhes mostradas duas amostras, sendo uma de pregos de ferro e outra de limalha do mesmo metal, pedindo-lhes que as classificassem, em função da substância que as compunham. As amostras foram consideradas por estes alunos como constituídas por materiais diferentes, uma vez que apresentavam brilhos diferentes.

- são bastante estáveis e resistentes à mudança, não só em crianças e adolescentes —aspecto este referido em muitas investigações— mas também em estudantes universitários (Viennot, 1979), dificultando, ou até mesmo impedindo, a construção do saber científico.

Por outro lado, alguns destes estudos, nomeadamente o de Cachapuz et all. (1991), puseram em destaque “as dificuldades na consideração desta problemática no ensino das disciplinas que constituem o elenco dos currículos dos cursos de formação de professores de Física e Química. Sendo desejável que os professores de Ciências adquiram concepções dinâmicas de ensino passíveis de gerar mudanças conceptuais nos seus estudantes...” (Cachapuz et all., 1991, p. 174), é também necessário que esta temática seja objecto de estudo e de avaliação nas disciplinas de Didáctica/Metodologia da Física e da Química, já que, muitas vezes, se verifica que os próprios professores partilham das mesmas concepções alternativas que deveriam ajudar a superar nos seus alunos. Para tal fim, seria indispensável que as Universidades reconsiderassem o seu papel na formação contínua de professores do ensino básico e secundário, “organizando e ministrando cursos com o objectivo de melhorar a compreensão de conceitos em áreas que se revelam difíceis e que já foram identificadas como terreno fértil para concepções alternativas” (Cachapuz et all., 1991, p. 181).

#### **4. 3. Críticas às estratégias de ensino para mudança conceptual**

A partir da década de 90, vieram à luz diversos estudos que voltaram a colocar em debate certos aspectos das teorias construtivistas e que puseram em dúvida a possibilidade de se poder chegar a constituir um corpo coerente de conhecimentos no campo da Didáctica das Ciências.

Poderia pensar-se, assim, que o tão falado *consenso construtivista* não teria passado de uma moda fugaz, finda a qual, tudo voltaria aos velhos métodos de transmissão/recepção de conhecimentos já elaborados. Mas não foi assim. Como em qualquer outro campo científico, o desenvolvimento da Didáctica das Ciências não é linear. As profundas controvérsias que se vão produzindo permitem corrigir os rumos e obter

progressos reais na orientação do processo de ensino-aprendizagem (Gil Pérez et all. 1999).

Veja-se, pois, algumas das críticas feitas ao construtivismo baseado nas concepções alternativas.

Umaz dizem respeito ao *simplismo* dessas análises construtivistas. Se é certo que as perspectivas construtivistas foram muitas vezes apresentadas de um modo simplista, como teorias capazes de solucionar todos os problemas do ensino e da aprendizagem das ciências, também é certo que tal crítica é muitas vezes injusta, já que em muitíssimos estudos a corrente construtivista ofereceu valiosas provas, com experiências feitas nas mais diversas áreas, que testaram a eficácia dos novos métodos e muito contribuíram para o desenvolvimento da pedagogia científica. Mas outras críticas procuram, sobretudo, apelar para um maior aprofundamento das estratégias, sem negar os méritos do construtivismo (id. ib.). Tais críticas incidiram, muitas vezes, sobre as estratégias de ensino para mudança conceptual (Solomon, 1994 c). Começou-se a compreender a necessidade de tomar em consideração as formas de raciocínio dos alunos, superando o reducionismo conceptual (Gil Pérez et all., 1999; Viennot, 1996).

A questão levantava-se, sobretudo, em relação ao fenómeno da persistência de preconceitos adquiridos pelos alunos, que não só dificultavam a apreensão dos conceitos científicos, mas, frequentemente, se tornavam num considerável obstáculo à aprendizagem das ciências. Numerosos trabalhos de investigação “demonstram que as concepções dos alunos acerca da validade e fiabilidade do conhecimento científico e sobre o modo como este se articula ou como se constrói e faz evoluir a ciência, são, com frequência, inadequadas (...) e constituem um obstáculo sério para a própria aprendizagem das ciências” (Campanário, 1999, p. 397).

Neste sentido, afirma Costa Pereira (1991): “se há áreas em ciências em que o confronto entre as estruturas mentais e os dados da observação é clarificador e é suficiente para provocar a mudança, outras há em que o confronto é problemático. Esta situação advém, não só da complexidade conceptual das ciências, mas também do facto do *mundo ideal* que queremos conceptualizar ser um *mundo* que nada tem a ver com a experiência do aluno” (Costa Pereira, 1991, p.154). “É certo que a dita estratégia pode dar resultados pontuais positivos, ao chamar a atenção sobre o peso de certas ideias de sentido comum,

assumidas, sem qualquer crítica, como evidências, mas também é certo que, praticada de forma reiterada, produz uma inibição e uma rejeição muito compreensíveis. Com efeito, que sentido tem fazer com que os alunos se submetam ao esforço de explicitar e revelar as suas ideias, se, depois, elas vão ser postas radicalmente em causa?” (Gil Pérez et al., 1999, p. 505).

Questionando, igualmente, a validade do modelo das concepções alternativas, Linder (1993) sugere que a descrição da aprendizagem em ciências dê relevo “ao esforço para se aumentar a capacidade dos estudantes em distinguir entre concepções apropriadas para cada contexto científico” (Linder, 1993, p.298) e não ao esforço para mudar concepções já existentes entre os estudantes.

Muitos autores mostraram, assim, que as concepções alternativas se revelam extremamente resistentes à mudança, embora possam influenciar fortemente o processo de aprendizagem (Valadares e Costa Pereira, 1991).

Galili e Bar (1992), por exemplo, provaram, através de experiências com grupos de estudantes, a dificuldade de estes abandonarem as suas noções do dia-a-dia, concluindo que “o processo de substituição de crenças ingénuas por novos conhecimentos adquiridos nas aulas de física é complicado e, muitas vezes, inconsistente por mudança conceptual” (Galili e Bar, 1992, p.78).

Novik e Nussbaum (1978) realizaram uma série de estudos com 150 alunos israelitas, de idades compreendidas entre os 13 e 14 anos, seleccionados aleatoriamente de turmas do 8º e 9º anos, procurando detectar as suas ideias sobre a teoria cinética dos gases. A metodologia utilizada foi a de entrevistas clínicas individuais. Os resultados permitiram concluir que:

- cerca de metade dos alunos não utilizavam ideias de «partículas» para explicar a constituição da matéria;
- os alunos que usavam conceitos de partículas evidenciavam ausência de modelos adequados: por exemplo, 35% da amostra total apresentava uma visão contínua do modelo de partículas, ao admitir que o espaço vazio entre elas se encontrava preenchido por outras partículas como o ar ou poeiras e 30% pensava que as partículas não estavam uniformemente distribuídas; outros alunos apresentavam, também, dificuldade em entender que o movimento

constante das partículas é intrínseco: explicavam que esse movimento existiria por acção de um agente exterior, como por exemplo, o ar.

Num estudo posteriormente realizado (Novik e Nussbaum, 1981), envolvendo 576 alunos, desde o 5º ao 12º anos, distribuídos por quatro grupos (5º e 6º anos – 1º grupo; 7º e 8º anos – 2º grupo; 10º, 11º e 12º anos – 3º grupo e um 4º grupo de estudantes universitários), estes mesmos investigadores procuraram verificar se, após a instrução, as ideias dos alunos sobre a constituição da matéria teriam sido alteradas. O método utilizado foi a aplicação de um questionário escrito sobre situações de carácter experimental, às quais se pedia uma explicação (resposta livre) ou escolha alternativa, justificada, e a realização de um desenho do modelo da constituição da matéria. Verificaram que:

- apenas 37% dos alunos do último grupo do ensino secundário e o do ensino universitário apresentaram a ideia de vazio entre partículas, apesar da maioria admitir que, no modelo descontínuo da matéria, existe uma distribuição uniforme das partículas. 60% dos alunos do 1º e 2º grupos nada desenharam entre as partículas, o que levou os autores a interpretarem tal facto, como um indicador de uma visão contínua da matéria.
- os alunos tinham um entendimento diferencial do efeito da temperatura no comportamento das partículas: 50% pensavam que o seu movimento aumentava por aumento da temperatura, mas só 30% admitiu o efeito inverso, ou seja, que por diminuição da temperatura o movimento das partículas diminuía. Alguns destes alunos pensavam que por arrefecimento de um gás, aumentavam as forças atractivas entre as partículas.

Um outro estudo foi efectuado por Andersson (1984), na Suécia, sobre a conservação da massa na dissolução de açúcar em água. Envolveu 2883 alunos do 7º, 8º e 9º anos, utilizando como instrumento de avaliação um questionário escrito de escolha múltipla entre cinco alternativas, com justificação. Os resultados revelaram que apenas cerca de 60% dos alunos, de cada ano, apresentava ideias de conservação da massa, não se tendo verificado diferença na extensão da ideia, com a instrução.

E poder-se-ia citar mais exemplos, mas o que aqui importa é notar, tal como Gil Pérez (1993) põe em relevo, que a limitação das propostas de mudança conceptual se deve, em parte, à falta de atenção às formas de raciocínio associadas a esquemas alternativos dos

alunos. Isto corresponde, sem dúvida, a uma reabilitação do construtivismo de Piaget e à adoção, no domínio da educação científica, de uma atitude eclética quanto ao construtivismo. Defende este autor que, a par das mudanças conceptuais dos alunos, é também necessária uma profunda mudança metodológica e epistemológica, pois trata-se de fundamentar um conhecimento contra o pensamento comum (neste aspecto seguindo as ideias de Bachelard). Valadares e Costa Pereira (1991) alegam, neste mesmo sentido, que a dificuldade na mudança conceptual resulta do facto das ideias prévias do aluno se alicerçarem na vivência do aprendiz; são modelos que ele construiu da realidade que o cerca, são o resultado da sua observação do mundo e das experiências por que passou. São o fruto dos seus pensamentos, das suas suposições, das suas interrogações e das respostas que para elas encontrou; são, enfim, a sua ciência.

Para além das pesquisas sobre concepções alternativas que revelaram um certo sinal de esgotamento do construtivismo exclusivamente baseado nas concepções alternativas, começou também a aparecer um grande número de artigos dedicados a criticar os aspectos filosóficos, psicológicos e pedagógicos do mesmo. Solomon, falou mesmo em “ascensão e queda do construtivismo”, numa obra sua em que aponta a falta de uma mensagem para o futuro por parte dos seguidores dessa corrente (Solomon, 1994 c).

Matthews (1992), por sua vez, crítica o facto desta forma de construtivismo não se conseguir dissociar completamente do empirismo. Já Suchting (1992) fala de um “construtivismo desconstruído”, numa obra com este sugestivo título, em que apresenta o construtivismo como uma teoria do passado, embora não justifique satisfatoriamente esta afirmação.

As críticas de Solomon centram-se, sobretudo, em mostrar as limitações da metáfora de Kelly, a qual representa o “estudante como um cientista”. Tal metáfora exageraria o valor das concepções alternativas dos alunos, em detrimento da imagem do pensamento científico como algo rigoroso e racional. A consequência é que não seria possível traçar uma linha divisória clara entre as ideias dos aprendizes e as dos cientistas profissionais (Solomon, 1994 c).

Criticando esta posição de Solomon, Gil Pérez et al (1999), dizem que a ideia do estudante como cientista “é uma metáfora cujas limitações já foram assinaladas” por diversos autores e que “não se trata de enganar os alunos, de fazer-lhes crer que os

conhecimentos se constróem com a aparente facilidade com que eles os adquirem, mas de colocá-los numa situação pela qual os cientistas habitualmente passam durante a sua formação, e durante a qual poderão familiarizar-se minimamente com o trabalho científico e com os seus resultados”. É uma tomada de posição perante a valorização do ensino dos conteúdos ou processos em ciência, que se prolonga há muitos anos. E acrescenta: “como afirma Hodson (1992): os estudantes desenvolvem melhor a sua compreensão conceptual e aprendem mais acerca da natureza da ciência quando participam em investigações científicas, desde que haja suficientes oportunidades e apoio para a investigação” (Gil Pérez et al, 1999, p. 507). E, assim, este autor alvitra, como saída para a aparente crise do construtivismo, a investigação orientada. Propõe a realização de trabalhos de investigação em que, constantemente, se verifiquem os resultados das diferentes equipas e se conte com a inestimável ajuda de um especialista, ou seja, para ele, as propostas construtivistas no campo da educação científica concretizam-se num trabalho colectivo de investigação orientada.

Para concluir, salientar-se-ia que as críticas feitas à corrente construtivista são aplicadas a um certo tipo de construtivismo (o das concepções alternativas) e padecem, elas próprias, muitas vezes de um certo *simplismo*, já que se centram quase unicamente nas afirmações de certos pensadores tendendo a esquecer o importante trabalho de integração e síntese que está a ser desenvolvido na área da educação científica. Desse modo, tais críticas conduzem a discussão para fora da problemática concreta do ensino-aprendizagem das ciências. Por outro lado, o termo construtivismo tem sido usado em sentidos tão diversos que a palavra permitiria qualificar como construtivista aquilo que se fez sempre (“eu explico os conhecimentos e os meus alunos reconstróem-nos na cabeça”), ou seja, justificaria a atitude comodista de “deixar as coisas como estão”. Ora, ao criticar-se este sentido psicológico, não está em questão a firme postura epistemológica que a ciência anuncia no sentido do construtivismo.

Contudo, este conjunto de objecções simplistas, de discussões filosóficas afastadas da problemática concreta do ensino-aprendizagem das ciências, ou interpretações *light* que permitem a qualquer um denominar-se construtivista, não impede que continue a existir um *consenso construtivista*, agora muito mais alargado com aspectos estruturais de Piaget e sociais de Vygotsky.

Com as controvérsias que são normais e sadias em qualquer campo científico, o construtivismo continua a ser útil para se avançar — como preconiza Gil Pérez et al (1999) — “para a construção de um novo modelo de ensino-aprendizagem das ciências, capaz de afastar definitivamente o velho modelo de transmissão/recepção de conhecimentos já elaborados e, por fim, de avançar, decisivamente, para a constituição da Didáctica das Ciências como um novo campo de conhecimento científico” (Gil Pérez et al, 1999, p. 509).

#### **4. 4. Um novo modelo para a aprendizagem das ciências: a perspectiva CTS**

Perante os desafios decorrentes do desenvolvimento científico e tecnológico, particularmente do surgimento das novas tecnologias da informação, que põem ao alcance de todos uma grande quantidade e variedade de informação, os especialistas na área do ensino foram obrigados a repensar todo o processo de ensino-aprendizagem. Com efeito, o aparecimento da memória informática teve considerável impacto nas gerações mais jovens, e levou muita gente a pensar que na sociedade contemporânea “cada vez faz menos sentido a memorização de informação” (Freitas, 1992 in Correia e Dias, 1998, p.113).

Neste sentido, Gil Perez (1993) ao fazer uma breve análise dos diversos modelos de ensino-aprendizagem das ciências – ensino tradicional, aprendizagem por descoberta, aprendizagem por recepção significativa, modelos de mudança conceptual, por detecção e tratamento das concepções alternativas dos alunos – propõe um outro modelo para a aprendizagem das ciências. Este, não privilegia somente a mudança conceptual, uma vez que esta se tem revelado de difícil concretização, como foi visto no ponto anterior, mas também a mudança metodológica e a das atitudes.

Surgiu, então, uma nova corrente pedagógica segundo a qual os jovens devem ser preparados para compreenderem as interações entre a *ciência*, a *tecnologia* e a *sociedade*, desenvolvendo capacidades que lhes permitam tomar parte activa nas decisões das

sociedades democráticas que digam respeito a problemas tecnológicos e científicos (Cid e Valente, 1997).

Em essência, é proposto um novo tipo de construtivismo eclético, organizado de tal forma que, na aprendizagem, se parta de *situações problemáticas abertas* que os alunos possam considerar de interesse<sup>14</sup> (Gil e Martinez-Torregrosa, 1983; Driver e Oldham, 1986; Burbules e Linn, 1991; Wheatley, 1991), questões estas a serem resolvidas pelos alunos juntamente com o professor. O trabalho seria em grupo<sup>15</sup>, de modo idêntico ao de uma equipa de investigação científica<sup>16</sup> sob a orientação de um coordenador, mas com a diferença de que o professor conhece as soluções dessas questões. Assim, o trabalho dos alunos, nas aulas de ciências, deve passar a ter as características próprias do trabalho científico, o que implicará uma mudança clara, quer da metodologia quer das atitudes.

Nesta mesma linha, Wheatley (1991) refere que as situações problemáticas abertas, o trabalho científico em equipa e a interacção entre as equipas são três elementos essenciais a considerar numa orientação *radicalmente construtivista* da aprendizagem das ciências.

Trata-se, pois, de reconceptualizar a educação em ciências, introduzindo nos currículos as dimensões Ciência/Sociedade/Tecnologia (CTS).

Referindo-se ao Ensino Básico e Secundário, Sequeira (1997) diz que o principal objectivo do ensino das ciências não é só o de formar futuros cientistas, mas também cidadãos que conheçam as ciências de um modo pluridimensional e pluridisciplinar. Desse modo, poderão participar, de maneira crítica e construtiva, na resolução dos problemas sociais, pois terão maior capacidade de decisão ao conhecer as possibilidades da ciência e da tecnologia para a mudança da sociedade. Assim, “ao aproximar a ciência escolar do dia-a-dia dos alunos, facilita-se-lhes a compreensão da sociedade baseada numa economia onde são predominantes os valores veiculados pela ciência e tecnologia” (Freire, 1993, p.47).

---

<sup>14</sup> Incorporando os aspectos já referidos da motivação.

<sup>15</sup> Seguindo a tendência da aprendizagem cooperativa, inspirada no construtivismo social de Vygotsky.

<sup>16</sup> Tomando posição em favor do ensino dos processos em detrimento dos conteúdos (Gil Perez, 1983).

Relativamente à informação científica, correspondente aos níveis de ensino primário e secundário, acrescenta Campanario (1999) que se deveria fornecer aos alunos os elementos básicos contidos nas disciplinas científicas, de modo a entenderem a realidade que os rodeia e compreenderem qual o papel da ciência na nossa sociedade. O papel do professor será, então, o de orientar o melhor possível este processo para que seja eficiente, sendo a sua função, entre outras, por exemplo, de decidir que a turma passe a uma fase seguinte da aprendizagem, mesmo que nem todos os alunos tenham acabado as tarefas da fase anterior. Desta forma, evita-se que os alunos mais rápidos percam o interesse e ajude-se os mais lentos a finalizarem os seus trabalhos (Gil Pérez, 1993).

Por sua vez, Solomon (1988) defende que o carácter provisório das *teorias científicas* e a sua dependência cultural são noções que devem estar presentes num ensino deste tipo.

Na perspectiva desta autora, o conceito de *tecnologia* deve ser entendido como:

- Sinónimo de aplicação de conhecimentos para fins sociais.
- Um processo destinado a produzir mudanças sociais.
- O resultado de necessidades sociais e de pressões para a inovação.

Relativamente à *sociedade*, a ênfase deverá ser colocada em estimular os alunos, no sentido de os levar a nela participarem, pelas vias democráticas, de forma a expressarem as suas opiniões fundamentadamente e a compreenderem o ponto de vista dos outros, as suas razões e os seus valores (Solomon, 1988).

Também em termos cognitivos, pretende-se que o conhecimento seja valorizado.

A partir das abordagens CTS consegue-se alcançar esse objectivo, uma vez que os alunos necessitam de informação básica para compreenderem os temas debatidos nas aulas e as questões que se lhes colocam.

Nesta ordem de ideias, tal abordagem integra-se numa perspectiva construtivista, pois pretende-se que a base da construção do conhecimento do aluno, seja a sua própria necessidade de conhecer (Santos, 1995).

Neste sentido, há um aspecto importante a ter em conta: a escolaridade obrigatória. Esta desempenha um papel fundamental nas nossas sociedades e é responsável por uma parte importante da educação formal dos jovens. Destina-se a desempenhar um conjunto de funções que devem contribuir para a inserção das novas gerações na sociedade, tratando de

não as tornar alheias aos problemas com que esta se defronta, mas, pelo contrário, educando-as para uma atitude de responsabilidade social. É através da escola e da educação, que se dá a conhecer aos jovens a sociedade onde nasceram e vivem, mostrando-lhes a ligação entre o presente e o passado e ajudando-os a nela perspectivar o futuro. Como refere Arends (Arends, 1971 in Freire, 1993), a escola contribui, desta forma, para preparar os alunos para a construção da futura sociedade.

#### 4. 4. 1. Os currículos pedagógicos numa perspectiva CTS

Um programa curricular na perspectiva CTS deverá, como característica essencial, centrar-se no ser humano, na sociedade e nos seus problemas. Os conteúdos a abordar deverão ser escolhidos tendo em conta o interesse dos alunos, focando — através do debate na própria sala de aula — assuntos relevantes para as suas vidas e pondo em destaque as interacções entre a ciência e a sociedade. Tais conteúdos deverão ser, também, de natureza pluridisciplinar. Por outro lado, nesta perspectiva, não só os conteúdos científicos são importantes, como também é necessário que os alunos aprendam algumas noções sobre a natureza da ciência e sobre a natureza das teorias científicas.

De acordo com Driver e Oldham, (1986), o currículo deveria ser concebido não como um conjunto de saberes e de habilidades, mas antes, como um programa de actividades através dos quais os ditos saberes e habilidades poderiam ser construídos. Hurd (Hurd, 1987) também faz referência à importância de um currículo de ciências, tendo em conta que, através dele, os jovens fiquem habilitados a compreender os problemas sociais causados pelo avanço da ciência e da tecnologia.

De modo semelhante, Teodoro (1982) refere que “os programas curriculares, deverão:

- Dar uma visão do mundo coerente com o estado actual da ciência;
- Criar, desde muito cedo, as atitudes que permitam receber conhecimentos que serão propostos ulteriormente no desenvolvimento dos estudos;

- Preparar para um acolhimento positivo das mudanças futuras da ciência, ou seja, para um espírito científico aberto;
- Ultrapassar as barreiras artificiais entre as ciências (interdisciplinaridade);
- Mostrar, pela experimentação e pela utilização da técnica, os laços múltiplos entre a ciência e a vida”.

Também chama a atenção para o facto de que “a actualização dos programas deverá ser encarada como um processo contínuo” (Teodoro, 1982, p. 38-39). Será então preferível perder mais tempo a relacionar planificações com outros departamentos do que a leccionar todos os conteúdos do currículo da disciplina.

Na perspectiva CTS, a aprendizagem da ciência — da sua história, da sua realidade e construção — deixou de ser considerada como um mero complemento escolar, mais ou menos interessante, que era abordado sempre que restava algum tempo na prática de ensino, para se converter numa componente da *alfabetização cultural* dos cidadãos (Campanário, 1999, Gräber et al., 2001). Hungerford e Tomera (Hungerford e Tomera, 1985, in Cid e Valente, 1997), definem como cientificamente alfabetizado, um indivíduo que apresente, entre outras, estas características:

- Usa a ciência na melhoria da sua qualidade de vida;
- Compreenda e lide com um mundo cada vez mais dependente da ciência e da tecnologia;
- Compreenda as relações que se estabelecem entre a ciência e a tecnologia e o modo como estas influenciam a sociedade.
- Compreenda e use conceitos-chave do conhecimento científico na sua vida quotidiana.

Estas observações resultaram da análise da história do ensino das ciências e das mudanças verificadas na sociedade, na ciência e na tecnologia, e da consequente necessidade de se repensar o que deve ser a ciência escolar para os alunos de hoje. Um dos objectivos é conseguir que eles conheçam a importância da ciência na nossa sociedade e sejam conscientes das relações entre a ciência e a tecnologia.

Com este fim, e para combater o desinteresse dos alunos pelo estudo das ciências — “motivado em parte por uma visão não histórica do ensino” (Solbes e Traver, 2001, p. 159) — começaram a ser incluídos cada vez mais conteúdos metacientíficos nos programas

educativos e nos livros de texto. Com efeito, era necessário modificar a imagem deformada que os alunos tinham das ciências, “por meio da introdução adequada de diversos aspectos que se podem extrair da história da ciência e que mostram de que maneira se produzem os conhecimentos científicos, em que contexto histórico e social apareceram determinadas teorias e que influências exerceram sobre a sociedade e tudo o que a rodeia” (id. ib.). Estes autores realizaram um estudo sobre a aplicação da história da ciência ao estudo da ciência, em diversas escolas da região autónoma de Valencia, em Espanha, com alunos dos cursos de física e química, de idades compreendidas entre os 15 e os 17 anos. Os alunos foram divididos, aleatoriamente, por dois grupos, sendo um de controlo e outro experimental. Os autores puderam comprovar que “os alunos que seguiram um curso de física e química com um tratamento histórico, dentro do modelo didáctico baseado na mudança conceptual, metodológica e de atitudes mostram uma imagem da ciência mais contextualizada e próxima da realidade e, na maioria dos casos, diferenciam-se de forma significativa dos alunos que seguiram um curso que não contemplava esta orientação” (Solbes e Traver, 2001, p. 156).

Um tratamento rigoroso de temas metacientíficos que aumentam o interesse pelo estudo das ciências, pode requerer algum tempo adicional, o que justifica a redução dos conteúdos curriculares puramente conceptuais e metodológicos. Deseja-se, como consequência directa de tudo isto, que os alunos desenvolvam ideias apropriadas sobre o conhecimento científico e sobre os processos de construção do mesmo (Campanário, 1999).

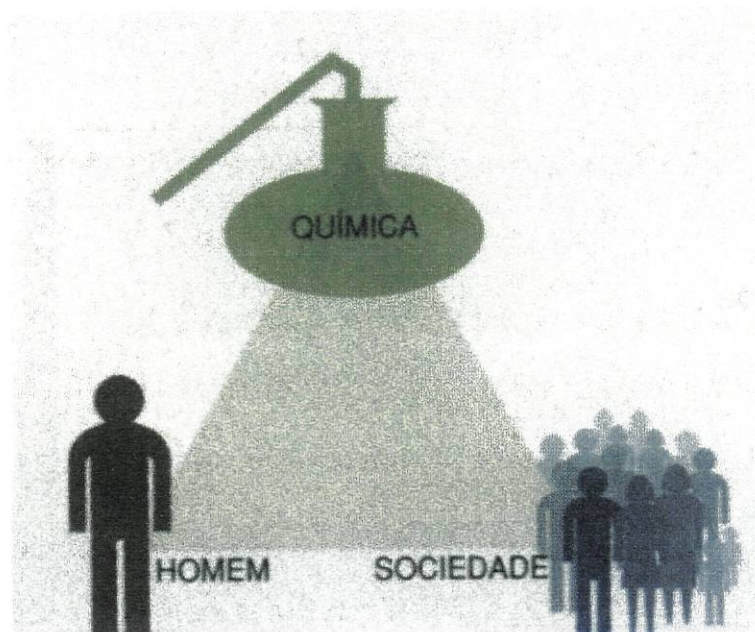
Assim, a tónica curricular na perspectiva CTS deverá ser posta em “estudar” em vez de “ser ensinado”, “compreender” em vez de “receber informação”, “descobrir” em vez de “ser informado” (Slootmaekers, 1978, p.60).

#### 4. 4. 2. O caso particular dos currículos de química

Os currículos das disciplinas de química, deverão responder, também, às exigências da sociedade moderna.

Nos nossos dias, “os jovens tornaram-se mais sensíveis às interações entre a ciência e a sociedade, exigindo que a sua discussão se fizesse nas aulas de ciências” (Freire, 1993, p. 39).

Como já se disse, também as ciências físico-químicas devem visar problemáticas sociais, e devem procurar integrar os alunos no meio social e cultural em que vivem (fig. 3).



**Fig. 3 – Triângulo Química / Sociedade / Homem**

Os alunos são cidadãos em formação, mas alguns potenciais químicos. Uma percentagem muito pequena deles prossegue os seus estudos universitários na área da química.

Poucos são, também, os que usarão, primordialmente, os conhecimentos desta disciplina na sua actividade profissional futura (Dias, 1985).

É neste contexto que se pode colocar as seguintes questões:

- Que química deve ser ensinada nas nossas escolas?
- Como é que o ensino da química pode, e deve, contribuir para a formação do cidadão?

Para se poder responder a estas questões, é imperioso reflectir sobre a importância da química para os alunos dos nossos dias, a fim de desenvolver currículos adequados.

Cada vez há um número maior de pessoas que necessitam das noções das ciências, e em particular da química, e, se elas são consideradas como parte da nossa cultura, será, então, preciso, no mínimo, tornar moderno e atractivo o ensino dessas ciências (Slootmaekers, 1978).

Ou seja, a química está a tornar-se uma ciência viva, que, através da investigação científica, ajuda a resolver muitos dos problemas actuais (Pereira, 1985).

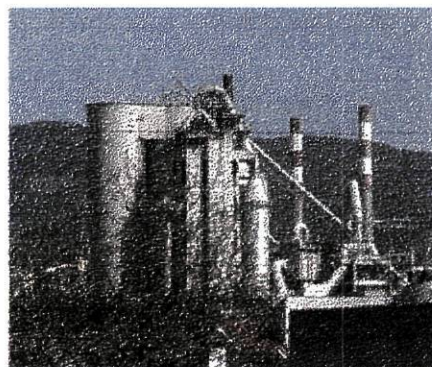
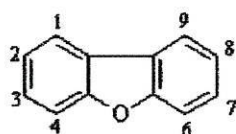
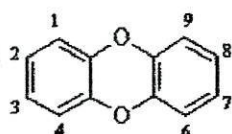
Contudo, a maioria das pessoas ainda vê a química como uma ciência descritiva, baseada num conjunto enorme de símbolos, tabelas, regras, fórmulas e reacções, que parecem não ter fim e não apresentar qualquer interesse prático para as suas vidas. Os antigos cursos de química tinham uma estrutura rígida e estavam sobrecarregados de factos e detalhes que obscureciam o ensino da disciplina.

Considera-se que, ao nível básico e secundário, o ensino da química deverá permitir ao aluno, ao terminar esta fase da sua escolaridade, conhecer bem as propriedades de algumas substâncias naturais e sintéticas que sejam realmente importantes para a sua vida quotidiana, bem como a sua relação com os princípios fundamentais da química. Para os alunos que pretendem prosseguir os estudos nesta área, os conhecimentos adquiridos no ciclo anterior deverão ser uma introdução útil, servindo de alavanca para a aquisição dos novos conhecimentos.

Acima de tudo, a química deverá ser ensinada de forma a despertar o interesse do aluno para esta área do saber e a desenvolver a sua capacidade de resolver os grandes problemas que preocupam a sociedade de hoje (Dias, 1985).

Saber química importa, genericamente, para opinar, e até decidir, no contexto sócio-político.

A co-incineração e o problema das dioxinas é um bom exemplo (fig. 4).



**Fig. 4 – Fábrica de cimento e moléculas de dioxina**

É, pois, indispensável que a escola não constitua um mundo separado da vivência cotidiana. O ensino deve contribuir para tornar a experiência individual mais completa, e integrar o aluno, cidadão em formação, no mundo real. Para isso, é fundamental que os conteúdos dos currículos, e em particular os das disciplinas das áreas de química, estejam conectados com a vida diária, a fim de que os alunos não considerem a ciência do livro escolar como algo estranho à realidade, desarticulando os conhecimentos adquiridos na aula daqueles que são do seu interesse.

No seu livro “The same and not the same” — o prêmio Nobel da química —, Roald Hoffman propugna uma reestruturação dos programas escolares, exactamente neste sentido, de modo a que os estudantes consigam compreender, na prática, “o que é que os químicos fazem” (Hoffmann, 1995, p. 228). Na verdade, “nas sociedades democráticas e industriais o poder político de tomar decisões sobre temas intimamente ligados à química, está nas mãos dos eleitores e seus representantes, que não são precisamente peritos em química. Ora, é importante, no momento dessas decisões, que uma grande parte da população tenha opiniões bem fundamentadas sobre tais temas, como sejam, a engenharia genética, o tratamento de resíduos, ou o problema das drogas” (Erdran, 2000, p.87). Neste sentido, o apelo de Hoffmann é importante, já que se torna imperioso reexaminar os modos como os conceitos químicos são desenvolvidos nas aulas, procurando otimizar a

preparação dos futuros cidadãos que *invadem* as nossas escolas, como consequência da escolaridade obrigatória, mas cujo nível de preparação para tais desafios se tem feito de modo pouco satisfatório. É, pois, como já se disse, urgente colocar *a ciência ao alcance dos não cientistas*, para que estes possam participar, de modo politicamente válido, nas grandes decisões que dizem respeito a toda a sociedade. Este objectivo de “educar para a cidadania”, juntamente com o “aumento da qualidade e a eficácia do sistema de educação e formação na União Europeia”, é mesmo uma das prioridades assinaladas por diversas instâncias da UE, tal como, muito recentemente, foi posto em destaque por Pilar del Castillo, ministra espanhola da Educação, Cultura e Desporto, no âmbito da presidência espanhola da União Europeia<sup>17</sup>.

Assim, é fundamental introduzir nos currículos assuntos que relacionam a ciência e a sociedade (Pereira, 1985). Neste sentido, Solbes e Traver, ao advertir para o facto de que ainda hoje, um amplo sector dos professores de física e química do ensino secundário se preocupa, sobretudo, em ensinar uma ciência para futuros cientistas, engenheiros, etc, e não uma ciência que contribua para a formação geral de todos os cidadãos, afirmam: “Numa sociedade global em que a ciência e a tecnologia jogam cada vez um papel mais importante, se se quer evitar o déficite democrático suposto pelo facto de a informação e as decisões sobre a ciência estarem concentradas em muito poucas pessoas, é necessária essa formação científica que permita aos cidadãos opinar, participar, votar, etc. sobre esses temas” (Solbes e Traver, 2001, p. 159).

Palma e Fernandes (1982) apresentam, para uma maior eficácia do ensino da química, as seguintes sugestões:

- Equipar as escolas de modo a que se possa, efectivamente, introduzir mais química descritiva-laboratorial
- Não sobrevalorizar a capacidade de raciocínio, dando a ideia de que a química é uma ciência completamente dedutiva.
- Coordenar os programas de química com o das outras disciplinas, especialmente com os da física e da matemática.

---

<sup>17</sup> Cfr. “Educação no topo da Europa. Espanhóis pretendem, no âmbito da sua presidência, consolidar a educação como uma área chave dentro da UE”, “Diário de Notícias”, 17 de Janeiro de 2002.

- Dinamizar o contacto escola-sociedade através de visitas de estudo, interacção escola-políticos, escola- autarquias, etc.

Ramos e Ribeiro (1989) descrevem um trabalho, aplicado a 274 alunos, de 12 turmas do 8º ano, realizado por professores em formação de Físico-Química, que consistiu numa planificação e implementação de parte do programa de Química do 8º ano, seguida de um teste que pretendia detectar a influência da estratégia seguida no desenvolvimento das capacidades do aluno, não só a nível cognitivo, mas também a nível dos processos, nomeadamente, na utilização da linguagem científica, na descrição de situações não puramente académicas, e no planeamento de experiências.

O plano elaborado dava orientações no sentido de relacionar os conceitos e princípios do programa curricular com situações da vida real. Para esse fim, foi escolhido um tema ambiental — a utilização dos combustíveis fósseis e a consequente poluição do ambiente — que serviu de ponto de partida para o estudo e/ou aprofundamento de conceitos de reacção química, equação química, reacções endo e exoenergética, combustão de metais e não metais, soluções ácidas e básicas, velocidade de uma reacção química e poluição atmosférica. Os professores, a partir de uma discussão em assembleia, na qual os alunos expunham os seus conhecimentos e opiniões sobre o uso dos combustíveis mais comuns, propuseram-lhes uma pesquisa bibliográfica, com a ajuda das disciplinas de geografia e biologia, sobre o petróleo e seus derivados, incidindo na constituição química.

Após análise e interpretação dos resultados do teste, os professores verificaram que houve, por parte dos alunos, maior interesse e entusiasmo no estudo da química do que em anos anteriores. Também compararam os referidos resultados com os de outros alunos, igualmente do 8º ano, em cujas aulas de química os mesmos conceitos e princípios foram abordados segundo metodologias mais tradicionais. Verificaram, por fim, que numa das escolas, esse interesse levou a um acréscimo significativo no número de inscrições na opção de Quimicotecnia do 9º ano (o número de turmas passou de uma para três).

Por isso, tendo em conta que a ciência e a tecnologia são partes integrantes da vida, é de acreditar que a inserção dos currículos de química no contexto sócio-cultural do aluno, poderá ajudá-lo a melhor entender e apreciar esta ciência, ao descobrir a sua utilidade, quer para a vida quotidiana, quer como ferramenta útil para o estudo de outras ciências.

#### 4. 4. 3. O projecto de desenvolvimento curricular Salters'

Como exemplo concreto de projectos de desenvolvimento curricular de diversas áreas de ciências e, de modo particular, da área de química, no âmbito da perspectiva CTS, tornou-se especialmente conhecido no Reino Unido o projecto de desenvolvimento curricular Salters'.

Atendendo à enorme adesão que este projecto recebeu, por parte dos professores do Reino Unido, e ao grande interesse que gerou noutros países, pode considerar-se como um dos maiores projectos de desenvolvimento pedagógico a nível mundial.

Este projecto tem sido aplicado a estudantes de idades compreendidas entre os 11 e os 19 anos, desenvolvendo-se, de modo contínuo, por quatro tipos de cursos (Campbell et al, 1994):

- Science Focus – que cobre todas as áreas da ciência, para estudantes entre os 11 e os 14 anos.
- Science: The Salters' approach - que cobre todas as áreas da ciência, para estudantes entre os 14 e os 16 anos.
- Chemistry: The Salters' approach – que consiste num programa de química para estudantes, com idades entre os 13 e os 16 anos.
- Salters' Advanced Chemistry - que consiste num programa de química destinado a jovens que estão para ingressar na universidade, com idades entre os 16 e os 19 anos.

Decorridos aproximadamente 10 anos durante os quais o currículo Salters' foi aplicado, Bob Campbell e outros professores da Universidade de York realizaram um trabalho de investigação com o objectivo de fazer uma análise retrospectiva de todo o processo desenvolvido. Através da realização desse estudo, puderam constatar um aumento significativo do número de estudantes que escolheram continuar a estudar ciências após terminar o curso GCSE (General Certificate of Secondary Education, aos 16 anos).

Este programa, como vários outros semelhantes desenvolvidos durante toda a década de 90, tiveram como objectivo escolher referências da vida real para o ensino da ciência nas escolas, na convicção de que “era necessário organizar os currículos científicos

dentro de molduras contextuais e histórias científicas que servissem para envolver os estudantes e motivá-los a desenvolverem uma compreensão do mundo que radica nas tradições científicas e humanísticas” para se transpor “de modo lento, mas firme, o abismo que existe entre os conhecimentos científicos e as preocupações do *bom senso* (...) e fazer assim a conexão, a ponte, entre a teoria e a evidência” (Stinner, 1995, pp.555, 576). Pois, “se é certo que nos nossos dias a demonstração teórica ainda tem um lugar no ensino, os assuntos ensinados devem ser profundamente experimentais, orientados para o próprio trabalho do aluno na sua banca” (Evans e Evans, 1992, p. 114). Foi nessa linha de preocupações que surgiu o programa PLON, nos Países Baixos, e o Salters’ no Reino Unido, destinados a implementar, sob o lema “conceitos nos seus contextos”, guias úteis a serem desenvolvidos nos currículos escolares de vários países, com “materiais curriculares mais atractivos e significativos, destinados a fornecer uma adequada base científica para os estudantes que deverão seguir carreiras científicas, e uma educação em ciência para os estudantes que não vão seguir tais carreiras, ou seja para a grande maioria dos alunos” (Fensham, 1997, p. 43).

As unidades do Salters’ para as ciências “abarcam conceitos básicos de química, física e biologia, dando o devido relevo aos temas tratados e mostrando a interligação entre as três principais áreas da ciência” (Ramsden, 1990, p. 15), baseando-se em diversos princípios, que podem ser resumidos do seguinte modo:

- A educação em ciência deve ser dirigida a todos os estudantes, quer aos que prosseguirão os estudos de ciências a nível superior, quer aos “menos capazes” ou “menos motivados”, de modo a que todos possam adquirir conhecimentos úteis em ciências.
- As unidades em estudo devem começar com situações da vida quotidiana, temas familiares aos alunos pela sua vivência pessoal, ou por conhecimento obtido através dos meios de comunicação social.
- As ideias e os conceitos devem ser introduzidos na medida em que explicam as situações do quotidiano, ou seja, a teoria é introduzida quando a necessidade de saber se torna evidente. Desta forma, os alunos apreendem facilmente a contribuição da química para as suas vidas e para a sociedade em geral.

- Inclusão de uma série de tarefas nas quais os alunos possam participar activamente, como por exemplo, em trabalhos de pequenos grupos ou em discussões organizadas.
- O material didáctico de apoio é concebido de modo a permitir uma grande flexibilidade na organização das lições, e ao mesmo tempo, oferecer um maior apoio e orientação aos professores nas áreas que lhes são menos familiares, ou em que as matérias são expostas de forma inusual.

Em 1994, mais de 500 escolas no Reino Unido já tinham adoptado este projecto — com um ou mais do que um destes cursos — bem como outros países, nomeadamente os Estados Unidos, a Rússia, a Bélgica, a Holanda, a Espanha, a Nova Zelândia e a Eslovénia sofreram influências ou adoptaram cursos Salters’.

Por outro lado, o mundo industrial não ficou alheio a todo este processo. Tal como refere Rudd (1994), num dos seus interessantes artigos sobre educação científica, o Reino Unido tem procurado incentivar as empresas industriais no sentido de assumirem um papel cada vez mais interveniente no processo educativo. Um dos modos de estas participarem no esforço de educação tem consistido no fornecimento de material curricular, tal como amostras, vídeos, folhetos explicativos e cartazes. Mas qual será o proveito que as empresas tiram desse apoio?

Os motivos que levam as empresas a colaborarem dessa forma na educação são vários. Colin Bryant, da North Yorkshire Schools and Industry Association, acredita que a mais forte motivação das indústrias reside na melhoria da sua própria imagem. Com efeito, as indústrias químicas, merecida ou imerecidamente, sofreram duras consequências da recente generalização dos conhecimentos a respeito do ambiente. Ao preparar material educativo que dê uma ideia clara do que fazem e da importância do seu trabalho para a comunidade, tais indústrias favorecem a sua própria imagem e conquistam o reconhecimento público pelo trabalho que realizam.

“Mas há também aspectos mais altruístas — continua Rudd — no apoio que muitas indústrias têm dado à educação. Assim, considerando que o seu trabalho está ao serviço da comunidade e que o apoio dado às actividades educativas é para elas uma verdadeira responsabilidade social, tais empresas têm vindo a promover a ciência e a tecnologia, de

modo a trazê-las para a vida de todos os dias. Deste modo, foi possível que diversas companhias apoiassem novos currículos, como o *Salters'*, concedendo facilidades para mostrar o trabalho que desenvolvem e os seus produtos finais no contexto da vida quotidiana” (Rudd, 1994, p.4).

Um dos benefícios que este apoio das indústrias já trouxe ao ensino das ciências foi o facto de um número crescente de alunos ter querido prosseguir o estudo das ciências para além do ensino secundário, facilitando uma mais qualificada preparação técnica e científica aos futuros trabalhadores industriais.

Por outro lado, o professorado tem tido muito a ganhar com a experiência adquirida no contacto com as indústrias e estas beneficiam igualmente com os ensinamentos dos docentes. Os preconceitos mútuos têm sido superados ultimamente, com vantagem para ambas as partes. A colaboração dos professores na elaboração do material pedagógico das empresas é francamente vantajosa, para que este material tenha real utilidade curricular. Há vídeos muito bem feitos nos quais aparece o ponto de vista das empresas sobre temas polémicos, tais como a energia nuclear, as experiências científicas feitas em animais ou a reciclagem de materiais, que demonstraram ser de grande utilidade para abrir debates na sala de aula, dando aos professores a oportunidade de os apresentar aos alunos e levá-los a fazer aproximações científicas a esses diversos temas.

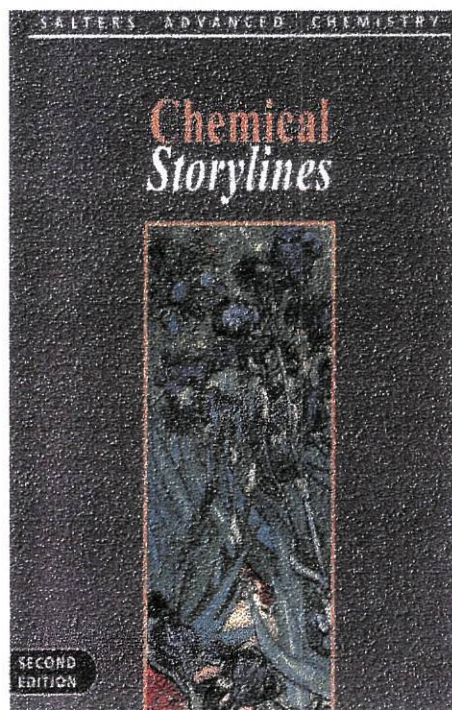
Dexter (1994), sustenta que o ponto chave é que no *Salters' A-level chemistry* (SAC) cada conceito químico é *apresentado* aos alunos, e depois *revisitado*, de unidade em unidade, num desenvolvimento em espiral, ao longo dos dois anos do curso. Alega, a partir da experiência realizada na sua própria escola e em outras escolas experimentais que os estudantes demonstraram uma compreensão mais profunda, através desta abordagem gradual. Refere ainda “é comum, nos dois últimos trimestres de um curso tradicional de química (A-level), que os estudantes comecem a esmorecer e a desanimar, sob o peso das revisões e avaliações, tentando enfrentar a difícil (para eles muitas vezes maçadora) química, que se traduz numa monótona repetição de ideias básicas. O contraste com o método *Salters A-level* não podia ser maior” (Dexter, 1994, p.66).

E Dexter acrescenta que, ao concluir, naquele momento, mais um ano lectivo orientado por tal método, verifica que os alunos “estão satisfeitos e confiantes, e que estudam com verdadeiro prazer as unidades finais. A química continua interessante,

conquanto continue a ser difícil, e as revisões sejam penosas, mas eles (e eu) não duvidam que o método lhes proporcionou um sólido conhecimento dos conceitos”. Continua o mesmo autor, dizendo que a aplicação deste método levou os seus alunos a trabalharem com afinco e com sucesso, mas que a maior força do SAC reside na “motivação que ele oferece”, pois a sua experiência tem provado que o número de estudantes que prossegue os seus estudos de química e de outras ciências aumentou consideravelmente. E conclui: “desde que começámos a aplicar o método Salters’, 77% dos nossos estudantes prosseguiram estudos em carreiras da área das ciências” (Dexter, 1994, p.67)

#### 4. 4. 4. Currículo Salters’ Advanced Chemistry

Foi em 1983 que John Holman, David Waddington e a sua equipa, da Universidade de York, com o apoio do Departamento de Ciências da Educação do Reino Unido, começaram a desenvolver um projecto curricular denominado Salters’ Advanced Chemistry (Holman e Waddington, 1994). Em 1988, um primeiro grupo de estudantes começou a seguir este curso de três anos. O enorme impacto deste curso fez-se sentir, tanto a nível de alunos como de professores, com resultados muito positivos, no que se refere à motivação dos alunos, ao entusiasmo com que passaram a encarar a disciplina e ao aumento significativo do número de estudantes que prosseguiram, na universidade, os seus estudos de química (Ramsden, 1990).



**Fig. 5 – Capa do livro Chemical Storylines**

Este projecto surgiu com o objectivo de reformular o ensino da química, uma vez que se tornava imperioso e urgente alterar profundamente a orientação até então dominante no ensino desta ciência. Sabia-se que os alunos consideravam esta disciplina difícil e sem interesse prático.

Mas essa era a opinião de quase toda a gente. Assim, por exemplo a Royal Society of Chemistry do Reino Unido realizou, no ano de 1995, uma sondagem de opinião na cidade de Huddersfeld, em Inglaterra, para conhecer a atitude do público perante a química (Fensham, 1997).

Os resultados do inquérito revelaram que, para uma camada de pessoas dos 20 aos 60 anos, existia um generalizado desinteresse e ignorância a respeito da química e do seu importante papel na sociedade. Por outro lado, declaravam que a química que tinham estudado na escola era demasiadamente teórica e abstracta, sem ligação com o mundo real. Posteriormente, a Royal Society escolheu um certo número de temas, tais como medicina e saúde, roupas e modas, agricultura e horticultura, para realizar, também em Huddersfeld, um programa de ensino da química, durante 4 meses, o qual obteve grande aceitação.

Em 1994, Fensham (Fensham, 1997) foi chamado para desenvolver este tipo de currículos em Israel. Tratava-se de alunos que estavam a terminar o ensino secundário, mas que não pretendiam prosseguir os seus estudos na área das ciências. Foi escolhido um sugestivo tema, intitulado “Do petróleo aos tomates”, tendo em consideração que o petróleo é um dos mais importantes recursos naturais de Israel e que a produção de tomates para exportação é das mais lucrativas do país.

Pretendia-se, assim, motivar os alunos, tornando-lhes patente a utilidade deste estudo, tanto do ponto de vista da cultura geral como do interesse pessoal de cada um deles como cidadãos daquele país, mesmo quando não seguissem, depois, uma carreira de ciências.

O estudo incidiu sobre as transformações químicas que o etileno e a nafta sofrem, para serem posteriormente utilizados no fabrico das telas plásticas translúcidas, aplicadas nas estufas de produção de tomates, e nos tubos de plástico preto, que revolucionaram as técnicas de irrigação ao permitir o controlo adequado da rega e o aproveitamento racional da água.

Os conceitos químicos foram sendo introduzidos à medida que se explicava todo o processo de produção de tomates: desde o fabrico dos materiais de irrigação e protecção das culturas, passando pela actuação dos pesticidas e fertilizantes, até chegar ao tratamento dos resíduos indesejáveis dessa cultura. “O progresso destes estudantes na compreensão da química foi notável, pois esta tornou-se, repentinamente, atractiva e interessante, mesmo quando eram expostos complexos processos químicos” (Fensham, 1997, p. 44).

No currículo *Salters' Advanced Chemistry*, a abordagem das unidades em estudo, segundo Holman e Waddington (1994), deve, assim, começar por “histórias” relacionadas com aspectos da vida dos estudantes com os quais eles estão em contacto pessoal directo, ou, pelo menos, através dos meios de comunicação social. Estas histórias devem induzir, quando necessário, ao estudo dos conceitos e princípios químicos inerentes às mesmas.

Deste modo, os conceitos seleccionados, bem como o contexto em que são estudados, ajudam a descobrir a contribuição da química para as suas vidas, e a compreenderem melhor o ambiente que os rodeia.

Para se alcançar tal fim, deverão ser incluídas nas aulas diversas actividades práticas, exercícios de grupo, trabalhos de investigação e análise de dados, nas quais os alunos deverão participar activamente (Holman, 1990). Entre os livros de apoio, referem-se: “*The Teachers' Guide*”, “*Chemical Ideas*”, “*Chemical Storylines*”, “*Assessment Pack*”.

Os alunos possuem, assim, dois livros com organizações diferentes - “**Chemical Storylines**” (é a *espinha dorsal* do curso que oferece interessantes contextos dentro dos quais são desenvolvidos os conceitos químicos) e o “**Chemical Ideas**” (onde se explanam os princípios químicos essenciais para a compreensão das *histórias*) – sendo o primeiro livro o ponto de partida para várias “excursões” ao segundo, bem como às actividades propostas pelo professor.

Por sua vez, o livro “*Assessment Pack*” contém um conjunto variado de actividades, incluindo não só práticas laboratoriais, mas também trabalhos de grupo, análise de dados, aplicações de informação tecnológica, etc.

Estes três manuais são acompanhados por um guia do professor - “**The Teachers' Guide**”- que inclui orientações para as actividades, a informação científica, respostas a questões levantadas pelos alunos, etc.

## 5. A REVISÃO CURRICULAR PORTUGUESA E O ENSINO DA QUÍMICA

O insucesso escolar dos alunos é, como já se disse, um dos grandes problemas da escola contemporânea. A sua verificação desanima o professor, ao descobrir a incapacidade em que se encontra de conseguir uma pedagogia de sucesso. Repercute-se também, obviamente, sobre os alunos que se sentem desmotivados para o estudo das ciências. Pretende-se, pois, promover, no nosso país, uma profunda renovação na mentalidade dos docentes, com a qual se espera obter um crescimento sensível no empenho dos alunos e o conseqüente aumento do sucesso escolar. É este o objectivo da revisão curricular portuguesa, que neste momento está em vias de ser aplicada, ao procurar viabilizar uma escola que, a nível do ensino básico, garanta uma educação para todos, entendendo-a como início de um processo de educação e formação ao longo da vida e como preparação idónea para o ensino secundário. Este último assume, como objectivo final, a consolidação dos saberes no domínio científico que conceda ao aluno competências de cidadania e lhe desenvolva um quadro de referências, de atitudes, de valores e de capacidades que lhe permita crescer a nível pessoal, social e profissional<sup>18</sup>.

Um dos aspectos relevantes desta revisão é a inclusão de conceitos da disciplina de Ciências Físico-Químicas nos currículos dos primeiros anos do ensino básico, numa perspectiva social. Pretende-se, deste modo, que os alunos adquiram, além de um conjunto de conhecimentos e competências essenciais para se iniciarem no estudo das ciências em geral uma compreensão científica dos fenómenos e acontecimentos que compõem o mundo físico e social que os rodeia.

Outra novidade desta revisão é a decisão de empenhar os professores em ensinar as ciências a partir de problemas conhecidos dos alunos e não de uma mera exploração teórica do conhecimento científico. Pretende-se, assim, que os alunos passem a compreender o mundo na sua globalidade e complexidade, sendo para isso fundamental o recurso à

---

<sup>18</sup> Decreto-Lei nº 6/2001 e Decreto-Lei nº 7/2001, de 18 de Janeiro do Diário da República, I Série-A, nº 15, 18 de Janeiro de 2001.

interdisciplinaridade. Desta forma, os discentes ficarão com uma visão mais unitária dos diversos saberes. Esta decisão corresponde a um dos objectivos da DGEBS, já expressa em 1991: “a abordagem dos temas pode partir de uma discussão que permita a formulação de problemas com interesse para os alunos, que constituam pontos de partida para o desenvolvimento de actividades. A resolução de problemas, considerada como uma das formas de aprender, uma estratégia de ensino e não um simples exercício de aplicação de uma teoria (Gil y Martinez Torregrosa, 1983), um aspecto fundamental da educação científica, facilita a aprendizagem e o exercício das capacidades nela envolvidas. Deste modo, o aluno aprende a aprender, pensa mais eficientemente, aumentando a capacidade de transferência” (DGEBS, 1991, p. 186). Por outro lado, “a participação na cultura científica, ao resolver problemas em pequenos grupos, reflecte o carácter social da ciência” (Reigosa Castro et all, 2000, p.275).

Um outro aspecto importante a salientar é a necessidade de abordar, numa perspectiva histórica, o ensino dos acontecimentos científicos. É importante que os alunos compreendam como a ciência realmente acontece, conhecendo como se desenvolveram e se consolidaram as ideias científicas, o percurso que fizeram até à sua actual compreensão, os papéis desempenhados pelos diversos investigadores e a interacção entre as provas e a teoria ao longo do tempo (Rutherford e Ahlgren, 1995). É igualmente importante que os alunos saibam que as origens da ciência e da tecnologia recuam às culturas egípcia, grega, árabe e chinesa e que consciencializem o facto de que os cientistas trazem para o trabalho os valores e os preconceitos das culturas em que vivem (Bentley, 1995).

Neste mesmo sentido, os programas de Física e Química A (componente de Química) para o 10º e 11º ano, sugerem que a formação científica deve incluir três componentes: a educação em ciência, a educação sobre ciência e a educação pela ciência, intrínsecas à educação CTS, dirigidas a contextos reais de grande relevância social, cultural e económica ( Programa de Física e Química A para o 10º ano, 2000, Projecto do programa de Física e Química A para o 11º ano, 2001).

No caso da educação em ciência, “o que está em causa é a dimensão conceptual do currículo, o conhecimento em si (conceitos, leis, princípios e teorias) (...). A educação sobre ciência tem como objecto de estudo a natureza da própria ciência, ou seja, os aspectos metacientíficos. Esta dimensão questiona os estatutos e os propósitos da própria

ciência. No último caso, é fundamental que o currículo se debruce sobre processos e objectos técnicos usados no dia-a-dia, que se discutam problemáticas sócio-científicas, que se revele a ciência como uma parte do património cultural da nossa época” (Programa de Física e Química A para o 10º ano, 2001, p.4).

O programa do 10º ano “parte daquilo que o ensino básico preconiza nos aspectos centrais, considerados por isso essenciais” (Programa de Física e Química A para o 10º ano, 2001, p.13).

Este programa trata de “seleccionar as aprendizagens estruturantes relativas ao essencial, pois pretende-se, sobretudo, que os alunos compreendam que o conjunto das explicações usadas em Física e em Química constitui uma ferramenta importantíssima para a interpretação do mundo como hoje existe, a natureza dos fenómenos que lhe terão dado origem e a previsão da sua evolução segundo diversos cenários. No entanto, tais explicações serão sempre uma visão dos problemas já que a compreensão da natureza é multi e interdisciplinar (Programa de Física e Química A para o 10º ano, 2000, p. 9).

O referido programa é composto por três partes: um módulo inicial – *materiais: diversidade e constituição* – que tem como objectivo sistematizar os conhecimentos químicos mais relevantes para este programa, nomeadamente, os elementos químicos, as unidades estruturais, misturas de substâncias, etc. ; a unidade 1 – *das estrelas ao átomo* – que conta a história dos átomos, dos elementos, das partículas subatómicas, a fim de chegar ao estudo da tabela periódica; e a unidade 2 – *na atmosfera da terra: radiação, matéria e estrutura* – que parte do estudo da evolução da atmosfera primitiva para a atmosfera actual para chegar, entre outros, aos conceitos químicos de composição quantitativa de soluções, ligação química, etc. (Programa de Física e Química A para o 10º ano, 2000).

O programa do 11º ano está organizado em duas unidades, sendo uma dedicada à “química e indústria: equilíbrios e desequilíbrio”, e outra denominada “da atmosfera ao oceano: soluções na terra e para a terra”. A primeira pretende salientar a “importância social e económica da indústria geradora de bens de consumo da maior importância para os hábitos e estilos de vida que hoje são adoptados nas sociedades desenvolvidas e em desenvolvimento”. A segunda procura desenvolver a compreensão dos alunos sobre os sistemas aquosos naturais —distinguindo águas próprias para os vários tipos de consumo

— chamando a atenção para os lençóis freáticos e o mar, e pondo em relevo a dimensão social e ambiental dos conhecimentos químicos. Assim, pretende-se que a partir destas unidades, se estudem, entre outros, conceitos químicos associados ao equilíbrio químico, reacções de ácido-base, reacções de oxidação-redução, etc.( Projecto do programa de Física e Química A para o 11º ano, 2001).

Quanto ao ensino da química, a referida revisão curricular vem reforçar um aspecto importante, que é o seu carácter prático. Com efeito, a química é, como se sabe, uma ciência de carácter iminente prático. Não se pode falar dos seus currículos sem dar uma especial atenção às práticas das actividades laboratoriais.



**Fig. 6- Alunos a realizarem uma actividade laboratorial**

É certo, que no ensino das Ciências Físico-Químicas sempre se realizaram trabalhos laboratoriais nas escolas. No entanto, tal como muito bem demonstrou um estudo realizado por Cachapuz et all. (1989), apesar do trabalho laboratorial ser utilizado com uma frequência razoável por professores de Ciências Físico-Químicas, ele consistia,

essencialmente, em demonstrações das teorias apresentadas pelos professores. Tal constatação levou os autores a propugnarem um trabalho laboratorial centrado no aluno e a concebê-lo “não simplesmente como uma ilustração de aspectos teóricos” (Cachapuz et all., 1989, p. 69).

O trabalho laboratorial é, sem qualquer dúvida, muito importante para promover a mudança conceptual. Numa das perspectivas construtivistas, para aumentar o envolvimento cognitivo dos alunos nas actividades laboratoriais, é necessário que este tipo de aulas não sirva apenas para confirmar/ilustrar os conhecimentos previamente apresentados (Gil Perez e Martínez Torregrosa, 1883), mas sim “para interpretar ou explicar problemas do dia-a-dia, que interessam ao cidadão comum, apesar da variedade de contextos a que, para o efeito, se poderia recorrer. O recurso a estes contextos tornaria o conceito a aprender mais significativo e útil; e seria importante, uma vez que se sabe que o conhecimento tende a ficar inerte quando adquirido de um modo isolado de contextos problemáticos” (Afonso e Leite, 2000, p. 201).

Disso são exemplos o caso da agricultura, da poluição ambiental ou da saúde humana.



**Fig. 7 - Poluição das águas**

Outro aspecto da revisão, para o qual cumpre chamar à atenção, refere-se à promoção de debates sobre os temas leccionados. Esta faceta vem ao encontro das propostas de diversos autores, tais como as de Solomon (Solomon, 1994 a), que recomenda, insistentemente, a realização, durante os trabalhos práticos, de debates entre os alunos, a fim de planear as experiências, interpretar os resultados e explicar mutuamente determinados conceitos.

A presente revisão curricular propõe ainda que as aulas de componente laboratorial sejam entendidas de uma forma mais alargada. Para além das actividades laboratoriais tradicionais sugere-se a realização de actividades não laboratoriais, tais como trabalhos práticos em que os alunos manipulem recursos e materiais diversificados, nomeadamente: utilização de computador, realização de entrevistas, elaboração de cartazes, debates sobre temas levantados pelo professor; ou ainda trabalhos experimentais que envolvam a manipulação de variáveis.

A nova orientação para as aulas de componente laboratorial, pretende que estas deixem de constituir meras ilustrações dos conhecimentos transmitidos e passem a integrar actividades de investigação.

Deste modo, o trabalho prático / laboratorial / experimental proporcionará uma formação mais rica em ciência e sobre ciência.

Actualmente, e como já foi referido, considera-se que essa educação não deverá consistir tanto no estudo dos conceitos e conteúdos, recorrendo essencialmente à memorização (conhecimento disciplinar), mas, sobretudo, deverá procurar uma maior compreensão da ciência e da tecnologia, em que se dê relevo às relações entre uma e outra e às suas implicações na sociedade, privilegiando o *conhecimento em acção*.

Por outras palavras, o “ensino da ciência deverá apresentar uma visão externalista” (Programa de Física e Química A para o 10º ano, 2001, p.5), ou seja, pretende-se seguir uma perspectiva de ensino do tipo CTS.

\* \* \*

As orientações que serviram de suporte a esta revisão assentam, claramente, na mais recente reflexão que tem sido desenvolvida na área da Didáctica das Ciências, a partir dos anos 80, a nível internacional, sobre as finalidades da educação científica.

É bem de ver que toda a filosofia inerente a esta revisão curricular se filia na orientação CTS, e de modo muito particular procura seguir os modelos propostos pelos currículos Salters'. Cumpre, no entanto, chamar a atenção para certas fragilidades (Costa Pereira, 2002) presentes nos documentos divulgados pelo Ministério da Educação, relativamente a esta revisão curricular, nomeadamente: a inexistência de um suporte conceptual explícito e independente; a falta de um equivalente do livro "Chemical Ideas", que parece ser de fundamental importância; bem como a não cobertura de todas as áreas importantes, entre outros aspectos.

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGIA**

## 1. INTRODUÇÃO

Este capítulo tem por objectivo descrever os procedimentos seguidos durante o estudo, cujos resultados serão, posteriormente, apresentados e analisados.

A metodologia seguida foi a do tipo quasi-experimental. Com efeito, na investigação educacional é muitas vezes impossível realizar experiências nas condições ideais. Na melhor das hipóteses, consegue aproximar-se de situações verdadeiramente experimentais, sobre as quais se deve exercer um controlo que garanta a máxima aleatoriedade possível na constituição das amostras — condição essencial para se poder realizar uma autêntica experimentação.

A metodologia empregue pelos investigadores nestas circunstâncias é denominada quasi-experimental (Cohen e Manion, 1997), pois consiste numa situação que se poderá qualificar como de “compromisso”, já que na investigação educacional a opção aleatória é quase sempre impraticável, uma vez que as turmas já se encontram formadas.

## 2. DESCRIÇÃO DO ESTUDO

O estudo foi realizado com turmas regidas por colegas, que gentilmente se disponibilizaram a colaborar neste trabalho. Foi dividido em duas fases: uma fase piloto e outra fase principal. A primeira destinou-se fundamentalmente a validar a metodologia e os materiais a empregar na segunda. Trabalhou-se, em cada um delas, com duas turmas: uma de controlo e outra experimental.

Em ambas as fases, as turmas frequentavam a disciplina de Técnicas Laboratoriais de Química - Bloco I, do 10º ano de escolaridade, sendo regidas pelo mesmo professor.

É de notar que a unidade programática leccionada foi a mesma – “Operações Unitárias” – embora, o modo de abordagem em cada uma das turmas tenha sido distinto: na turma experimental, aplicou-se aquele cuja eficiência se procura averiguar, na de controlo, o tradicional.

O objectivo principal da nova abordagem utilizada no ensino – na qual os conceitos são leccionados a partir de episódios explicáveis pela Química – é fazer que os alunos percebam a relação entre o que aprendem na sala de aula e o que os rodeia no dia-a-dia, facilitando e estimulando, assim, a sua predisposição para aprender.

O primeiro passo dado aquando da aplicação desta abordagem a uma turma denominada por **grupo experimental**, foi o despertar a curiosidade dos alunos para situações relacionadas com o mundo em que vivem, e, particularmente, neste caso, para alguns problemas associados aos solos, agricultura e protecção ambiental. Tentou-se criar um clima na sala de aula onde todos os alunos se sentissem à vontade para participarem nas discussões sobre o tema. O professor tentou assumir apenas o papel de animador e orientador do debate.

Deste diálogo surgiram tópicos que lhes suscitaram interesse em conhecer algumas características de amostras de solos.

O passo seguinte do estudo foi o do trabalho laboratorial. Foram constituídos grupos de três ou quatro alunos, recolhendo cada grupo, na zona onde habitava, uma amostra de solo. As mesmas foram, então, tratadas e estudadas recorrendo a várias operações unitárias (cfr. Apêndice V-3), ficando-se assim a conhecer-se algumas das suas características.

Por fim, concluiu-se a unidade com uma discussão, apoiada nos resultados obtidos por cada grupo de trabalho, e uma explicação teórica (cfr. Apêndice V-2.1) baseada no método tradicional, de alguns conceitos associados à constituição do solo e às operações unitárias.

O outro modo de abordagem – apoiado no que é utilizado no ensino tradicional – foi aplicado à turma denominada por **grupo de controlo**. O professor expôs teoricamente os conteúdos a leccionar, e, a partir daí, os alunos trabalharam os assuntos a estudar.

Foi tratado o mesmo tema, embora este tenha sido abordado de maneira diferente da anterior.

O professor apresentou e explicou os conceitos associados à constituição do solo e às operações unitárias necessárias ao estudo das amostras.

Em seguida, repetiu-se o mesmo procedimento laboratorial apresentado ao grupo experimental.

Para concluir a abordagem, realizou-se um diálogo entre os vários grupos sobre os resultados obtidos da execução laboratorial, seguindo-se então um debate sobre a importância do estudo do solo para a agricultura e a necessidade de protecção dos solos e do meio ambiente, no qual o professor, tal como na situação anterior, tentou assumir apenas o papel de animador e orientador da discussão.

Foram elaborados, como suporte ao conjunto de aulas, um texto de motivação (cfr. Apêndice V-1), sobre a química e o desenvolvimento agrícola, um texto de fundamentos teóricos sobre o solo e outro sobre as operações unitárias (cfr. Apêndice V- 2.1 e 2.2) e um guia de trabalhos laboratoriais (cfr. Apêndice V-3).

É de referir que os materiais utilizados e o tempo dispendido foram os mesmos, e que, o que fundamentalmente diferiu é que os “episódios” no grupo experimental aparecem no currículo como organizadores avançados (Ausubel e Robinson, 1969) de conceptualização enquanto que no grupo de controlo aparecem somente como ilustração ou aplicação da conceptualização.

### **3. CALENDARIZAÇÃO DO ESTUDO**

O estudo foi realizado em duas fases, tendo cada uma decorrido num total de doze horas lectivas, distribuídas por quatro sessões e divididas em blocos de uma ou duas horas. Nos quatro blocos de aulas de duas horas, os alunos realizaram os trabalhos laboratoriais sugeridos; nas outras quatro aulas, com a duração de uma hora, apresentou-se-lhes o problema, desenvolvendo-se os conceitos químicos contemplados na unidade em análise.

A primeira fase — a do estudo piloto — decorreu durante os meses de Novembro e Dezembro de 1999. Foi feito o ensaio do estudo, sendo testados todos os trabalhos laboratoriais a realizar no laboratório, os textos fornecidos aos alunos e testes de avaliação.

A segunda fase — a do estudo principal — decorreu durante os meses de Fevereiro e de Março de 2000, repetindo-se o que tinha sido realizado na etapa anterior. O material de apoio e os procedimentos utilizados foram os mesmo do estudo piloto, depois das referidas rectificações.

As datas e tempos necessários à realização do estudo foram previamente combinados e ajustados com os professores das turmas, que disponibilizaram as mesmas para os fins em vista, após a autorização do Conselho Executivo da Escola.

## 4. ESTUDO PILOTO

### 4. 1. Caracterização da amostra

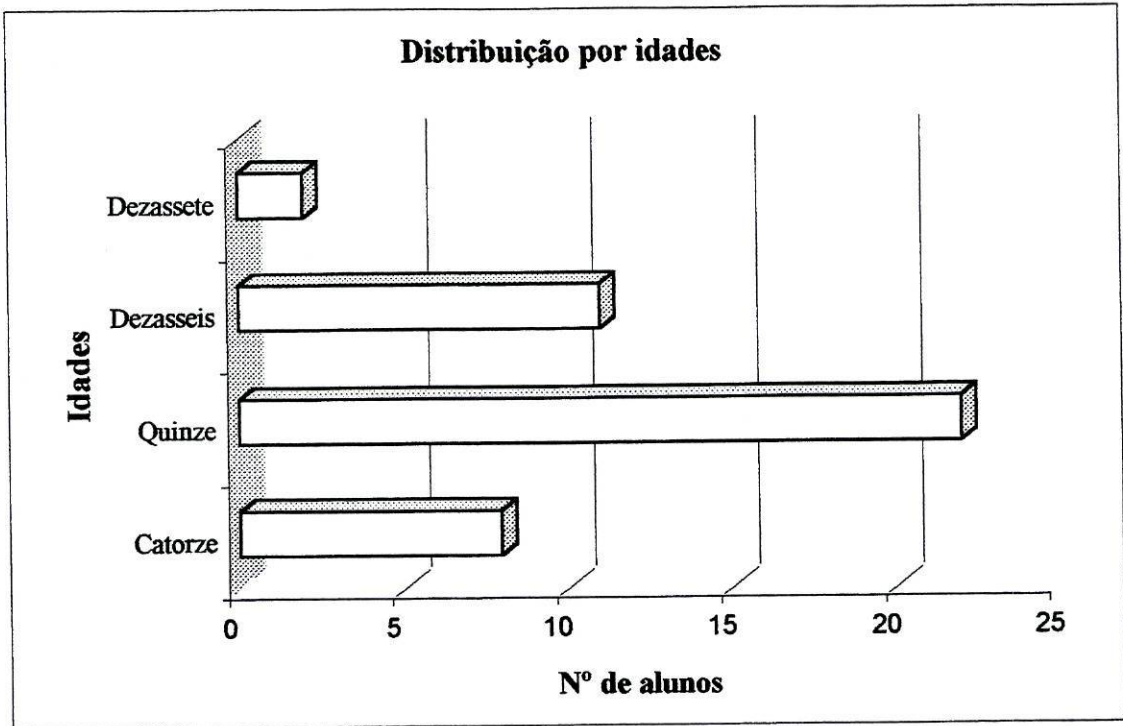
A amostra, num total de 43 alunos, proveio de duas turmas do 10º ano de escolaridade, que frequentavam a disciplina de Técnicas Laboratoriais de Química – Bloco I — regidas pelo mesmo professor. As turmas foram divididas em dois grupos, assumindo um o papel de grupo de controlo e a outro o de grupo experimental.

Apresenta-se na tabela 1 as características gerais dos sujeitos da amostra:

**Tabela 1 – Caracterização geral da amostra do estudo piloto**

Nº de Alunos	Idades			Sexo	
	Mínima	Máxima	Média	Masc.	Fem.
43	14	17	15,2	23	20

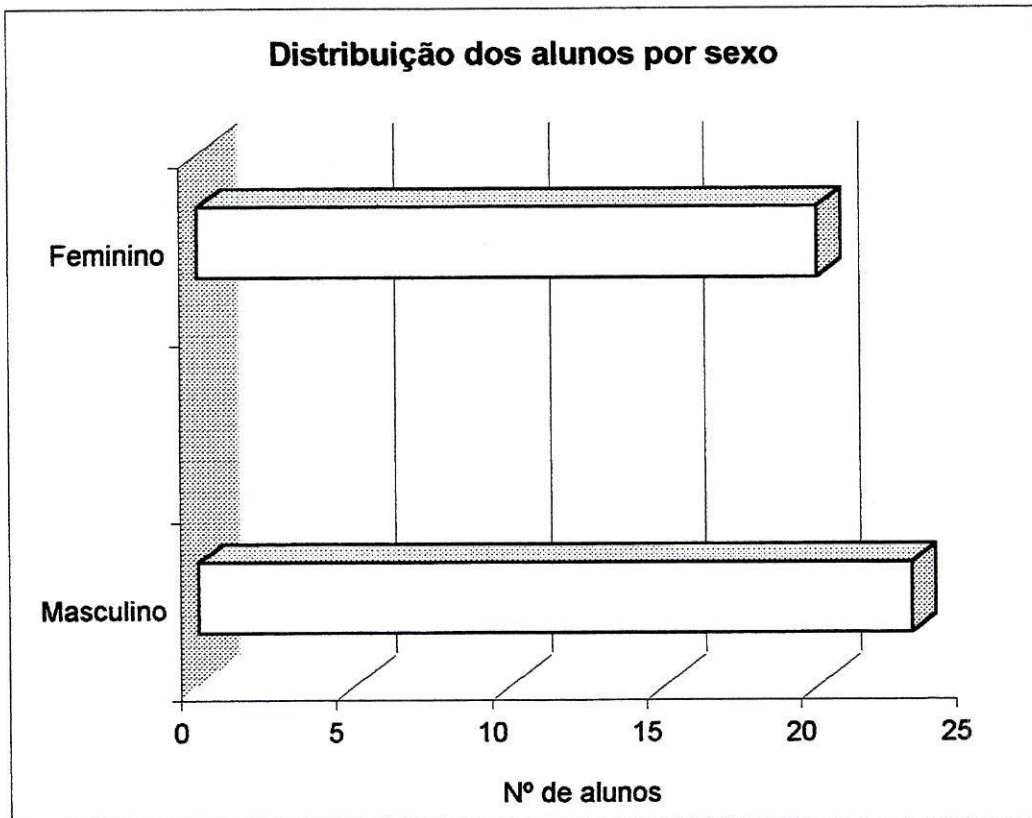
No gráfico 6 apresenta-se a distribuição de idades dos alunos da amostra:



**Gráfico 6 - Caracterização da amostra do estudo piloto, por idade**

Conforme se pode ver pelo número de sujeitos representado no gráfico 6, apesar da faixa etária abranger idades compreendidas entre os catorze e os dezassete anos, apenas 4,7% dos sujeitos se incluem nos dezassete anos, estando os outros 95,3% distribuídos entre os catorze e os dezasseis anos de idade, representando os alunos de quinze anos 51,2% da amostra.

A partir do gráfico 7 observa-se uma pequena predominância do número de rapazes relativamente ao número de raparigas:



**Gráfico 7 – Caracterização dos alunos da amostra do estudo piloto, por sexo**

As turmas intervenientes no estudo foram distribuídas por dois grupos, tomando cada um deles, respectivamente, o papel de grupo de controlo e de grupo experimental.

## **4. 2. Objectivo do estudo piloto**

Como já se referiu, foi feito um estudo prévio, em duas turmas piloto, com vista à realização do estudo principal. Este, teve como finalidade recolher resultados, a partir da avaliação dos alunos.

Deste modo, foi possível indagar se os objectivos propostos tinham sido ou não atingidos, detectar as causas responsáveis pelo facto daqueles não serem plenamente alcançados, efectuar uma reelaboração das estratégias utilizadas durante este processo de ensino e corrigir alguns dos materiais usados, inclusivamente o fraseado dos testes.

## **4. 3. Instrumentos de avaliação**

Para instrumentos de avaliação foram elaborados um pré-teste (cfr. Apêndice I-1) e um pós-teste, (cfr. Apêndice I-2).

O pré-teste teve como finalidade aferir os conhecimentos que os alunos já possuíam do assunto em estudo e o pós-teste, indicar a alteração de conhecimentos após a abordagem do tema, permitindo assim realizar uma avaliação dos ganhos da aprendizagem.

## **4. 4. Validação dos instrumentos de avaliação utilizados**

Todos os documentos de avaliação, após a sua elaboração e antes de terem sido fornecidos aos alunos, foram submetidos à análise de dois especialistas, um da área de Educação e o outro da área de Química, ambos pertencentes ao Departamento de Química da Universidade do Porto, que exprimiram o seu parecer relativamente à clareza e à adequação das questões aos objectivos do estudo.

Após a sua aplicação e análise dos resultados verificou-se a necessidade de se proceder a alguns ajustamentos, uma vez que se detectaram:

- Algumas dificuldades na compreensão da linguagem dos textos apresentados, nomeadamente no texto de fundamentos teóricos.
- Certas dúvidas em alguns conceitos que à partida seria suposto serem conhecidos.
- Pouca clareza, em algumas partes do protocolo das aulas práticas que dificultavam a realização do trabalho laboratorial.

Foram igualmente testados os tempos concedidos às várias experiências.

Observou-se que existiam, por vezes, alguns tempos mortos durante a realização experimental, ou, noutros casos, falta de tempo para concluir algumas das experiências propostas. Assim, foi necessário, em algumas situações, alterar a sequência dessas experiências.

Os pré-teste e pós-teste utilizados na fase piloto também sofreram algumas modificações. Foram acrescentados alguns itens, corrigidos e retirados outros, uma vez que se detectou que alguns dos conteúdos a avaliar não eram focados e outros eram do senso comum, não se verificando qualquer alteração no tipo de resposta dada antes e depois do estudo.

Considerou-se relevante acrescentar questionários escritos que pretendiam avaliar as atitudes dos alunos.

Este estudo foi fundamental para observar o comportamento dos alunos e dificuldades encontradas na compreensão dos textos elaborados como suporte teórico e prático das aulas, tendo-se assim aferido e corrigido todo o material e revisto todo o procedimento, que mais tarde, se aplicou aos grupos de alunos intervenientes no estudo principal da investigação.

## 5. ESTUDO PRINCIPAL

Aproximadamente dois meses após a realização da fase piloto foi leccionada a mesma unidade, utilizando outras duas turmas, diferentes das envolvidas na fase piloto, e do mesmo ano de escolaridade.

Tal foi possível, uma vez que o professor regente da disciplina, se dispôs a alterar a calendarização da planificação anual, permitindo assim efectuar o estudo principal já com todo o material devidamente aferido e corrigido.

### 5.1. Caracterização da amostra

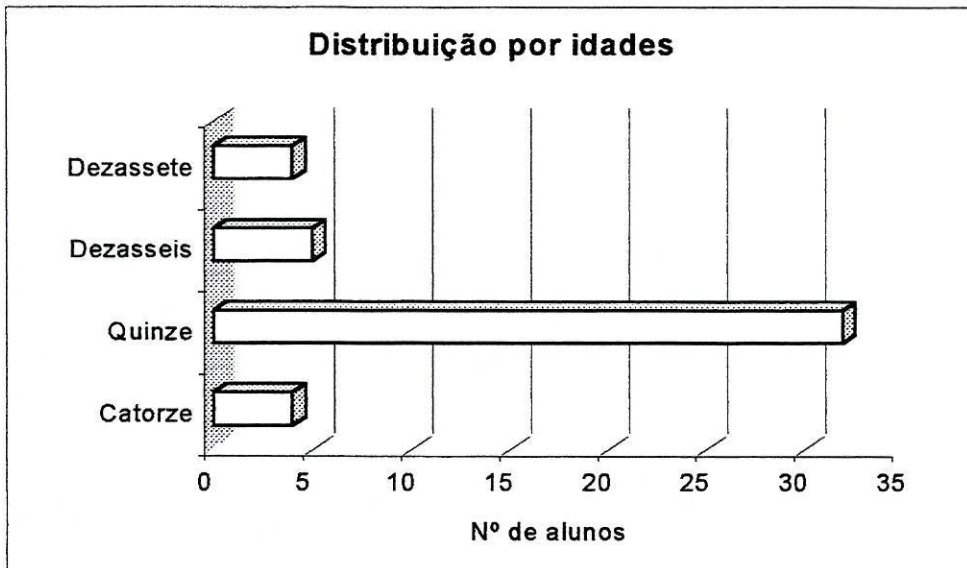
A amostra, num total de 44 alunos, é proveniente de duas turmas do 10º ano de escolaridade, que frequentam a disciplina de Técnicas Laboratoriais de Química – Bloco I — regidas pelo mesmo professor.

Na tabela 2 apresentam-se as características gerais dos sujeitos da amostra do estudo principal:

**Tabela 2 – Caracterização geral da amostra do estudo principal, por idades**

Nº de Alunos	Idades			Sexo	
	Mínima	Máxima	Média	Masc.	Fem.
44	14	17	15,2	20	24

No gráfico 8 observa-se a respectiva distribuição por idades:

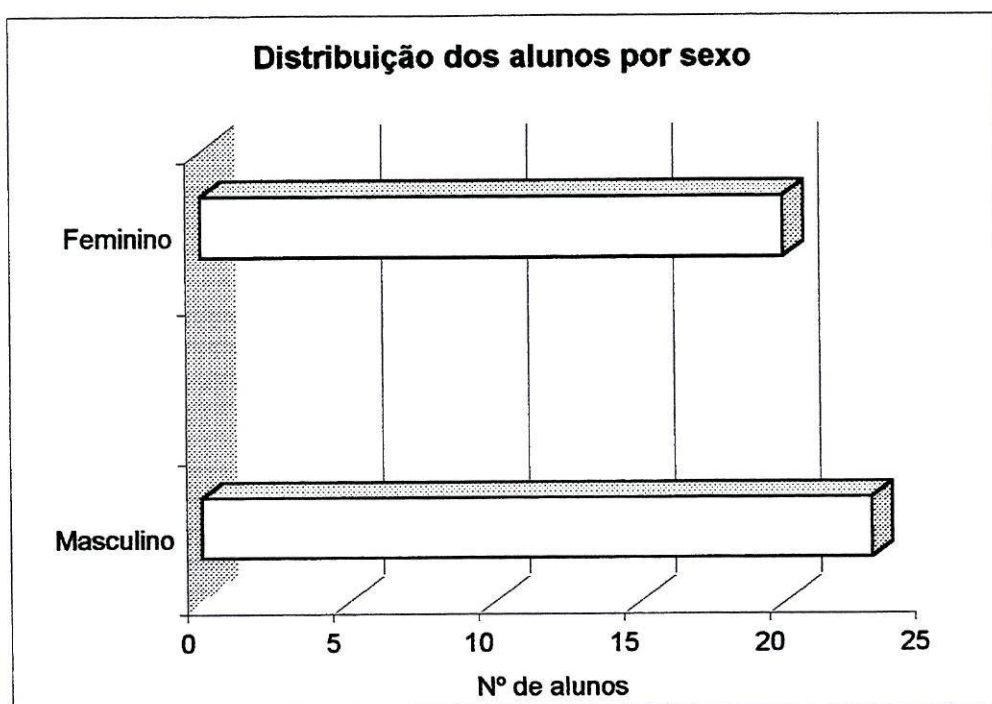


**Gráfico 8- Caracterização dos alunos da amostra, por idade**

Constata-se, com base neste gráfico, que apesar da faixa etária abranger idades compreendidas entre os catorze e os dezassete anos, apenas 9% dos alunos se incluem na faixa dos catorzes anos e dos dezassete anos, 11% incluem-se na faixa dos dezasseis anos e os restantes 71% dos alunos apresentam a idade de quinze anos.

Os sujeitos da amostra foram distribuídos por dois grupos, de acordo com as turmas que frequentavam, tal como aconteceu na fase piloto, tomando um deles, o papel de grupo de controlo e o outro, o papel de grupo experimental.

O gráfico 9 apresenta a distribuição dos alunos do estudo principal por sexos:



**Gráfico 9- Caracterização dos alunos da amostra do estudo principal, por sexo**

Observa-se alguma predominância no número de rapazes relativamente ao número de raparigas.

## 5. 2. Caracterização dos instrumentos de avaliação

Como instrumentos de avaliação foram elaborados um pré-teste, um pós-teste e inquéritos escritos.

O pré-teste (cfr. Apêndice I-1), realizado no início da primeira aula, é formado por uma prova escrita de escolha múltipla por opção da melhor resposta (Carrasco, 1989) constituída por um questionário composto por 15 questões, apresentando cada uma delas uma série de quatro respostas, das quais o aluno deve escolher aquela que está correcta.

Foi escolhido este tipo de teste, uma vez que, a partir da análise dos resultados obtidos, se podem detectar erros generalizados quando resposta incorrectas ou menos correctas são muito escolhidas, diagnosticar dificuldades na compreensão de termos utilizados durante a abordagem dos assuntos, deficiências de aprendizagem que necessitem de posteriores reajustamentos (devido à existência de várias opções de resposta), obter informação dos alunos respeitante ao conhecimento de factos específicos (Lafourcade, 1972).

Para a classificação desta prova aplicou-se a seguinte expressão:

$$R = A - E / N - 1 \quad (3.1)$$

R = resultado ou pontuação final

A = respostas certas

E = respostas erradas

N = número de respostas alternativas ou possíveis

O pós-teste (cfr. Apêndice I-2), realizado após a conclusão do estudo, é também formado por uma prova escrita de escolha múltipla por opção da melhor resposta (Carrasco, 1989), igual à aplicada no pré-teste, de modo a avaliar os mesmos conteúdos da primeira parte do estudo.

O questionário de resposta aberta é composto por 9 questões, ao qual o aluno dá respostas livres, exprimindo as suas opiniões, enquanto o que se baseia na “escala de Likert”, composto por 8 proposições, avalia o grau de concordância face a cinco categorias ordenadas (Damas, De Ketele, 1985).

A aplicação destes dois últimos questionários permitiu que a avaliação do aluno não se limitasse apenas ao campo cognitivo (a partir dos resultados obtidos nas provas escritas de opção da melhor resposta), mas também se referisse ao campo afectivo, uma vez que não se pode esquecer que o aluno é uma pessoa dinâmica.

Deste modo, procurou comprovar-se, com o maior rigor possível, em que medida os alunos conseguiam alcançar o que foi determinado nos objectivos, tentando fazer “um juízo de valores sobre os aspectos cognitivos e comportamentais produzidos em consequência de experiências e actividades educativas dos alunos” (Carrasco, 1989, p.11).

### **5. 3. Recolha dos resultados**

A recolha dos resultados efectuou-se nos dois grupos em estudo — grupo de controlo e grupo experimental — ao longo das quatro sessões, referidas anteriormente. Nos quatro blocos de aulas de duas horas, os alunos realizaram os trabalhos laboratoriais sugeridos, nas outras quatro aulas, com a duração de uma hora, apresentou-se-lhes o problema em estudo, desenvolvendo-se os conceitos químicos contemplados na unidade. A partir dessa planificação horária, seguiu-se a respectiva ordem de trabalhos:

- 1- Resolução de um pré-teste, constituído por um questionário escrito individual, depois de uma conversa curta com os alunos, explicando-lhes que os resultados obtidos da investigação não eram usados como instrumento de avaliação quantitativa, mas sim, eram tomados em conta apenas como objecto de avaliação dos métodos utilizados na investigação. No entanto, chamou-se-lhes à atenção que os conteúdos que diziam respeito às operações unitárias seriam avaliados no teste de avaliação de final de período, e que alguns dos relatórios dos trabalhos laboratoriais seriam sorteados, para serem classificados.

- 2- Exposição, feita pelo professor, do tema a abordar. Esta exposição foi iniciada, numa das turmas (grupo de controlo) pelo texto de fundamentos teóricos e na outra (grupo experimental) pelo texto motivador. Em ambas as turmas, os alunos mantiveram uma conversa entre eles e com o professor.
- 3- Execução dos trabalhos laboratoriais, que serviam de suporte ao tema a estudar.
- 4- Resolução do pós-teste, constituído, também este, por um questionário escrito individual.

A atitude do professor ao longo das diversas etapas do estudo foi a de observador atento, de esclarecedor, quando solicitado, durante a execução dos trabalhos laboratoriais e de animador ou orientador nos debates realizados pelos alunos.

Durante todo o período de investigação, esteve sempre presente a preocupação de deixar aos alunos a maior liberdade possível para participarem directa e espontaneamente nas aulas de fundamentos teóricos e nas de motivação, bem como nas aulas de execução laboratorial, fazendo-os acompanhar activamente todo o processo de aprendizagem de acordo com uma opção construtivista de educação.

No entanto, com o objectivo de facilitar a compreensão, realização e execução dos trabalhos laboratoriais, o professor chamou a atenção dos alunos para alguns aspectos importantes das tarefas que iam realizar.

Foi também apresentado um esquema (cfr. Apêndice V-2.1), no qual se destacava a ligação entre as diversas operações unitárias, de modo a que os alunos melhor visualizassem a relação entre elas, e compreendessem que, a partir das mesmas, era possível atingir o objectivo em questão: conhecer algumas características das amostras de solos.

## 5. 4. Tratamento e análise dos resultados

No presente estudo, recorreu-se a duas formas distintas de tratar e analisar os resultados obtidos: um tratamento estatístico aplicado aos resultados adquiridos, a partir dos pré e pós testes, e uma análise qualitativa aplicada aos resultados dos questionários de respostas abertas e aos questionários baseados na “escala de Likert”.

A medida escolhida para a aprendizagem foi o resultado residual de aprendizagem, que se baseia na regressão linear do pós-teste no pré-teste e se define para cada indivíduo como a diferença entre o seu *score* no pós-teste e o *score* previsto pela regressão. Teve por intenção avaliar os ganhos residuais de aprendizagem alcançados em cada um dos grupos. A escolha do referido método deve-se ao facto da simples diferença pós-teste/pré-teste ser reconhecidamente (Ferguson e Takane (1989) uma medida inválida da aprendizagem, já que está correlacionada negativamente com a nota do pré-teste.

A aprendizagem foi então medida utilizando a recta de regressão dos resultados do pós-teste em função dos resultados do pré-teste, calculando os ganhos da aprendizagem – ganhos residuais – através da diferença entre os valores previstos para o pós-teste a partir dos valores obtidos pelos alunos no pré-teste e o próprio valor do pós-teste.

Este modo de calcular o ganho de aprendizagem, recomendado por Campbell e Kenny (1999), Ferguson e Takane (1989) e Glass e Hopkins (1984), tem também a vantagem de eliminar alguns erros inerentes aos estudos experimentais ou quasi-experimentais, que poderiam ter afectado os resultados, nomeadamente, o de se seleccionarem para o estudo alunos que obtiveram classificações extremas no pré-teste.

As etapas seguidas, para o tratamento dos resultados<sup>1</sup>, foram:

1º - Avaliação e quantificação das respostas dadas pelos alunos nos testes (pré-teste e pós-teste).

2º - Representação gráfica dos valores obtidos no pós-teste (y) em função dos valores obtidos no pré-teste (x).

3º- Cálculo dos valores esperados no pós-teste ( $y_{\text{esperado}}$ ) a partir da equação da recta de regressão obtida ( $y_{\text{esperado}} = m.x + b$ ).

---

<sup>1</sup> Os resultados foram tratados usando o programa Excell, num ambiente Windows 2000.

4º- Cálculo dos valores do ganho residual da aprendizagem corrigido (GRAC) para cada aluno, a partir da expressão 3.2:

$$\text{GRAC} = \text{GRA} + |\text{menor ganho}| \quad (3.2)$$

Realizou-se o cálculo do valor do ganho residual da aprendizagem corrigido para eliminar valores negativos para a grandeza “ganho”.

5º- Cálculo do ganho residual da aprendizagem corrigido médio (GRACM) para cada grupo, a partir da expressão da média.

Para verificar se a diferença de médias dos ganhos de aprendizagem eram significativas em termos estatísticos, submetem-se os GRCM a um teste de significância estatística, designado por teste t de Student (Ferguson e Takane, 1989, p. 186). É necessário calcular neste teste, para amostras não relacionadas, a variância total nos resultados entre os sujeitos.

O cálculo da variância ( $s^2$ ) das médias das amostras foi feito a partir de expressão:

$$s^2 = \frac{\sum_{N_1} (X - \bar{X}_1)^2 + \sum_{N_2} (X - \bar{X}_2)^2}{N_1 + N_2 - 2} \quad (3.3)$$

O erro padrão da diferença entre as duas médias é dado por:

$$s_{\bar{X}_1 - \bar{X}_2} = \sqrt{\frac{s^2}{N_1} + \frac{s^2}{N_2}} \quad (3.4)$$

A diferença entre as médias,  $\bar{X}_1 - \bar{X}_2$  é, a seguir, dividida pela estimativa do erro padrão para obter o valor de t:

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{s^2 / N_1 + s^2 / N_2}} \quad (3.5)$$

em que:

$\bar{X}_1$  = média dos valores dos ganhos residuais corrigidos do grupo de controlo.

$\bar{X}_2$  = média dos valores dos ganhos residuais corrigidos do grupo experimental.

$N_1$  = número de alunos do grupo de controlo.

$N_2$  = número de alunos do grupo experimental.

$N_1 + N_2 - 2$  = número de graus de liberdade.

A estatística t mede a diferença entre as médias dos ganhos para os dois grupos, tomando em consideração a variância total. Para que o valor observado de t seja significativo, para um determinado nível de significância, terá de ser igual ou superior aos valores de t apresentados na tabela que se encontra no apêndice III.

A análise qualitativa dos resultados dos questionários de respostas abertas, aplicados aos dois grupos, foi feita a partir da apreciação dos conteúdos das respostas. As respostas dadas a cada uma das questões, com características semelhantes, foram agrupadas, para posteriormente serem comparadas com as equivalentes do outro grupo.

Relativamente aos questionários baseados na “escala de Likert”, foi feita uma análise qualitativa das opiniões dos alunos dos dois grupos em investigação, face às proposições apresentadas.

Começou-se por realizar uma análise quantitativa dos resultados, em termos de percentagem, para, de seguida, os analisar qualitativamente.

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS DO ESTUDO**

## 1. INTRODUÇÃO

Neste capítulo são apresentados os resultados obtidos na fase principal do estudo, que serviram de base para as conclusões. Os resultados da fase piloto não serão apresentados, pois apenas se destinavam a aferir a qualidade dos materiais didáticos e de avaliação, que posteriormente foram utilizados na fase principal.

São assim apresentados, de seguida, os resultados obtidos no:

- pré-teste
- pós-teste
- questionário baseado na “escala de Likert”
- questionário de respostas abertas

## 2. RESULTADOS OBTIDOS NO PRÉ-TESTE

**Tabela 3 – Resultados gerais da aplicação do pré-teste ao grupo de controlo e ao grupo experimental.**

<b>Grupo</b>	<b>Média</b>	<b>Desvio Padrão</b>
<b>Controlo</b>	62%	14%
<b>Experimental</b>	53%	24%

### 3. RESULTADOS OBTIDOS NO PÓS-TESTE

**Tabela 4 – Resultados gerais da aplicação do pós-teste ao grupo de controlo e ao grupo experimental.**

<b>Grupo</b>	<b>Média</b>	<b>Desvio Padrão</b>
<b>Controlo</b>	80%	8%
<b>Experimental</b>	83%	12%

### 4. RESULTADOS OBTIDOS NO QUESTIONÁRIO DE “ESCALA DE LIKERT”

**P. 1- Gerou-se um bom ambiente na sala de aula.**

**Tabela 5 – Resultados percentuais de P.1**

	<b>Grupo experimental (%)</b>	<b>Grupo de controlo (%)</b>
<b>completamente de acordo</b>	69,5	33,3
<b>acordo</b>	30,5	42,8
<b>difícil de dizer</b>	0	23,9
<b>desacordo</b>	0	0
<b>completamente de desacordo</b>	0	0

**P. 2- Compreendi bem os conteúdos da unidade "Operações Unitárias".**

**Tabela 6 – Resultados percentuais de P.2**

	<b>Grupo experimental (%)</b>	<b>Grupo de controlo (%)</b>
<b>completamente de acordo</b>	47,9	23,8
<b>acordo</b>	39,1	52,4
<b>difícil de dizer</b>	8,7	23,8
<b>desacordo</b>	4,3	0
<b>completamente de desacordo</b>	0	0

**P. 3- Depois destas aulas fiquei a gostar mais das Operações Unitárias.**

**Tabela 7 – Resultados percentuais de P.3**

	<b>Grupo experimental (%)</b>	<b>Grupo de controle (%)</b>
<b>completamente de acordo</b>	56,5	33,3
<b>acordo</b>	30,5	42,9
<b>difícil de dizer</b>	0	19,1
<b>desacordo</b>	4,3	0
<b>completamente de desacordo</b>	8,7	4,8

**P. 4- Estas aulas ajudam a compreender melhor outras unidades desta disciplina.**

**Tabela 8 – Resultados percentuais de P.4**

	<b>Grupo experimental (%)</b>	<b>Grupo de controlo (%)</b>
<b>completamente de acordo</b>	30,4	19,1
<b>acordo</b>	13,1	28,6
<b>dificil de dizer</b>	47,8	42,7
<b>desacordo</b>	8,7	4,8
<b>completamente de desacordo</b>	0	4,8

**P. 5- Estas aulas ajudam a compreender melhor outras disciplinas.**

**Tabela 9 – Resultados percentuais de P.5**

	<b>Grupo Experimental (%)</b>	<b>Grupo de Controlo (%)</b>
<b>completamente de acordo</b>	8,7	9,5
<b>acordo</b>	8,6	4,8
<b>dificil de dizer</b>	69,6	38,1
<b>desacordo</b>	0	28,6
<b>completamente de desacordo</b>	13,1	19

**P. 6- Fica-se mais interessado nos problemas da agricultura.**

**Tabela 10 – Resultados percentuais de P.6**

	<b>Grupo experimental (%)</b>	<b>Grupo de controlo (%)</b>
<b>completamente de acordo</b>	39,1	23,8
<b>acordo</b>	39,1	19
<b>dificil de dizer</b>	11,4	33,3
<b>desacordo</b>	4,2	9,5
<b>completamente de desacordo</b>	6,2	14,4

**P. 7- É fácil aplicar os trabalhos, no dia a dia, fora da escola.**

**Tabela 11 – Resultados percentuais de P.7**

	<b>Grupo experimental (%)</b>	<b>Grupo de Controlo (%)</b>
<b>completamente de acordo</b>	4,3	14,3
<b>acordo</b>	17,4	0
<b>dificil de dizer</b>	34,8	52,4
<b>desacordo</b>	34,8	23,8
<b>completamente de desacordo</b>	8,7	9,5

**P. 8- Fica-se com vontade de realizar os trabalhos experimentais fora da escola.**

**Tabela 12 – Resultados percentuais de P.8**

	<b>Grupo experimental (%)</b>	<b>Grupo de controlo (%)</b>
<b>completamente de acordo</b>	56,5	39,1
<b>acordo</b>	26,1	19,1
<b>dificil de dizer</b>	4,3	23,8
<b>desacordo</b>	0	4,7
<b>completamente de desacordo</b>	13,1	14,3

**5. RESULTADOS OBTIDOS NO QUESTIONÁRIO DE RESPOSTAS ABERTAS**

Relativamente aos questionário de respostas abertas, por se ter verificado que, em algumas questões diferentes, as respostas se repetiam, optou-se por apresentar apenas os resultados daquelas que nos pareceram relevantes para as conclusões do estudo.

**Q.1- Achaste interessantes os assuntos estudados? Porquê?**

**Tabela 13 – Resultados de Q.1**

	<b>Grupo experimental (Nº de alunos)</b>	<b>Grupo de controlo (Nº de alunos)</b>
<b>Conhecer características do solo</b>	16	9
<b>Assunto novo</b>	6	4
<b>Assunto importante para o dia-a-dia</b>	4	2
<b>Aulas interessantes</b>	3	1
<b>Conhecer melhor as operações unitárias</b>	4	6

**Q. 2- Achaste interessante as aulas de fundamentos teóricos? Porquê?**

**Tabela 14 – Resultados de Q.2**

	<b>Grupo experimental (Nº de alunos)</b>	<b>Grupo de controlo (Nº de alunos)</b>
<b>Conhecer características do solo</b>	18	13
<b>Despertar interesse para novos assuntos</b>	4	4
<b>Importantes na compreensão de operações unitárias</b>	9	6
<b>Aborrecidas e maçadoras</b>	2	3

**Q. 3- Achaste interessante a aula sobre a “Química e desenvolvimento agrícola”? Porquê?**

**Tabela 15 – Resultados de Q.3**

	<b>Grupo experimental (Nº de alunos)</b>	<b>Grupo de controlo (Nº de alunos)</b>
<b>Interesse sobre temas ambientais</b>	18	11
<b>Aquisição de novos conhecimentos</b>	6	3
<b>Aborrecidas e maçadoras</b>	1	4

**Q. 4- Gostaste mais das aulas de fundamentos teóricos ou da aula de motivação (em que se abordou o desenvolvimento agrícola)? Porquê?**

**Tabela 16 – Resultados de Q.4**

	<b>Grupo experimental (Nº de alunos)</b>	<b>Grupo de controlo (Nº de alunos)</b>
<b>Ambas interessantes porque estão relacionadas</b>	5	4
<b>Fundamentos teóricos</b>	6	2
<b>Aulas de motivação</b>	13	9

**Q. 5- Qual o interesse das aulas práticas? Porquê?**

**Tabela 17 – Resultados de Q.5**

	<b>Grupo experimental (Nº de alunos)</b>	<b>Grupo de controlo (Nº de alunos)</b>
<b>Gostar de fazer experiências</b>	12	12
<b>Aplicação dos conhecimentos teóricos</b>	14	5
<b>Experiências interessantes</b>	6	7

**Q. 6- Do conjunto de todas as aulas, quais foram as que te agradaram mais? Porquê?**

**Tabela 18 – Resultados de Q.6**

	<b>Grupo experimental (Nº de alunos)</b>	<b>Grupo de controlo (Nº de alunos)</b>
<b>Todas; estão ligadas entre si</b>	3	4
<b>Aulas de motivação</b>	1	1
<b>Aulas de fundamentos teóricos</b>	1	1
<b>Aulas práticas</b>	17	12

**Q. 7- Achaste os trabalhos práticos com alguma utilidade para o dia-a-dia? Porquê?**

**Tabela 19 – Resultados de Q.7**

	<b>Grupo experimental (Nº de alunos)</b>	<b>Grupo de controlo (Nº de alunos)</b>
<b>Sim- Põe em prática o que se aprende</b>	13	10
<b>Alguma- como cultura geral</b>	5	4
<b>Não-trabalhos desnecessários para o dia-a-dia / difíceis de realizar</b>	6	3

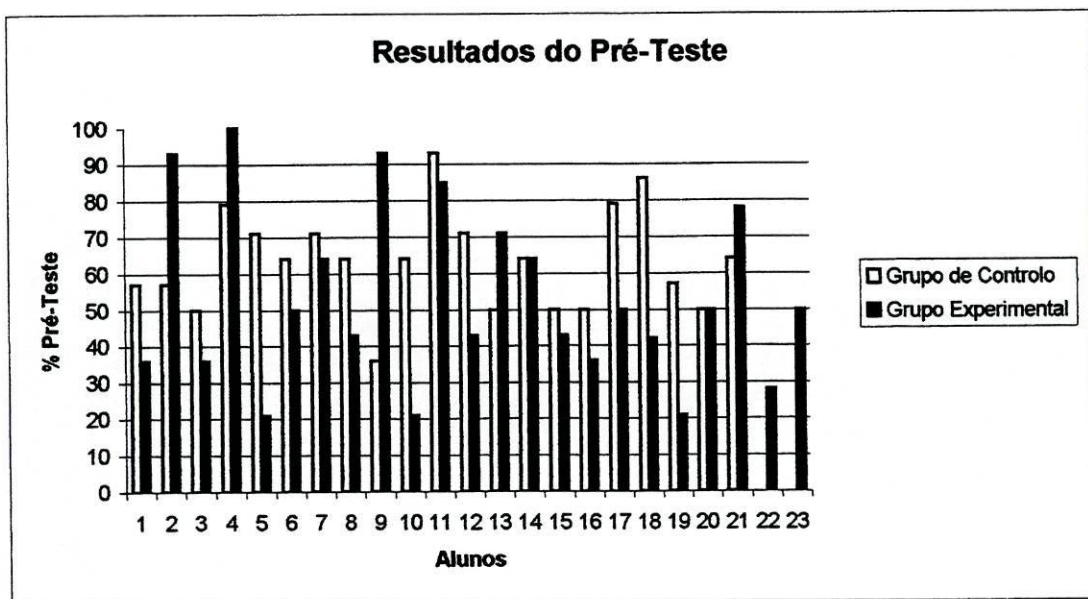
## **CAPÍTULO V**

### **ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS**

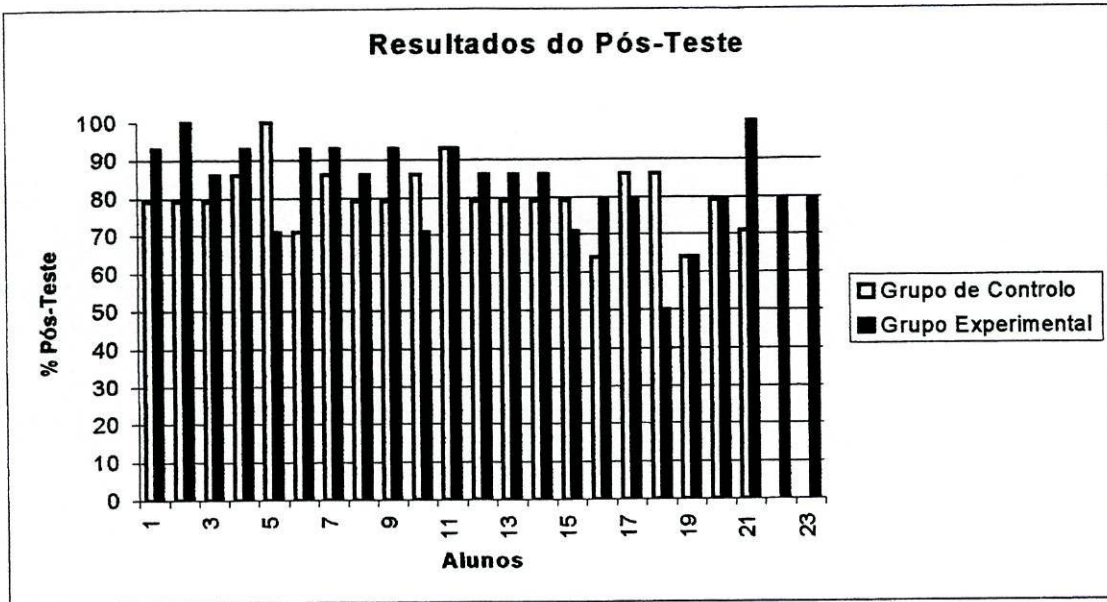
## 1. ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS RESULTADOS

### 1. 1. Tratamento e análise dos resultados obtidos nos pré-testes e pós-teste

A primeira tarefa realizada foi a de agrupar os resultados obtidos (cfr. Apêndice II) no pré-teste e pós-teste, pelos dois grupos – grupo A (grupo de controlo) e grupo B (grupo experimental) – de modo a compará-los, embora não se exija uma equivalência entre eles, pois, o que se procurará medir, serão os resultados da aprendizagem, o que não implica a igualdade dos dois grupos. A visualização dessa comparação é apresentada nos gráficos 10 e 11.



**Gráfico 10 – Resultados gerais dos dois grupos no pré-teste**



**Gráfico 11 – Resultados gerais dos dois grupos no pós-teste.**

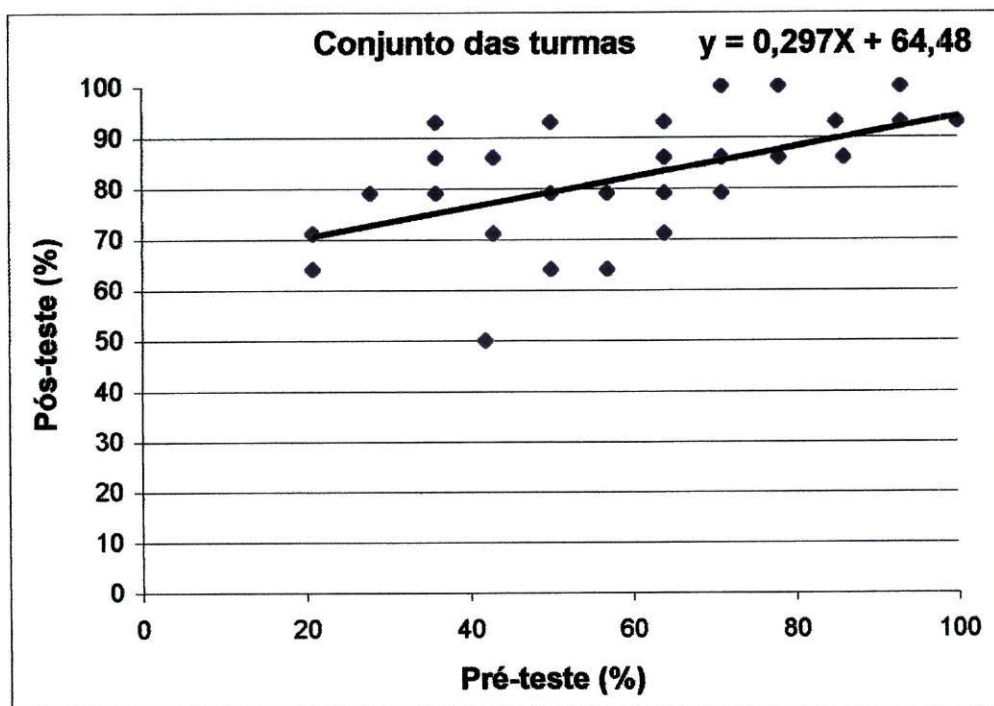
Observa-se que o grupo experimental, que apresentava no pré-teste valores para a média (53%) inferiores aqueles apresentados pelo grupo de controle (média = 63%), passou a apresentar, no pós-teste, valores (média = 83%) superiores aqueles apresentados pelo grupo de controle (média = 80%). Houve um aumento de 17% no grupo de controle e de cerca de 30% no grupo experimental, o que parece muito significativo, conforme apresentado na tabela 20.

**Tabela 20 – Comparação entre os resultados obtidos nos pré e pós-testes dos dois grupos**

	Grupo de Controle		Grupo Experimental	
	Pré-teste	Pós-teste	Pré-teste	Pós-teste
<b>Média</b>	62%	80%	53%	83%
<b>Desvio padrão</b>	14%	8%	24%	12%

Constatada essa evolução, interessa, de seguida, saber se, a diferença de aprendizagem no grupo, medido pelos ganhos residuais de aprendizagem tem significado estatístico.

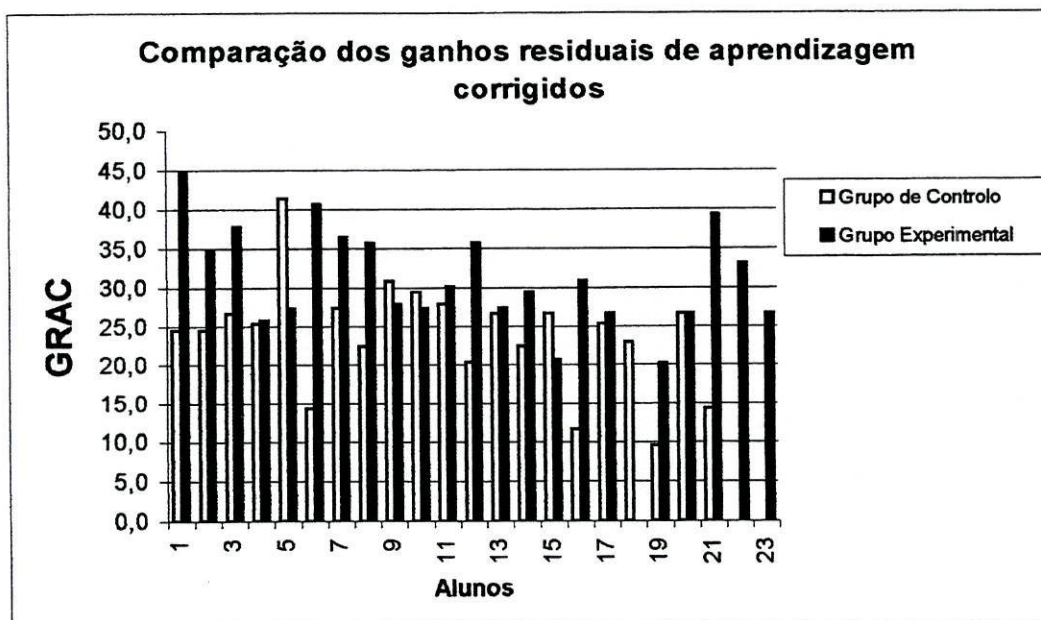
Com esse objectivo, os resultados obtidos no pós-teste foram representados em função dos resultados obtidos no pré-teste, construindo-se a respectiva recta de regressão (gráfico 12). Posteriormente, a equação da recta ajustada pelo método dos mínimos quadráticos foi utilizada para calcular os valores previstos para o pós-teste.



**Gráfico 12 – Recta de regressão obtida a partir dos valores obtidos no pós-teste em função dos valores obtidos no pré-teste**

Com base na recta de regressão foram determinados os ganhos residuais de aprendizagem para cada um dos grupos, a partir da diferença entre os resultados obtidos no pós-teste ( $y$ ) e o valor esperado ( $y_{esperado}$ ), calculado a partir da equação da recta de regressão. Uma vez que se registaram valores positivos e negativos para os ganhos

residuais da aprendizagem (cfr. Anexo II), foi necessário proceder à correcção dos mesmos, adicionando a todos eles o valor absoluto do ganho mais negativo (no caso, 27), de modo a eliminar os valores negativos, obtendo-se deste modo os ganhos residuais corrigidos (GRAC) para cada grupo de alunos.



**Gráfico 13 - Comparação, entre os dois grupos, dos ganhos residuais de aprendizagem corrigidos do pré-teste para o pós teste.**

Na tabela 21 podem observar-se os valores dos ganhos residuais corrigidos médios (GRAC) para cada grupo.

**Tabela 21 - Ganhos de aprendizagem corrigidos médios dos dois grupos**

	Grupo de Controlo	Grupo Experimental
<b>Média do ganho residuais de aprendizagem corrigidos (GRAC)</b>	22,8%	28,5%

Por comparação dos valores obtidos das médias dos ganhos residuais de aprendizagem corrigidos dos pós-testes relativamente aos pré-testes, de ambos os grupos (tabela 21) – grupo de controlo e grupo experimental – deduz-se que o grupo experimental apresenta um maior ganho nos resultados da aprendizagem do que o grupo de controlo.

Na sequência do tratamento realizado, e para verificar se a evolução sofrida pelos sujeitos dos dois grupos, entre o pré-teste e o pós-teste tem significado estatístico, aplicou-se o teste t de Student aos dois grupos em investigação, utilizando para o cálculo de t os valores apresentados na tabela 22.

**Tabela 22 – Valores necessários para calcular o valor de t**

	<b>Grupo de Controlo</b>	<b>Grupo Experimental</b>
N	21	23
X	23,9	29,8
$\Sigma X$	501,3	685
$(\Sigma X)^2$	251301,7	469225,0
$\Sigma X^2$	12965,7	22182,3
$\Sigma X^2 / N$	11966,7	20401,1
$N_1 + N_2 - 2$	42	
$\bar{X}_1 - \bar{X}_2$	5,9	
$S^2$	66,2	

O t calculado assume o valor igual a 2,403 para os 42 graus de liberdade.

Uma vez que a tabela de valores críticos de t (Apêndice III) não apresenta os níveis de significância para 42 graus de liberdade, foi necessário, por interpolação, encontrar os valores correspondentes, de modo a poder compará-los com o obtido experimentalmente, conforme se pode observar na tabela 23:

**Tabela 23 – Comparação do valor de t obtido com o valor de t extrapolado**

Graus de liberdade	t obtido	t extrapolado	
		(p = 0.05)	(p = 0.02)
42	2,403	2,018	2,418

A análise do resultado obtido (tabela 23) permitiu constatar que o valor t ( $t = 2,403$ ) se situa entre os valores correspondentes aos dos níveis de significância  $p = 0,05$  e  $p = 0.02$ , aproximando-se muito de  $p = 0.02$ . Por este motivo, pode-se considerar que a diferença entre as médias dos ganhos residuais de aprendizagem do grupo de controlo e do grupo experimental é significativamente estatística para um nível de significância de  $0,02$ , o que permite afirmar a superioridade do grupo experimental dentro dos convencionalismos adoptados em investigação em Educação<sup>1</sup>.

## 2. ANÁLISE QUALITATIVA DOS RESULTADOS

Tal como foi referido no capítulo anterior (cap. III, ponto 5.4), a avaliação dos alunos não se limitou apenas à análise estatística da aprendizagem cognitiva.

Resultou, igualmente, de uma análise qualitativa, que incidiu sobre a reacção afectiva dos alunos.

De modo a obter essa avaliação qualitativa, recorda-se que foram elaborados dois tipos de questionários, para serem preenchidos no final da última aula.

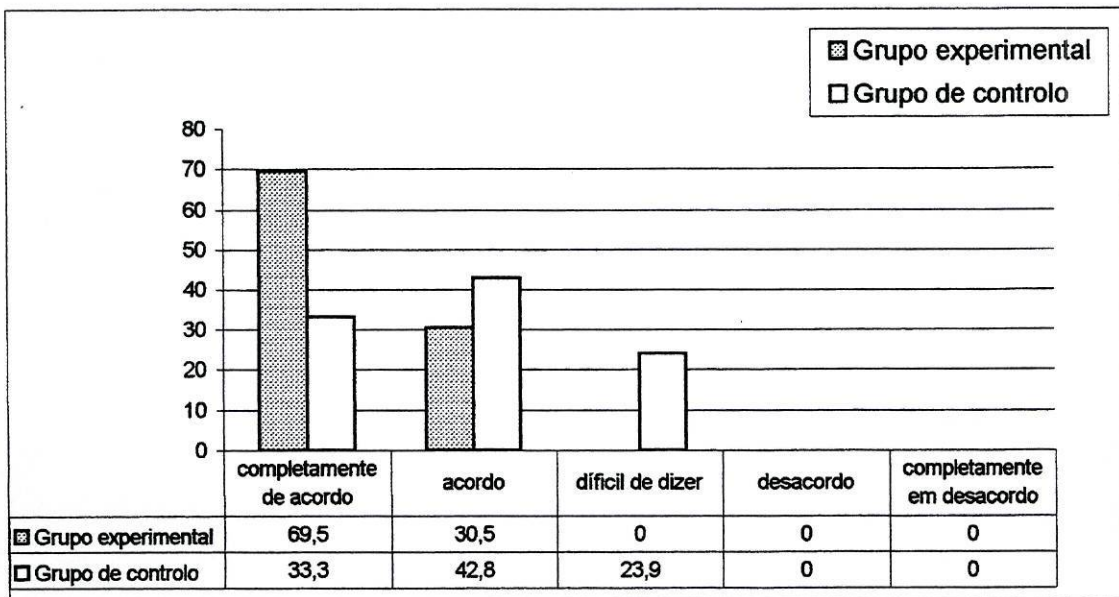
Um deles, é composto por 8 proposições, com o objectivo de avaliar o grau de concordância do aluno em relação a essas mesmas proposições. O outro é composto por 9 questões, às quais o aluno dá respostas livres, exprimindo os seus sentimentos relativamente ao tema abordado e às metodologias escolhidas (cfr. Anexo I).

<sup>1</sup> Com 98% de probabilidade, a melhor aprendizagem do grupo experimental deve-se à superioridade do tratamento e não à flutuação de amostragem.

Apresentam-se, de seguida, os gráficos percentuais dos resultados — referentes ao questionário baseado na “escala de Likert”— seguidos da respectiva análise.

## 2.1. Análise dos resultados obtidos nos questionários baseados na “escala de Likert”

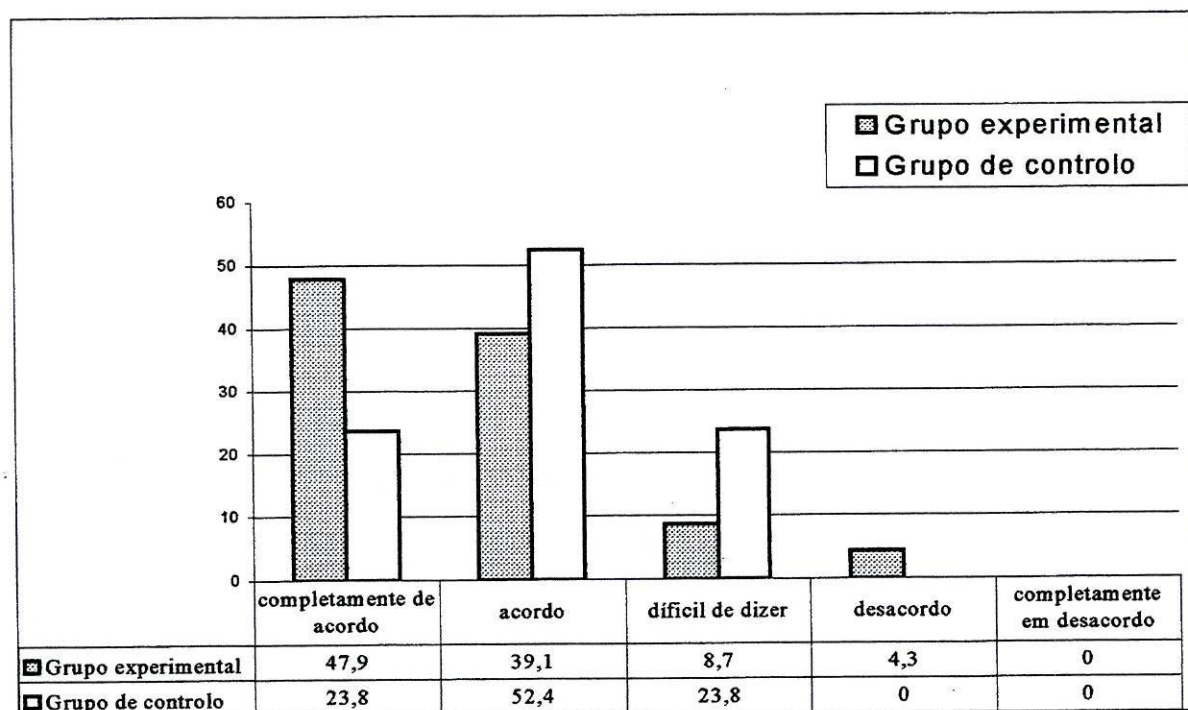
### P. 1. Gerou-se um bom ambiente na sala de aula.



**Gráfico 14 – Comparação percentual dos resultados obtidos nos dois grupos, para a primeira proposição**

Por análise do gráfico 14, observa-se que o grupo experimental apresenta indicadores mais elevados de satisfação, relativamente ao ambiente criado nas aulas leccionadas, com base no novo método de abordagem, do que o grupo de controlo, cujas aulas decorreram de um modo tradicional.

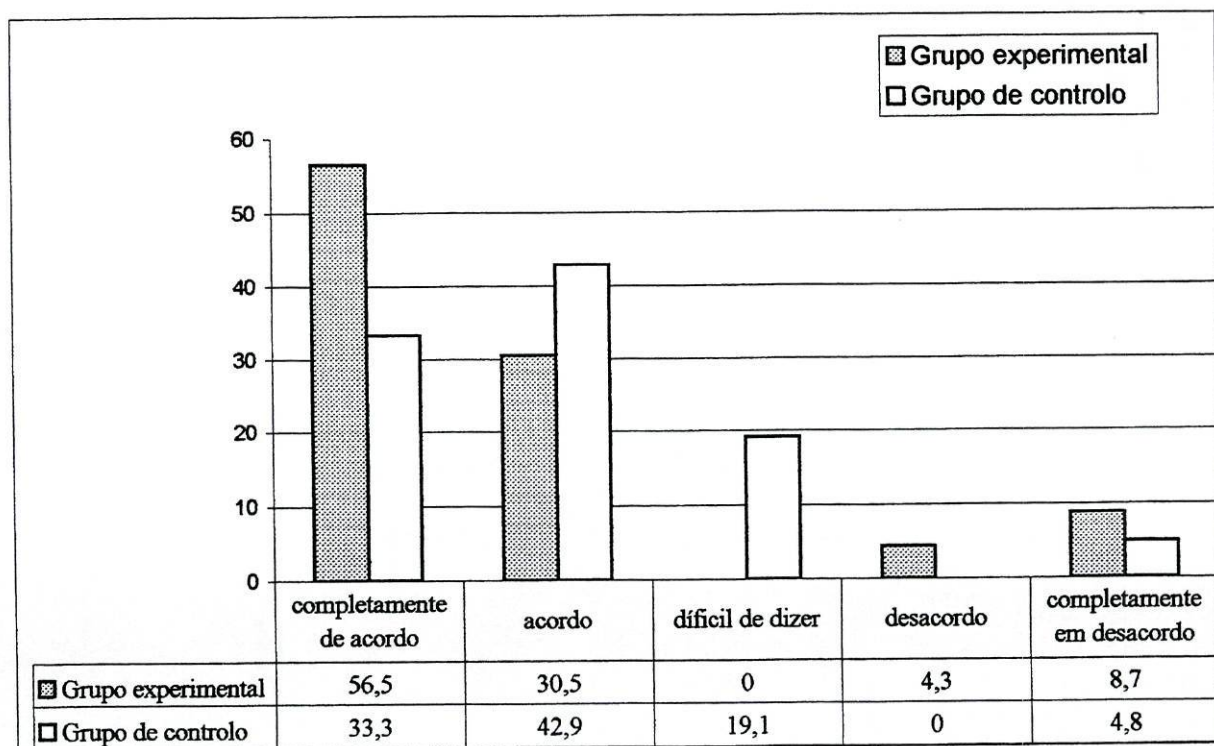
**P. 2. Compreendi bem os conteúdos da unidade "Operações Unitárias".**



**Gráfico 15 – Comparação percentual dos resultados obtidos nos dois grupos, para a segunda proposição**

Por análise do gráfico 15, observa-se que, relativamente à compreensão dos conteúdos da unidade “Operações Unitárias”, os dois grupos comportam-se de maneira semelhante, notando-se que a maioria dos alunos inquiridos entendeu os assuntos leccionados. É de salientar, no entanto, que existe uma pequena percentagem de alunos do grupo experimental que não entendeu convenientemente os conteúdos leccionados, bem como uma percentagem mais elevada (23,8%) de alunos do grupo de controlo que apresentam dúvidas relativamente ao mesmo assunto.

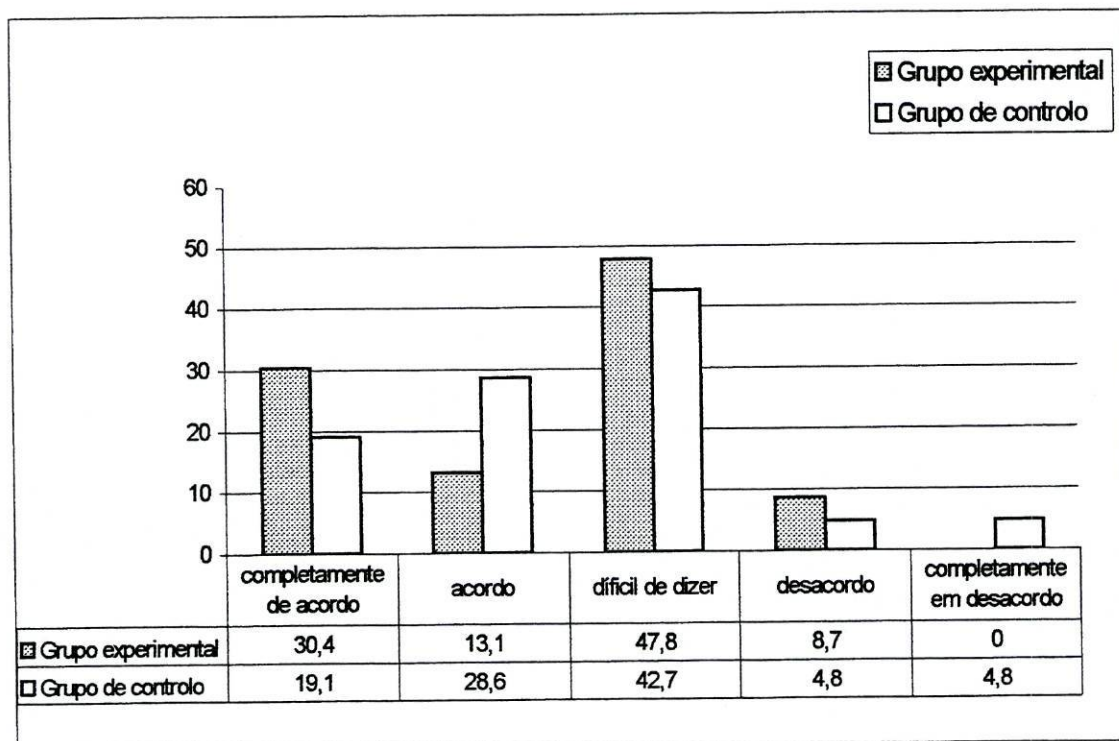
**P. 3. Depois destas aulas fiquei a gostar mais das Operações Unitárias.**



**Gráfico 16 – Comparação percentual dos resultados obtidos nos dois grupos, para a terceira proposição**

Por análise do gráfico 16, observa-se que a maior parte dos alunos de ambos os grupos ficou a gostar mais da unidade em estudo, realçando-se, no entanto, que a percentagem de alunos do grupo experimental (56,5%) que responde de um modo mais entusiasta à proposição apresentada é mais elevada do que a percentagem de alunos do grupo de controlo que responde do modo análogo à mesma proposição (33,3%).

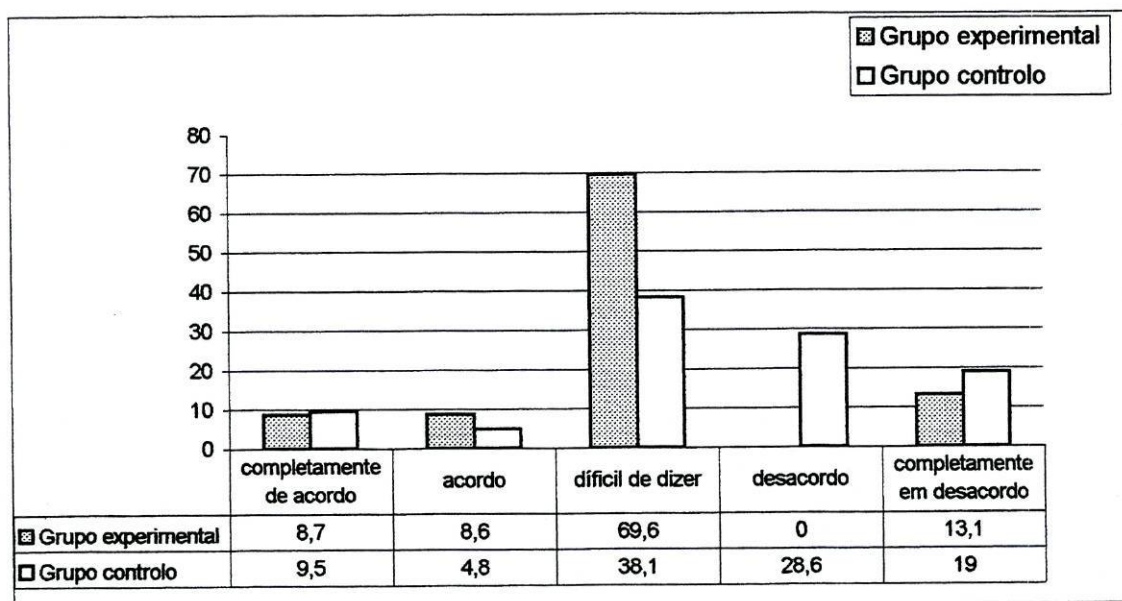
**P. 4. Estas aulas ajudam a compreender melhor outras unidades desta disciplina.**



**Gráfico 17 - Comparação percentual dos resultados obtidos nos dois grupos, para a quarta proposição.**

Por análise do gráfico 17, observa-se que ambos os grupos sentem dificuldades em relacionar a unidade “Operações Unitárias” com outras unidades da mesma disciplina. Poderá estar como possível justificação, o facto desta disciplina ser nova no curriculum destes alunos, e por isso, ainda não conhecerem outros conteúdos da mesma, de modo a serem capazes de os relacionar entre si. No entanto, verifica-se que a percentagem de alunos que englobam o grupo experimental (30,4%) e que consegue fazer esse tipo de relacionamento de conteúdos, de um modo mais fácil, é superior à dos alunos que compõem o grupo de controlo (19,1%).

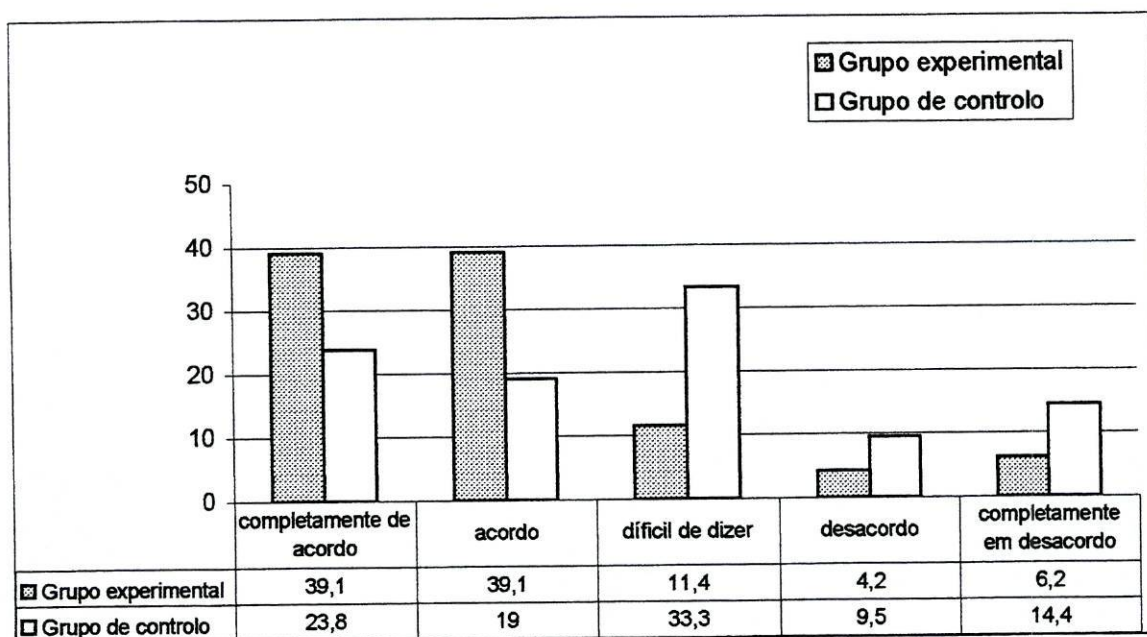
**P. 5. Estas aulas ajudam a compreender melhor outras disciplinas.**



**Gráfico 18 - Comparação percentual dos resultados obtidos nos dois grupos, para a quinta proposição**

A análise do gráfico 18 revela-se pouco conclusiva na distribuição de percentagens semelhantes à do gráfico anterior, salientando-se, contudo, a dificuldade apresentada pelos alunos do grupo de controlo, no que respeita ao juízo sobre a interligação dos conteúdos desta unidade com os de outras disciplinas diferentes.

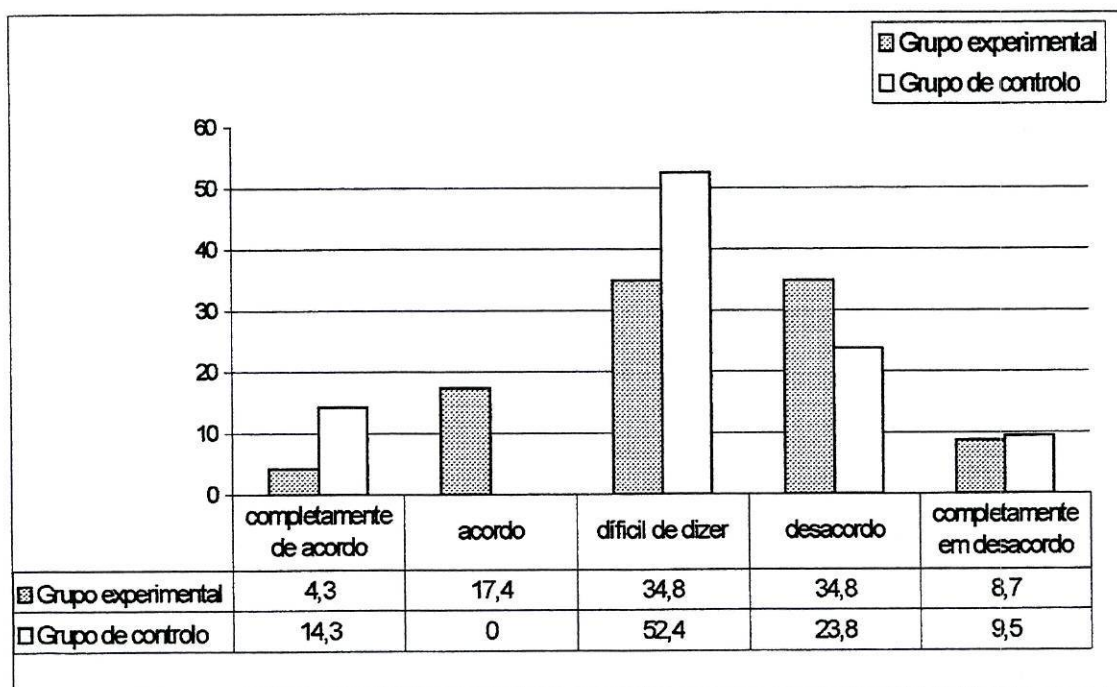
**P. 6. Fica-se mais interessado nos problemas da agricultura.**



**Gráfico 19 - Comparação percentual dos resultados obtidos nos dois grupos, para a sexta proposição**

Relativamente a esta proposição e por análise do gráfico 19, nota-se que a maioria dos alunos do grupo experimental, depois do conjunto de aulas leccionadas, revelam mais interesse para os problemas relacionados com a agricultura do que os do grupo de controlo. Estes, por sua vez, assumem em maior número, uma posição pouco definida ou desinteressada perante estes problemas.

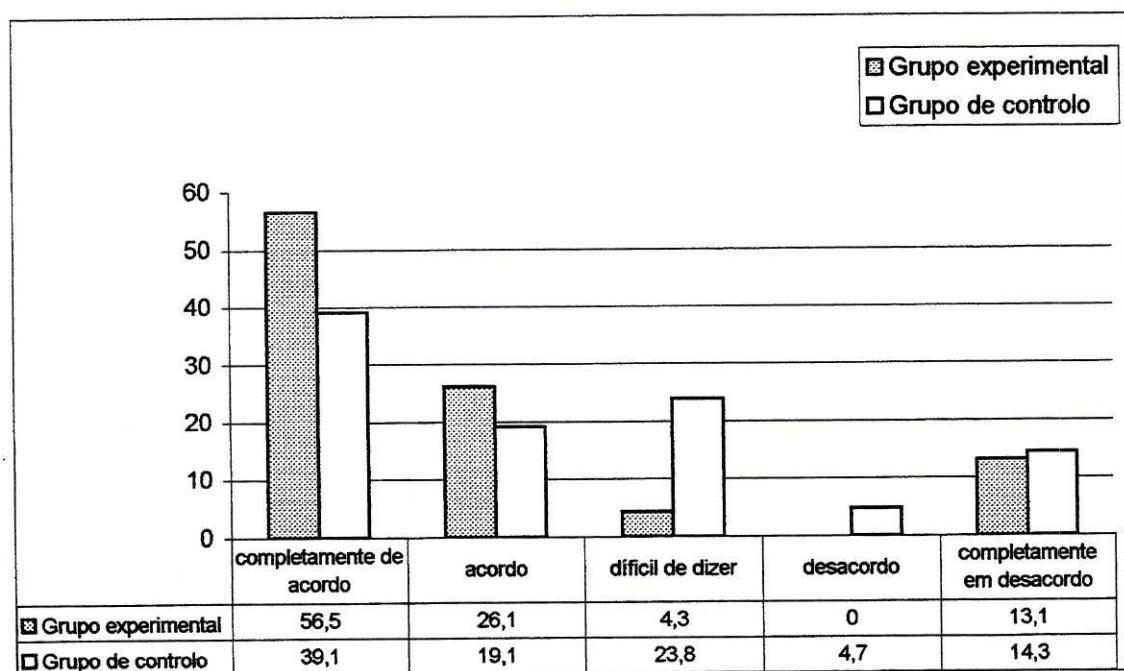
**P. 7. É fácil aplicar os trabalhos, no dia a dia, fora da escola.**



**Gráfico 20 - Comparação percentual dos resultados obtidos nos dois grupos, para a sétima proposição**

Analisando os resultados obtidos a partir do gráfico 20, observa-se que, em geral, os dois grupos consideram difícil ou têm dúvidas, relativamente, à aplicação dos trabalhos realizados nas aulas práticas, fora das mesmas.

**P. 8. Fica-se com vontade de realizar os trabalhos experimentais fora da escola.**



**Gráfico 21 - Comparação percentual dos resultados obtidos nos dois grupos, para a oitava proposição**

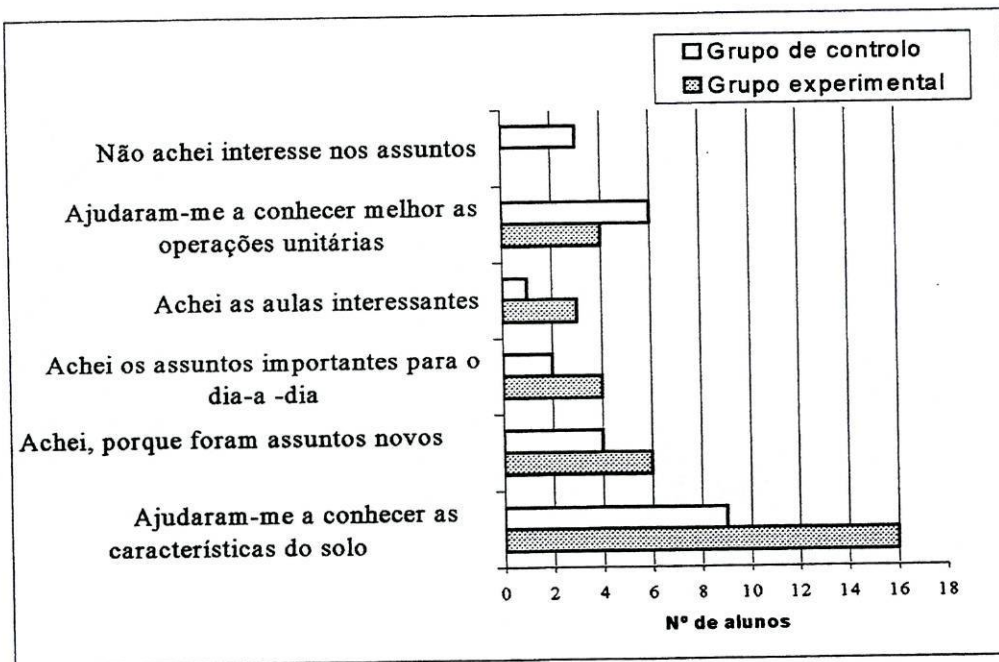
Observando os resultados obtidos depois da análise do gráfico 21, verifica-se que existe uma elevada percentagem de alunos do grupo experimental que exprime o desejo de realizar os trabalhos laboratoriais fora da escola, em contraste com a menor percentagem de alunos pertencentes ao grupo de controlo. Tendo em conta os resultados obtidos na proposição anterior — e que, de alguma forma, parecem contrariar aqueles que aqui são comentados — pode-se talvez concluir que a dificuldade encontrada na execução desses trabalhos fora da escola, na realidade, possa ter a haver com a falta de material e não com a falta de motivação ou interesse.

## 2. 2. Análise dos resultados obtidos no questionário de questões abertas

A metodologia seguida para análise das respostas dadas às diversas questões foi uma análise de conteúdos em que se seleccionaram as opiniões comuns e mais significativas expressas pelos alunos de ambos os grupos.

Assim, e com uma disposição análoga àquela que foi utilizada no ponto anterior, apresentam-se, de seguida, os resultados obtidos, acompanhados da respectiva análise.

### Q. 1. Achaste interessantes os assuntos estudados? Porquê?

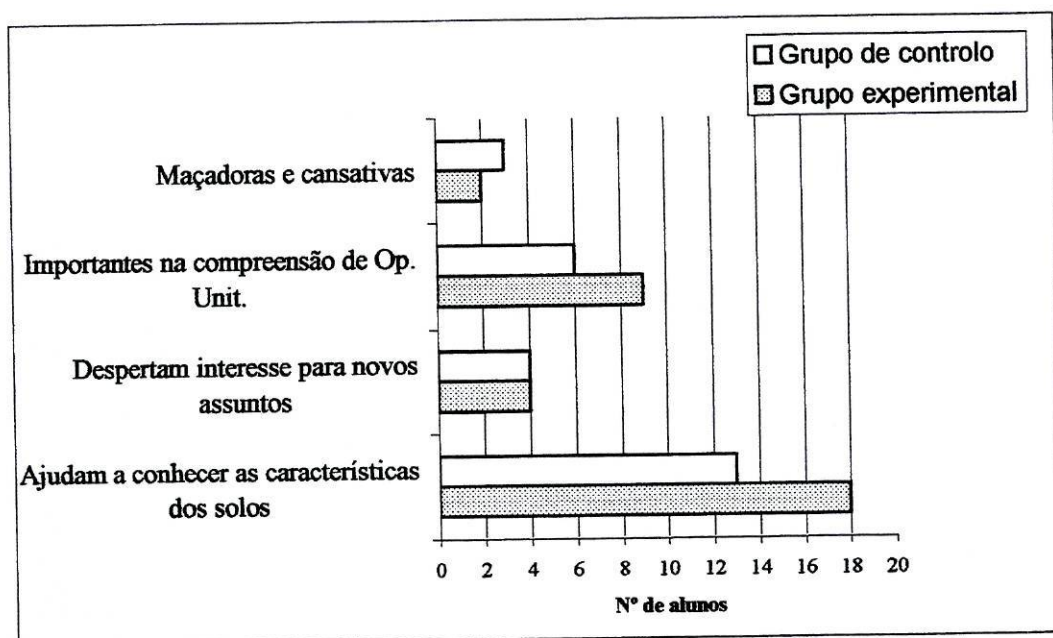


**Gráfico 22 - Comparação dos resultados obtidos nos dois grupos, para a primeira questão**

Observa-se, a partir do gráfico 22, que um pequeno número de alunos do grupo de controlo não achou interessantes os assuntos abordados. Por outro lado, nota-se que uma grande parte dos alunos do grupo experimental se interessou pelos assuntos estudados, não

tanto pelo facto de estes estarem integrados nos conteúdos da disciplina, mas sobretudo, por dizerem respeito a situações do seu quotidiano (não se deve esquecer que as amostras de terra foram trazidas pelos alunos, e que, com o grupo experimental, o assunto foi abordado através de uma conversa relacionada com a vivência quotidiana dos alunos).

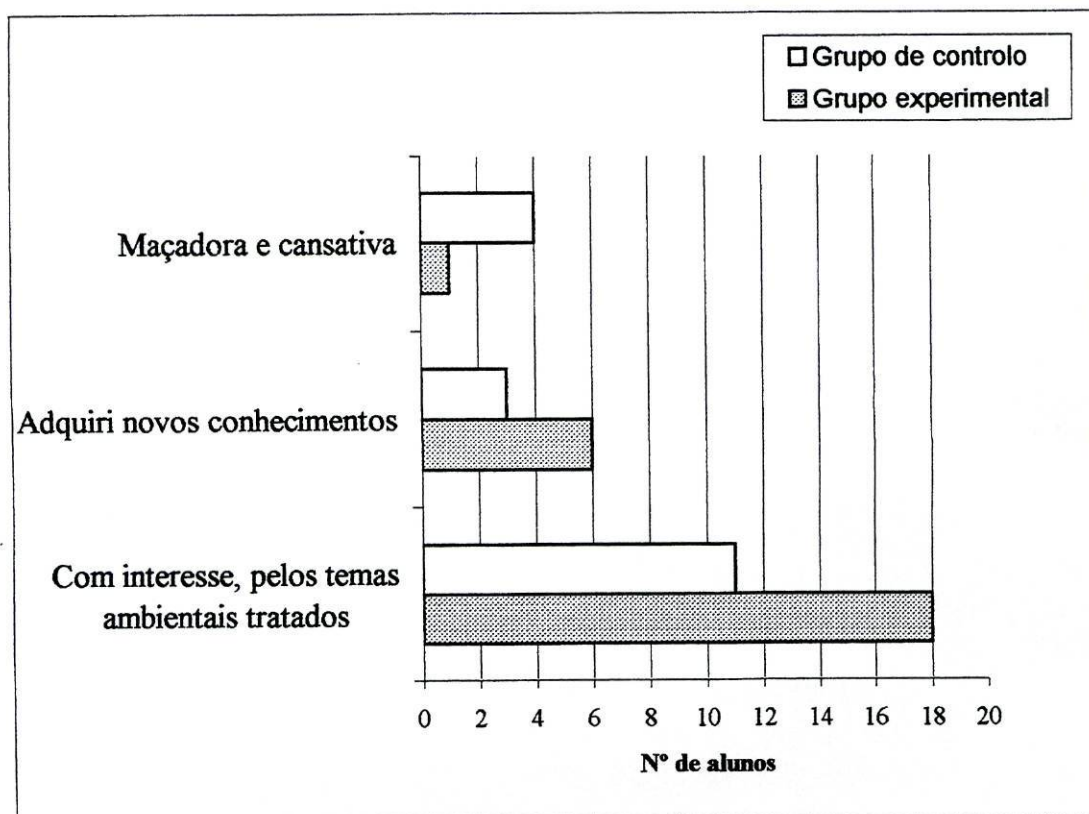
## Q. 2. Achaste interessante as aulas de fundamentos teóricos? Porquê?



**Gráfico 23 - Comparação dos resultados obtidos nos dois grupos, para a segunda questão**

De modo semelhante ao caso anterior, e a partir do gráfico 23, constata-se que existe um maior número de alunos pertencentes ao grupo de controlo que julgam as aulas de fundamentos teóricos maçadoras e cansativas. Nota-se, novamente, que um maior número de alunos do grupo experimental acha as aulas de fundamentos teóricos com interesse para o conhecimento das características do solo, bem como importantes para a compreensão dos conteúdos inerentes às “operações unitárias”.

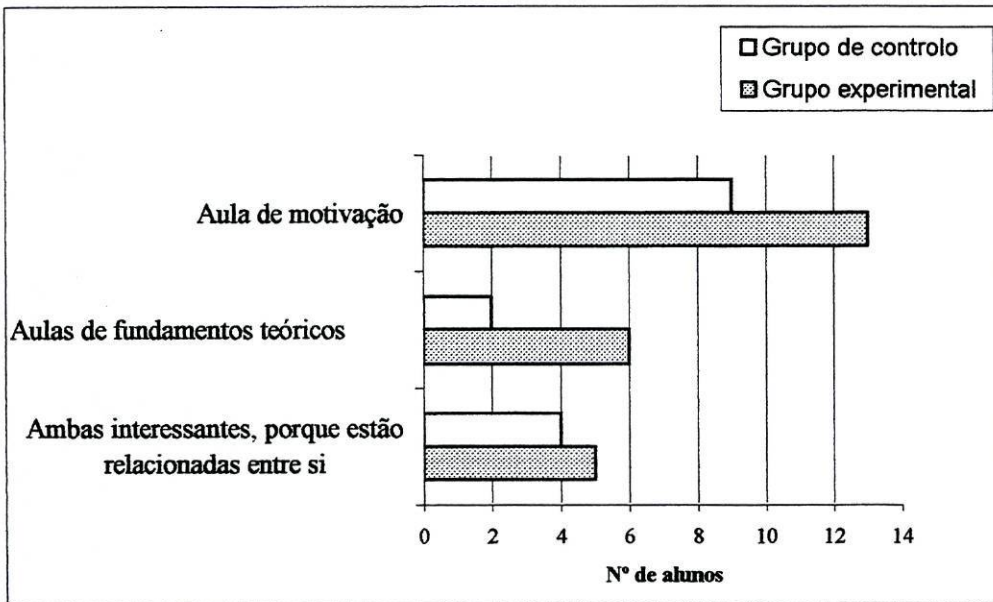
**Q. 3. Achaste interessante a aula sobre a Química e o desenvolvimento agrícola? Porquê?**



**Gráfico 24 - Comparação dos resultados obtidos nos dois grupos para a terceira questão**

Por análise do gráfico 24, continua-se a verificar a existência de um maior número de alunos do grupo de controlo que considera estas aulas aborrecidas e maçadoras. Também é superior o número de alunos do grupo experimental que se interessa por estas aulas, por tratarem de temas agrícolas ou por lhes permitirem adquirir novos conhecimentos.

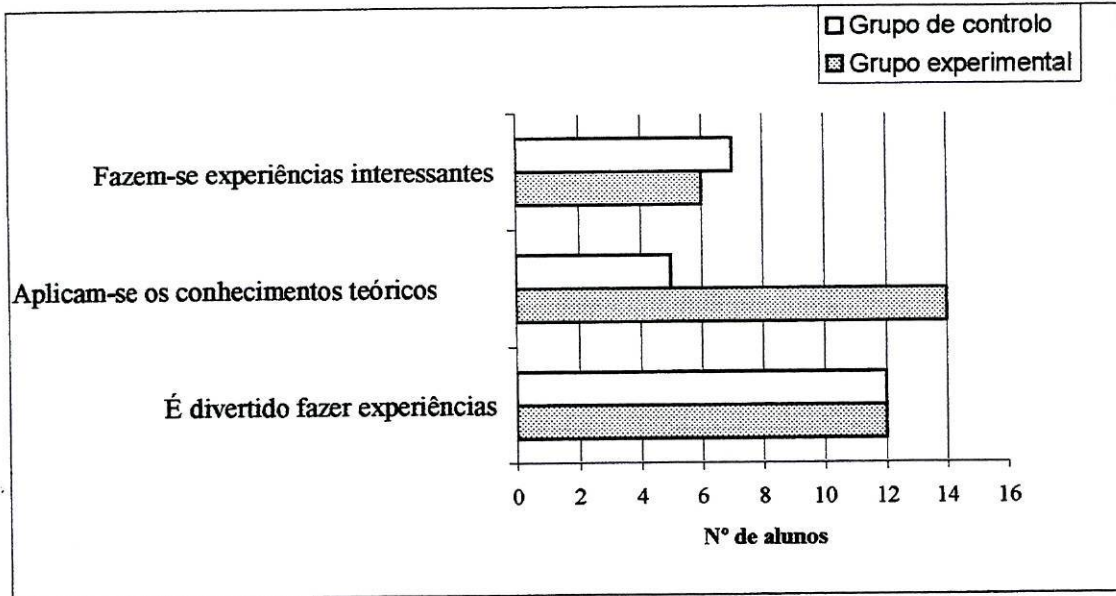
**Q. 4. Gostaste mais das aulas de fundamentos teóricos ou da aula de motivação (em que se abordou o desenvolvimento agrícola)? Porquê?**



**Gráfico 25 - Comparação dos resultados obtidos nos dois grupos, para a quarta questão**

A partir do gráfico 25, observa-se que um grande número de alunos de ambos os grupos preferiram as aulas de desenvolvimento agrícola — as quais foram leccionadas com o objectivo de os motivar para o tema em estudo — às aulas de fundamentos teóricos. No entanto, é de salientar que, para as aulas de fundamentos teóricos, é mais elevado o número de alunos do grupo experimental que as valoriza.

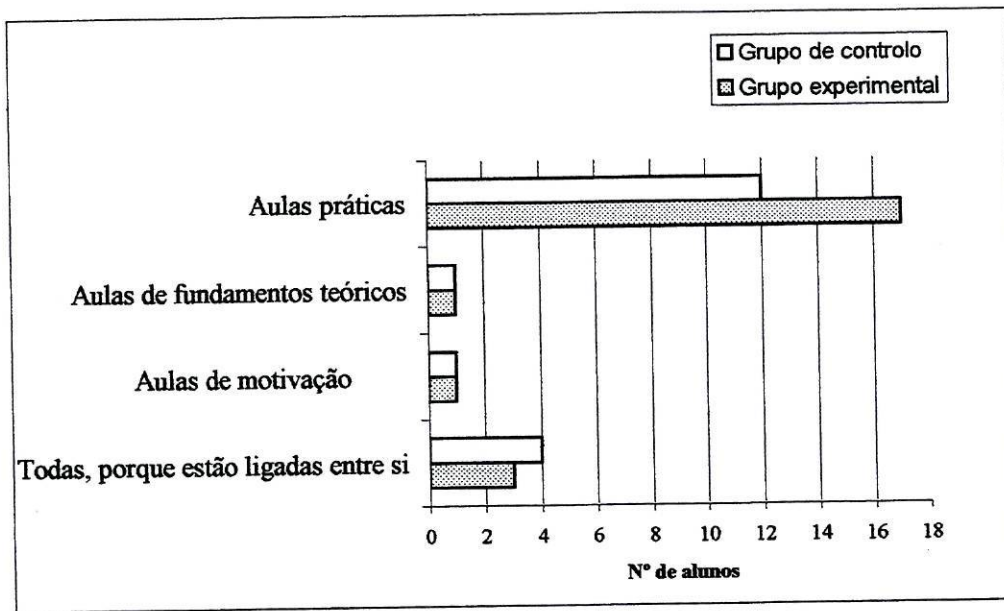
**Q. 5. Qual o interesse das aulas práticas? Porquê?**



**Gráfico 26 - Comparação dos resultados obtidos nos dois grupos, para a quinta questão**

Igualmente, a partir do gráfico 26, verifica-se que muitos alunos de ambos os grupos consideram interessantes as aulas práticas, pois a realização de trabalhos laboratoriais, nos quais manipulam diversos materiais, é “interessante” ou “divertida”. No entanto, salienta-se que são maioritariamente os alunos do grupo experimental que conseguem entender este tipo de aulas como uma aplicação prática dos conteúdos teóricos assimilados.

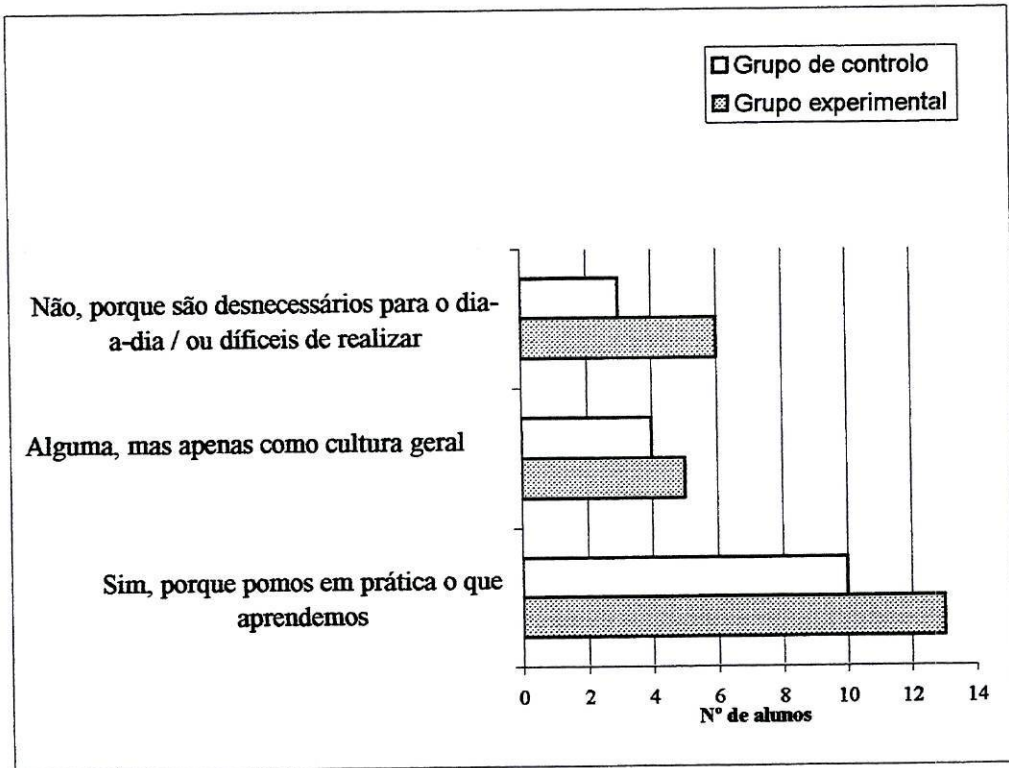
**Q. 6. Do conjunto de todas as aulas, quais foram as que te agradaram mais? Porquê?**



**Gráfico 27 - Comparação dos resultados obtidos nos dois grupos, para a sexta questão**

Por análise do gráfico 27, é notório que ambos os grupos preferem as aulas práticas, nas quais podem manipular os materiais necessários às experiências, tomando contacto directo com as mesmas.

**Q. 7. Achaste os trabalhos práticos com alguma utilidade para o dia-a-dia? Porquê?**



**Gráfico 28 - Comparação dos resultados obtidos nos dois grupos, para a sétima questão**

A partir do gráfico 28, constata-se que existe um maior número de alunos do grupo experimental que consideram os trabalhos práticos com utilidade para o dia-a-dia. No entanto os dois grupos valorizam a interligação dos trabalhos práticos com aquilo que aprenderam nas aulas teóricas, embora sejam em maior número os que o façam no grupo experimental. Alguns alunos (poucos) de ambos os grupos consideram esses trabalhos interessantes para enriquecer os seus conhecimentos de cultura geral.

### 3. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS DA ANÁLISE QUALITATIVA

Cumpre, antes de mais, observar que um número elevado de alunos, pertencentes a ambos os grupos, aderiu de modo bastante satisfatório ao estudo proposto. Muitos deles descreveram de modo positivo as aulas leccionadas, dizendo que foram interessantes e úteis para as suas vidas e com um ambiente de trabalho agradável.

Atribuí-se tal adesão ao facto de a abordagem das várias operações unitárias se ter apoiado em assuntos relacionados com problemas do conhecimento e do interesse dos alunos, nomeadamente, os da agricultura.

Também pode ter contribuído para esse resultado o terem sido os próprios alunos a seleccionar e recolher as amostras de terra, nos locais por eles escolhidos.

Constatou-se, independentemente dos resultados obtidos através da análise quantitativa, que a maior parte dos alunos de ambas as turmas, a partir dos conhecimentos adquiridos nas aulas teóricas, conseguiram compreender, sem grande dificuldade, os conteúdos das operações unitárias, fazendo, com desembaraço, a sua ligação a assuntos relacionados com temas do foro ambiental (como por exemplo, o estudo da composição dos solos).

As razões apontadas por eles, para justificar tal interesse, vão no sentido de estas lições lhes terem proporcionado maiores conhecimentos sobre temas que consideravam importantes, e com os quais estão em permanente contacto. Também pensavam que os conhecimentos assim adquiridos os predispunham e preparavam para colaborar, eventualmente, na resolução de problemas da sociedade em que vivem, nomeadamente os problemas de produção agrícola.

É também conveniente salientar que os dois grupos sujeitos à investigação consideraram que as aulas leccionadas com o objectivo de os despertar para o estudo a realizar — aqui denominadas como aulas de motivação — são mais interessantes do que as aulas limitadas aos fundamentos teóricos.

Neste sentido, não se pode deixar de apontar a circunstância de que, grande parte dos alunos (e em particular, os da turma experimental) indica as aulas práticas como aquelas em que estão com maior agrado.

Embora a partir dos resultados obtidos se possa concluir que a escolha de temas relacionados com a vida dos alunos — para servirem de suporte ao desenvolvimento das unidades programáticas — é, por si só, um poderoso elemento de motivação, não será suficiente para atingir os fins que o ensino de hoje pretende alcançar, tal como foi comprovado a partir da análise estatística.

Com efeito, tendo sido abordado o mesmo tema nos dois grupos sujeitos ao estudo, as opiniões expressas por cada um deles foram diferentes, relativamente aos métodos utilizados.

O facto de, no grupo experimental, se ter começado a abordar os conteúdos da unidade programática, a partir de uma conversa sobre assuntos relacionados com o seu meio envolvente, originou uma atitude mais participativa no desenvolvimento da unidade, levando os alunos a aumentarem a sua adesão e interesse pelas aulas de fundamentos teóricos.

## **CAPÍTULO VI**

### **CONCLUSÕES, LIMITAÇÕES E RECOMENDAÇÕES**

## 1. INTRODUÇÃO

Com este estudo procurou-se investigar a eficiência de um novo processo didáctico, para facilitar a aprendizagem de aplicabilidade muito lata aqui usado na disciplina de Técnicas Laboratoriais de Química – Bloco I.

Com o objectivo de testar este processo —inspirado numa variante da inovação curricular CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade), à semelhança dos cursos de ciência e de química produzidos pelo projecto Salters’, “destinados tanto aos alunos que pretendem prosseguir o estudo das ciências, como aos que estudam a ciência pela última vez” (Campbell, 1994, p. 421)— optou-se por aplicá-lo a um grupo experimental de alunos, e, concomitantemente, a outro grupo, aplicou-se a estratégia convencional, para que fosse possível realizar, posteriormente, uma análise quantitativa e qualitativa dos seus efeitos sobre os resultados da aprendizagem.

## 2. CONCLUSÕES DOS RESULTADOS QUANTITATIVOS

Ao comparar os resultados residuais da aprendizagem, foi possível detectar, a partir do cálculo do valor de  $t$ , uma melhoria significativa no grupo experimental quanto à globalidade dos conhecimentos adquiridos. Acontece também que a diminuição dos desvios padrão aponta para uma maior homogenização dos resultados.

Conclui-se, portanto, que o método de ensino experimental é significativamente mais eficiente do que o do grupo de controlo, tendo provocado uma melhoria significativa nos resultados residuais (ganhos de aprendizagem). Rejeita-se, assim, a hipótese nula do estudo, ou seja: abordada uma dada unidade programática, seguindo a lógica dos episódios salientes explicáveis pela Química, **não se verifica**, nos resultados da aprendizagem, **uma melhoria** com significado estatístico, comparativamente aos resultados obtidos quando se aplica o método tradicional, ou seja, aquele que é guiado pela lógica dos conteúdos. Isto é

pela lógica dos conteúdos. Isto é feito com um grau de confiança de 98%, o que é mais do que satisfatório para uma investigação deste género.

Pode-se então afirmar que a melhoria de aprendizagem se deve ao tratamento utilizado e não à flutuação da amostragem, com 98% de probabilidade. Acrescenta-se que, 95% de probabilidade, seria um resultado suficiente para rejeitar a hipótese nula, sendo nalguns estudos, aceitável valores de 90%.

### **3. CONCLUSÕES DOS RESULTADOS QUALITATIVOS**

Embora, a partir do resultado quantitativo obtido, se conclua que a escolha de temas relacionados com a vida dos alunos, para servirem de suporte ao desenvolvimento das unidades programáticas conduziu a melhores resultados convencionais de aprendizagem, esse facto não é suficiente para atingir os fins tão complexos que o ensino de hoje pretende alcançar. Impõe-se pois uma análise qualitativa para contrastar as duas aprendizagens.

Assim, a partir da análise dos questionários baseados na “escala de Likert” e dos questionários de resposta livre, verificou-se, claramente, um comportamento diferenciado, pós-ensino, dos grupos intervenientes no estudo. Concluiu-se que a percentagem de alunos que revela maior interesse e participação no estudo da unidade, quer na vertente prática quer na vertente teórica, pertence ao grupo experimental. Tal situação parece poder atribuir-se ao facto de o método de ensino implementado neste grupo ter gerado uma predisposição natural nos alunos para o estudo em questão, tornando-se patente que estes conseguiram aplicar mais facilmente os conhecimentos teóricos assimilados.

Do ponto de vista comportamental e afectivo, é ainda necessário realçar o evidente gosto dos alunos pelos temas tratados e a atenção prestada às aulas de exposição, e, sobretudo, às aulas de realização prática. Tal circunstância contribuiu, notoriamente, para uma maior aproximação na relação professor-aluno.

Convém recordar, mais uma vez, que, para além do objectivo principal deste estudo, também estiveram nele presentes objectivos de carácter geral, tais como, a

Do ponto de vista comportamental e afectivo, é ainda necessário realçar o evidente gosto dos alunos pelos temas tratados e a atenção prestada às aulas de exposição, e, sobretudo, às aulas de realização prática. Tal circunstância contribuiu, notoriamente, para uma maior aproximação na relação professor-aluno.

Convém recordar, mais uma vez, que, para além do objectivo principal deste estudo, também estiveram nele presentes objectivos de carácter geral, tais como, a necessidade de aumentar a motivação dos alunos para o estudo das diversas disciplinas e, em particular, para a disciplina de Química.

Os instrumentos utilizados para analisar o interesse dos alunos, face ao tema e à metodologia escolhidos, permitiram detectar diferenças nos dois grupos, uma vez sujeitos a comparação.

A partir dos conhecimentos teóricos adquiridos, os alunos compreenderam, sem grande dificuldade, os conteúdos das operações unitárias, fazendo, por outro lado, com desembaraço, a sua ligação a assuntos relacionados com temas do foro ambiental (como por exemplo, o estudo da composição dos solos e as suas implicações na produtividade agrícola).

Um número elevado de alunos, pertencentes a ambos os grupos, aderiu, de modo bastante satisfatório, ao estudo proposto. Parece ser de atribuir tal adesão ao facto de a abordagem das várias operações unitárias se ter apoiado em assuntos que eram do conhecimento e do interesse dos alunos, nomeadamente, os que se relacionavam com a agricultura. Para tal resultado contribuiu, sem dúvida, o terem sido os alunos a recolherem as amostras de terra, que eles próprios seleccionaram, nos lugares por eles escolhidos.

Muitos alunos descreveram de modo positivo as aulas leccionadas, dizendo que foram interessantes e úteis para as suas vidas e com um ambiente de trabalho agradável.

As razões apontadas por eles para justificar tal interesse, vão no sentido de estas lições lhes terem proporcionado maiores conhecimentos sobre temas que eles consideravam importantes e proveitosos, e com os quais estão em permanente contacto. Também consideraram que os conhecimentos assim adquiridos os predispunham e preparavam para colaborar, eventualmente, na resolução de problemas ambientais.

É também conveniente salientar que os dois grupos sujeitos à investigação, consideraram que as aulas leccionadas, com o objectivo de os despertar para o estudo a

realizar — aqui denominadas como aulas de motivação — são mais interessantes do que as aulas limitadas aos fundamentos teóricos.

Neste sentido, não se pode deixar de apontar o facto de que, grande parte dos alunos (e em particular, os do grupo experimental) escolhe as aulas práticas como aquelas em que estão com maior agrado.

Foi particularmente visível esta mudança na atitude dos alunos habitualmente pouco atentos, em situações normais da sala de aula, e que agora acompanharam com grande interesse o ensino desta unidade, particularmente a desenvolvida a partir do novo método.

Os professores regentes das turmas que colaboraram no desenvolvimento do estudo, confirmaram as referidas alterações comportamentais. Referiram mesmo alguns casos de alunos em que a aplicação do novo método surtiu efeitos muito positivos, não só no aspecto cognitivo como no afectivo e também no psico-motor.

Disseram, também, que alguns deles, em particular os do grupo experimental, lhes perguntaram se as restantes aulas do programa seriam leccionadas da mesma forma, exprimindo sentimentos de pesar pelo facto de a resposta ser negativa.

A própria, durante este mesmo ano lectivo — uma vez que continuo a leccionar na escola onde foi realizado o estudo — fui já várias vezes abordada por professores e alunos, que me perguntavam se não iria repetir o estudo aplicando este mesmo método de abordagem, e manifestando desejo de que assim fosse.

#### **4. IMPLICAÇÕES EDUCACIONAIS**

O trabalho laboratorial é, nas áreas de química, muito importante para desenvolver no jovem estudante a convicção de que a vida e o conhecimento científico não são realidades desgarradas uma da outra, mas representam uma continuidade de processos que lhe dizem respeito, que o envolvem e que ele tem o maior interesse pessoal em conhecer. Ora, uma das críticas que se continua a fazer aos sistemas de ensino é o facto de não proporcionarem uma aprendizagem baseada no raciocínio nem um pensamento crítico e

autónomo. Assim, os estudantes acabam por não perceber qualquer relação entre a ciência aprendida na escola e os seus próprios problemas.

Neste âmbito, o trabalho laboratorial não deve ser uma simples rotina pré-programada ou uma mera ilustração de aspectos teóricos.

É indispensável que ele se torne numa autêntica experiência, pela qual os alunos se interessam verdadeiramente e que os motiva para construir um pensamento crítico, tornando-se capazes de interpretar autonomamente os resultados obtidos.

Como se teve ocasião de expor nesta dissertação, a pesquisa realizada com os alunos do 10º ano de Técnicas Laboratoriais de Química permitiu detectar ganhos de aprendizagem significativamente superiores, quando a abordagem programática se inspirou no projecto *Salters' Advanced Chemistry*.

Para aumentar o envolvimento cognitivo dos alunos nas actividades laboratoriais, propõe-se, então, que as Operações Unitárias a estudar não sirvam apenas para ilustrar os conhecimentos previamente apresentados, mas para interpretar ou explicar problemas do dia-a-dia. Assim, ao abordar as diferentes técnicas, sugere-se que se inicie a unidade através de "histórias" significativas para o aluno, que estabeleçam uma ligação expressiva com a matéria a leccionar. Recomenda-se, ainda, durante a sequência das aulas, que se realizem debates entre os alunos, que possibilitem o planeamento, em conjunto, das experiências, a interpretação dos resultados e a explicação mútua dos conceitos.

O recurso aos contextos que situem os conceitos na vida do estudante, tornará a ciência mais significativa e útil, uma vez que o conhecimento fica pouco consolidado quando não é adquirido no enquadramento de tais contextos.

## **5. LIMITAÇÕES DO ESTUDO E RECOMENDAÇÕES**

Uma das maiores limitações deste estudo prendeu-se com o facto do período de tempo em que decorreu o curso de Mestrado não ter coincidido, exactamente, com o ano lectivo dos alunos, isto é, começou somente no mês de Janeiro e não em Setembro. Por tal motivo, e embora o tema da dissertação tenha sido escolhido e ficado praticamente

delimitado logo no início do curso, não foi possível, durante esse mesmo ano lectivo, começar a trabalhá-lo com os alunos, uma vez que a unidade programática escolhida que serviu de base à investigação é leccionada na escola, no final do primeiro período (fim de Novembro – princípio de Dezembro) ou no início do segundo (Janeiro), se ocorrer algum atraso no cumprimento do programa.

Assim, apenas restou um ano lectivo para testar o novo método de ensino e realizar a investigação. Deste modo, a amostra de indivíduos estudados foi quantitativamente menor da que se pretendia, ficando aquém do número que seria desejável, para poder comprovar, mais efectiva e rigorosamente, a eficácia do método.

É de referir que a escola onde se realizou o estudo em apreço tem um número relativamente restrito de alunos a frequentar o agrupamento 1, do ensino secundário, tendo-se apenas conseguido trabalhar com as quatro turmas do 10º ano que frequentavam a disciplina de Técnicas Laboratoriais de Química.

Por sua vez, em duas dessas turmas realizou-se o estudo piloto e, nas outras duas, o principal, reduzindo assim, ainda mais, o número de indivíduos estudados para este fim.

Convém ainda referir que, no decorrer das actividades laboratoriais, estiveram apenas presentes dois professores para acompanhar e avaliar todo o trabalho dos alunos. O número excessivo de alunos para as condições de trabalho também dificultou a avaliação, tanto mais que o grande entusiasmo com que realizavam as experiências e observavam os resultados obtidos, levava os alunos a solicitar continuamente a presença dos professores.

Por outro lado, sendo um dos professores estranho à turma e, por isso, desconhecendo os alunos envolvidos no trabalho, teve maior dificuldade em identificá-los, no momento de classificar o seu desempenho. Isto mesmo poderia ter sido facilitado, se as actividades laboratoriais tivessem sido filmadas, com o fim de analisar e avaliar, posteriormente, e em mais em pormenor, o trabalho dos alunos. Ora, tal também não foi possível por falta de material e pessoas disponíveis.

Pensa-se, contudo, que estas limitações — completamente alheias à vontade da investigadora — não impediram de chegar a conclusões positivas e concludentes a respeito da eficácia do novo método.

\* \* \*

Embora uma reflexão sobre os procedimentos e resultados do presente estudo possa oferecer elementos úteis para aprimorar os métodos actuais de ensino, tem-se consciência de que ficaram por analisar muitos aspectos relacionados com a metodologia utilizada.

Assim, e com vista à realização de novas investigações nesta área, a investigadora permite-se sugerir algumas recomendações que poderão valer para futuros aprofundamentos.

Em primeiro lugar, considera-se de toda a conveniência desenvolver este tipo de investigações durante um período de tempo mais longo.

Em segundo lugar, a amostra de alunos estudados deverá ser constituída por um maior número de alunos, e que estes sejam escolhidos de modo aleatório. Seria até conveniente, recorrer, para isso, a diversas escolas, com o intuito de diversificar as amostras e aumentar, substancialmente, a base de investigação.

Por outro lado, seria muito útil realizar investigações semelhantes, com alunos que frequentassem outros anos de escolaridade da disciplina de Ciências Físico-Químicas ou de Química, e até com alunos de outras disciplinas de diferentes áreas, de modo a obter uma mais ampla base de avaliação dos resultados que permitisse ponderar as influências dos novos métodos nos resultados da aprendizagem.

Se este anseio fosse realizado, permitiria avaliar melhor os novos métodos de ensino nos diferentes níveis de escolaridade e nas várias disciplinas no âmbito das ciências.

Para tal fim, além da aplicação de inquéritos escritos, poderá utilizar-se, como complemento, o método de entrevista. Este método permite recolher valiosos dados de opinião que poderão fornecer pistas para a caracterização do processo em estudo, como também conhecer melhor, sob alguns aspectos, os intervenientes do processo.

Parece que também seria vantajoso realizar mais estudos comparativos, utilizando, para tal fim, turmas em que se desenvolvesse a unidade programática de acordo com o programa em vigor e seguindo a metodologia que ele propõe, e outras turmas, nas quais se aplicasse o método em investigação, em que a mesma unidade fosse abordada, tomando como tema motivador o mesmo que foi utilizado no presente estudo ou outros que se considerassem pertinentes.

Os temas e actividades a escolher para esses estudos deverão desafiar os alunos a pôr em questão a evidência imediata, incitando-os a explicitar o seu próprio pensamento, a observar os percursos seguidos na resolução dos problema e as dificuldades sentidas.

Este esforço de explicitação assume um papel importante na tomada de consciência da forma de adquirir novos conhecimentos, na promoção da compreensão e no controlo da própria aprendizagem.

\* \* \*

Após a conclusão de todo o estudo, não restam dúvidas de que ele foi muito enriquecedor, sobretudo, para a autora, mas pensa-se que também para os professores e alunos envolvidos na investigação. Todos chegaram ao seu termo convencidos das suas vantagens e com vontade de o repetir, quer aplicando-o à mesma unidade, quer a outras unidades da mesma disciplina ou a outros níveis de escolaridade.

Oxalá este trabalho, que vem à luz no momento em que o corpo docente se debruça com interesse, embora também com grande perplexidade, sobre a nova revisão curricular, possa servir, de alguma forma, para corroborar as suas oportunas inspirações.

## **BIBLIOGRAFIA**

Abbagnano, N. e Visalberghi, A. (1981), *História da Pedagogia*, vol. II, Livros Horizonte Pedagógico, Lisboa.

Abbagnano, N. e Visalberghi, A. (1982), *História da Pedagogia*, vol. IV, Livros Horizonte Pedagógico, Lisboa.

Afonso, A. S. e Leite, L. (2000), Concepções de Futuros Professores de Ciências Físico-Químicas sobre a Utilização de Actividades Laboratoriais, *Revista Portuguesa de Educação*, 13 (1), 185-208.

Alarcão, Isabel (2001), Conferencia Plenária no IV Encontro Nacional de Didácticas e Metodologias da Educação, Évora.

Alvarez Méndez, J. M. (1985), *Didáctica, Currículo y Evaluation: Ensayos sobre Cuestiones Didácticas*, Alamex, Barcelona.

Alves, A. C. (1991), *A Satisfação/Insatisfação Docente – Contributos para um Estudo da Satisfação/Insatisfação dos Professores Efectivos do 3º ciclo do Ensino Básico e do Ensino Secundário do Distrito de Bragança*, Tese de Mestrado em Ciências de Educação, Universidade de Lisboa, Faculdade de Psicologia e Ciências de Educação, Lisboa

Anderman, Eric M. e Young, Allison J. (1994), Motivation and Strategy Use in Science: Individual Differences and Classroom Effects, in *Journal of Research in Science Teaching*, vol 31, nº 8, pp. 811-831.

Andersson, B. (1984), *Chemical Reactions*, EKNA Project – Report nº 12, Mölndal: University of Gothenburg.

Arends, R. I. (1995), *Aprender a Ensinar*, Mcgraw-Hill, Lisboa.

- Ausubel, D. P. (1982) *Psicologia Educativa – Un Punto de Vista Cognitivo*, Trillas, México.
- Ausubel, D. P. e Robinson, F. G. (1969), *School Learning*, Holt, Rinehart and Winston, New York.
- Bachelard, G. (1971), *A Epistemologia*, Edições 70, Barcelona.
- Baddely, A. (1983), *Your Memory – A User's Guide*, Penguin Books Ltd, Harmondsworth, Middlesex, Inglaterra.
- Baena Cuadrado, M<sup>a</sup> Dolores (2000), Pensamiento y Acción en la Enseñanza de las Ciencias, *Enseñanza de las Ciencias*, 18 (2), 217-226.
- Barth, Britt-Mari (1987), *A Aprendizagem da Abstração*, Col. Horizontes Pedagógicos, Instituto Piaget, Lisboa.
- Bentley, M. (1995), Us Science Education: Prospects for Reform, *Australian Science Teachers Journal*, 41, (3), 20-27.
- Ben-Zvi, Eylan e Silberstein (1986), Is an Atom of Copper Malleable? *Journal of Chemical Education*, vol. 63, (1), 64-66.
- Braga da Cruz, G., 1964, *Origem e Evolução da Universidade*, Logos, Lisboa.
- Brophy, J. (1987), Synthesis of Research on Strategies for Motivating Students to Learn, *Educational Leadership*, p. 40-48.
- Bruner, J. (1988), *Realidad Mental y Mundos Posibles*, Gedisa, Barcelona.

- Bruter, C. P. (1976), *Topologie et Perception – Aspects Neurophysiologiques*, vol 2, Doin & Maloine, Col. Recherches Interdisciplinaires, Paris.
- Burbules, N. e Linn, M. (1991), Science Education and Philosophy of Science: Congruence or Contradiction?, *International Journal of Science Education*, 13 (3), 227-241.
- Burton, G. et all. (1994 a), *Salter's Advanced Chemistry – Chemical Ideas*, University of York Science Education Group, Heinemann Educational Publishers, Oxford.
- Burton, G. et all. (1994 b), *Salter's Advanced Chemistry – Chemical Storylines*, University of York Science Education Group, Heinemann Educational Publishers, Oxford.
- Burton, G. et all., (1994 c), *Salter's Advanced Chemistry – Teacher's Guide*, University of York Science Education Group, Heinemann Educational Publishers, Oxford.
- Cachapuz, A. (1992), Ensino das Ciências e Formação de Professores, *Projecto MUTARE*, nº 1, Universidade de Aveiro, 3-34.
- Cachapuz, A. e Ribeiro, M. G. (1986), Identificação das Versões Privadas de Conceitos de Química no Ensino Secundário, *Bol. Sociedade Portuguesa de Química*, 23, 21-26.
- Cachapuz, A. et all. (1989), O Trabalho Experimental nas Aulas de Química e Física, *Gazeta de Física*, vol. 12, nº 2, 65-69.
- Cachapuz, A. et all. (1991), Problemática das Concepções Alternativas na Formação Inicial de Professores de Física e Química, *Actas do 2º Encontro Nacional de Didácticas e Metodologias de Ensino*, Universidade de Aveiro, 173-182.
- Campanario, J. M. (1999), La Ciencia que no Enseñamos, *Enseñanza de las Ciencias*, 17 (3), 397-410.

Campbell, B. et al (1994), Science: The Salters' Approach – A Case Study of the Process of Large Scale Curriculum Development, *Science Education*, 78 (5), 415- 447.

Campbell, D. e Kenny, D. (1999), *A Primer on Regression Artifacts*, A Division of Guilford Publications, Inc., New York.

Carrasco, J. F. (1989), *Como Avaliar a Aprendizagem*, Coleção Práticas Pedagógicas, Edições Asa, 1ª edição, Rio Tinto.

Cassels, J. R. e Johnstone, A. H. (1983), The Meaning of Words and the Teaching of Chemistry, *Educations in Chemistry*, 20 (1), 10-11.

Chemical Bond Approach Project (1966), *Sistemas Químicos*, Editorial Reverté, SA, Barcelona.

Chemical Education Material Study Project (1966), *Química, una Ciencia Experimental*, Editorial Reverté, SA, Barcelona.

Cid, M. C. e Valente, M. O. (1997), A Perspectiva Ciência-Tecnologia-Sociedade: alguns efeitos na aprendizagem dos alunos, *Didácticas/Metodologias da Educação*, Departamento de Metodologias da Educação, Universidade do Minho, Braga, 187-198.

Cohen, L. e Manion, L. (1997), *Research Methods in Education*, Routledge, Londres.

Coll, C., 1990, *Aprendizaje Escolar y Construcción del Conocimiento*, Paidós, Barcelona.

Condry, J., Chambers, J. (1978), *Intrinsic Motivation and the Process of Learning*, The Hidden Costs of Reward, M. R. Lepper and D. Greene, Hillsdale, Lawrence Erlbaum Associates, New Jersey.

Corrêa, Carlos, 1999, *Química – 2ª parte, 12º Ano*, Porto Editora, Porto.

Correia, A. S. e Dias, P. (1998), A Evolução dos Paradigmas Educacionais à Luz das Teorias Curriculares, *Revista Portuguesa de Educação*, 11 (1), 113-122.

Costa Pereira, D. (1991), Papel dos Modelos de Investigação em Didáctica das Ciências, *Actas do 2º Encontro Nacional de Didácticas e Metodologias de Ensino*, Departamento de Didáctica e Tecnologia Educativa, Universidade de Aveiro, Aveiro, 149-163.

Costa Pereira, D. (2002), Private Communication.

Csikszentmihalyi, M. e Nakamura, J. (1989), The Dynamics of Intrinsic Motivation: A Study of Adolescents, in *Research on Motivation in Education – Goals and Cognitions*, vol 3, Edited by Carole Ames and Russell Ames, Academic Press, Inc, London.

Damas, Maria Joaquina e De Ketelle, Jean-Marie (1985), *Observer para Avaliar*, Livraria Almedina, Coimbra.

D'Irsay, Stephen (1933), *Histoire des Universités Françaises et Étrangères, des Origines à nos Jours*, vol. I – Moyen Âge et Renaissance, Paris.

De Ketelle (1986), *L'évaluation: approche descriptive ou prescriptive?*, De Boeck, Bruxelles.

Deci, E. L. (1971), Effects of Externally Mediated Rewards on Intrinsic Motivation, *Journal of Personality and Social Psychology*, 18, 105-115.

Deci, E. L. (1975), *Intrinsic Motivation*, Plenum Press, New York. New York

Deci, E. L. e Ryan, R. M. (1995), *Intrinsic Motivation and Self – Determination*, Plenum Press, New York.

Delattre, P. (1971), *Système, Structure, Fonction, Évolution*, Maloine & Doin, Paris.

- Dexter, John (1994), Salter's chemists revisited, *Education in Chemistry*, vol 31-3, 66-67.
- DGEBS (1991), *Organização Curricular e Programas do 2º Ciclo do Ensino Básico*, vol. 1, Ministério da Educação, Lisboa.
- Dias, A. R. (1985), Química para Químicos e Química para Cidadãos, *Boletim da Sociedade Portuguesa de Química*, vol. 20, 35-36.
- Dickinson, D. (1987), The Development of a Concept of Material Kind, *Science Education*, 71 (4), 615-628.
- Driver, R. & Oldham, V. (1986), A Constructivist Approach to Curriculum Development in Science, *Studies in Science Education*, 13, 105-122.
- Driver, R. & Easley, J. (1978), Pupils and Paradigms: A review of Literature Related to Concept Development in Adolescent Science Students, *Studies in Science Education*, 12, 7-15.
- Driver, R. (1981), Pupils' Alternative Frameworks in Science, *European Journal of Science Education*, 3 (1), 93-101.
- Erduran, Sibel (2000), Emergence and Application of Philosophy of Chemistry in Chemistry Education, *School Science Review*, 81 (297), 85-87.
- Evans Philip e Evans, Sandra (1992), *Open Chemistry*, Hodder & Stoughton, Londres.
- Faria, A. M. M. et all (1994), *Livro do Professor (8º ano CFQ) – Algumas Sugestões de Trabalho*, Raiz Editora, Lisboa.
- Fensham, Peter J. (1997), Chemistry for Tomorrow Public, *Education in Chemistry*, vol 34 (2), 43- 44.

Ferguson, G. A. e Takane, Y. (1989), *Statistical Analysis in Psychology and Education*, McGraw-Hill Book Company, 6ª Edition, Singapore.

Fernandes, E. V. (1997), *Psicologia da Educação Moderna*, Universidade de Aveiro, Serviços de Documentação, Aveiro.

Fernandes, R. (1979), *A Pedagogia Portuguesa Contemporânea*, Biblioteca Breve, Instituto da Cultura Portuguesa, Lisboa.

Fox, W. M. (1986), *Teacher motivation*, Comunicação apresentada na Conferencia Anual do National Council of States on Inservice Education, Nashville.

Freire, Ana Maria (1993), Um Olhar Sobre o Ensino da Física e da Química nos Últimos Cinquenta Anos, *Revista da Educação*, vol III, nº 1, 37-48.

Gräber, W. et all (2001), *ParCIS : Aiming for Scientific Literacy Through Self-Regulated Learning whith the Internet*, 1<sup>st</sup> IOSTE Symposium in Southern Europe Paralimni.

Galili, I. e Bar, V. (1992), Motion Implies Force: Where to Expect Vestige of the Misconceptioons? *International Journal of Science Education*, 14 (1), 63-81.

Garnett, P. et all (1995), Students' Alternative Conceptions in Chemistry: A Review of Research and Implications for Teaching and Learning, *Studies in Science Education*, 25, 69-95.

Gil Perez, D. (1983), Tres Paradigmas Básicos en la Enseñanza de las Ciencias, *Enseñanza de las Ciencias*, 1 (1), 26-33.

Gil Perez, D. (1993), Contribución de la História y de la Filosofia de las Ciencias al Desarrollo de un Modelo de Enseñanza/Aprendizaje como Investigación, *Enseñanza de las Ciencias*, 11 (2), 197-212.

Gil Perez, D. et all (1999), Puede Hablarse de Consenso Constructivista en la Education Científica?, in *Enseñanza de las Ciencias*, 17 (3), 505-512.

Gil Perez, D. e Martínez Torregrosa, J. (1983), A Model for Problem Solving in Accordance With Scientific Methodology, *European Journal of Science Education*, 5 (4), 447-455.

Gilbert, J. K. & Watts, D. M. (1983), Concepts, Misconceptions and Alternative Conceptions. Changing Perspectives, in Science Education, *Studies in Science Education*, 10, 61-98.

Gilbert, J. K. e Zylbersztajn, A. (1985), A Conceptual Framework for Science Education: the Case Study of Force and movement, *European Journal of Science Education*, 7 (2), 107-120.

Giordan, A. & Vecchi, G. (1985), *Les Origines du Savoir*, Delachaux & Niesté, Paris.

Glass, G. e Hopkins, K. (1984), *Statistical Methods in Education and Psychology*, A Division of Simon & Schuster, Inc., 2ª edição, Massachusetts.

Godet, Michel (1988), *Défis et Crise Mondiale des Systèmes Éducatifs*, Futuribles, Paris.

Gonçalves, Raquel (1996), Química na Filosofia, *História e Epistemologia da Ciência no ensino da Física e da Química*, Programa FOCO, Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, Porto.

Hancock, Dawson R. (1994), Motivating Adults to Learn Academic Course Content, *Journal of Educational Research*, vol 88, nº 2, 102-108.

Hanrahan, Mary (1998), The Effect of Learning Environment Factors on Students' Motivation and Learning, *International Journal of Science Education*, vol 20, nº 6, 737-753.

Hassenforder, J. (1974), *A Inovação do Ensino*, Biblioteca do Educador Profissional, Livros Horizonte, Lisboa.

Hernández Arístu, J. (1991), *Acción Comunicativa e Intervención Social*, Edit. Popular, Madrid.

Herron, J. D. (1996), *The Chemistry Classroom – Formulas for Successful Teaching*, Morehead State University, American Chemical Society, Washington.

Hodson, D. (1992), In Search of a Meaningful Relationship: an Exploration of Some Issues to Integration in Science and Science Education, *International Journal of Science Education*, 14 (5), 541-566.

Hoffmann, R. (1995), *The Same and Not the Same*, Columbia University Press, New York.

Holman, J. (1990), Salters Update, *Education in Chemistry*, vol. 27 (1), 3.

Holman, J. e Waddington, D. (1994), Salters Advanced Chemistry on Course, *Education in Chemistry*, 31, (5), 130 – 132.

Hurd, P. (1987), Ciência, Tecnologia e Sociedade: Um Novo Contexto para o Ensino de Ciência no Secundário, *Revista de Ciência, Tecnologia e Sociedade*, 1 (2), 50-56.

Jesus, Saúl Neves (2000), *Influência do Professor sobre os Alunos – Relação Pedagógica, Gestão da Indisciplina, Motivação dos Alunos*, Edições Asa, Coleção Cadernos Pedagógicos, 4ª edição, Porto.

Kaufman, J. W. (1984), *Relationship Between Teacher Motivation and Commitment to the Profession*, Comunicação apresentada no Congresso Anual da American Educational Research Association, New Orleans.

Kelly, J. (1955), *The Psychology of Personal Constructs*, WW Norton and Co. Inc, New York.

Khun, T. S. (1971), *La Estructura de las Revoluciones científicas*, F. C. E., Méjico.

Lafourcade, Pedro D. (1972), *Evaluación de los Aprendizages*, Editorial Cincel, Madrid.

Le Moigne, Jean-Louis (1995), *Les Épistémologies Constructivistes*, Presses Universitaires de France, Paris.

Le Moigne, Jean-Louis (1996), *A Teoria do Sistema Geral – Teoria da Modelização*, Instituto Piaget, Lisboa.

Lee, Okhee e Brophy, Jere (1996), Motivational Patterns Observed in Sixth-Grade Science Classrooms, *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 33, nº 3, 303-318.

Lefour, Jean-Michel (1992), *Sciences & Vie*, nº 180, Setembro de 1998, Paris.

Lepper, Mark R. (1988), Motivational Consideration in the Study of Instruction, *Cognition and Instruction*, 5, 4, 289-309.

Lepper, Mark R. e Hodell, Melinda (1989), Intrinsic Motivation in the Classroom, in *Research on Motivation in Education – Goals and Cognitions*, vol 3, Edited by Carole Ames and Russell Ames, Academic Press, Inc, London.

Lieury, A. (1993), *Mémoire et Réussite Scolaire*, Dunod, Paris.

Lieury, A. e Fenouillet, F. (1997), *Motivação e sucesso escolar*, Editorial Presença, 1ª Edição, Lisboa.

- Linder, C. J. (1993), A Challenge to Conceptual Change, *Science Education*, 77 (3): 293-300.
- Lumsden, Linda S. (1994), *Student Motivation to Learn*, in ERIC Digest, nº. 92, Eric Clearinghouse on Educational Management, University of Oregon, [http://www.ed.gov/databases/ERIC\\_Digests/ed370200.html](http://www.ed.gov/databases/ERIC_Digests/ed370200.html)
- Maciel, Noémia e Miranda, Ana (1994), *Eu e Química – Físico-Químicas, 8º ano de escolaridade*, Porto Editora, 1ª edição, Porto.
- Maciel, Noémia e Miranda, Ana (1994), *Eu e Química – Físico-Químicas, 9º ano de escolaridade*, Porto Editora, 1ª edição, Porto.
- Martínez Aznar et all (2001), Qué Pensamiento Profesional y Curricular Tienen los Futuros Profesores de Ciencias de Secundaria? *Ensenanza de las Ciencias*, 19 (1), 67-87.
- Martins, M. A. (1989), *A Energia nas Reacções Químicas Químicas: Modelos Interpretativos Usados por Alunos do Ensino Secundário*, Tese de Doutoramento, Universidade de Aveiro, Aveiro.
- Matthews, M. R. (1992), Constructivism and Empiricism: an Incomplete Divorce, *Review of Educational Research*, 22, 299-307.
- Mialaret, G. (1980), *As Ciências da Educação*, Moraes Editores, Lisboa.
- Minguet, P. A. et all (1998), *A construção do conhecimento na educação*, Editora Artes Médicas Sul Ltda, S. Paulo.
- Moreno, J. (1998), Motivação de Professores—Estudo de Factores Motivacionais em Professores Empenhados, *Revista Portuguesa de Educação*, 11 (1), 87-101.

Moreno, J. L. (1954), *Fondements de la sociométrie*, P. U. F., PARIS

Nieswandt, M. (2001), Problems and Possibilities for Learning in an Introductory Chemistry Course from a Conceptual Change Perspective, *Science Education*, 85 (2), 158-179.

Novak, J. D. (1982 a), Aplicação dos Recentes Avanços na Teoria da Aprendizagem e na Filosofia da Ciência ao Ensino da Química, *Bol. Sociedade Portuguesa de Química*, Ano 4 – Série II, nº 10, 3-9.

Novak, J. D. (1982 b), O ensino da Química na década de 80: alguns contributos da teoria da aprendizagem e da epistemologia, *Bol. Sociedade Portuguesa de Química*, Ano 4 – Série II, nº 10, 10-13.

Novak, J. D. (1988), *El constructivismo humano: hacia la unidad en la elaboracion de significados psicológicos y epistemológicos*, Diada, Sevilha.

Novick, S. and Nussbaum, J. (1978), Junior High School Pupil's Understanding of the Particulate Nature of Matter: an Interview Study, *Science Education*, 62 (3), 273-281.

Novick, S. and Nussbaum, J. (1981), Pupils' Understanding of the Particulate Nature of Matter: a Cross- Age Study, *Science Education*, 65 (2), 187-196.

Nuffield Foundation (1969), *Química, Introducion y Guia*, Editorial Reverté, SA, Barcelona.

Osborne, R. J. e Freyberg, P. (1985), *Learning in Science: the Implications of Children's Science*, Heinman, Auckland / London.

Osborne, R. J. e Wittrock, M. C. (1985), The generative Learning Model and its Implications for Science Education, *Studies in Science Education*, 12, 59-87.

Palma, F. e Fernandes, F. (1982), Sobre os Programas de Química do Ensino Secundário, *Boletim da Sociedade Portuguesa de Química*, 10, 14-17.

Pereira, A., Souto, A. e Gonçalves, C. (1997), *Eu Gosto de Química – 9º ano*, Texto Editora, 1ª edição, Lisboa.

Pereira, M. A. (1985), A Relevância da Química para o Cidadão, *Boletim Sociedade Portuguesa de Química*, 20, 41-47.

Piaget, J. (1964), *Seis estudos de Psicologia*, , Publicações D. Quixote, Lisboa.

Pinto, Helena Castro, Carvalho, Maria de Jesus e Fialho, Maria Margarida (1997), *Técnicas Laboratoriais de Química I*, Texto Editora, Lisboa.

Programa de Física e Química A para o 10º ano (2001), Ministério da Educação, Departamento do Ensino Secundário, Lisboa.

Programa do XI Governo Constitucional (1987), Apresentação e debate, Assembleia da República, Lisboa.

Projecto do programa de Física e Química A para o 11º ano (2001), Ministério da Educação, Departamento do Ensino Secundário, Lisboa.

Raffini, James (1993), *Winners Whithout Losers: Structures and Strategies for Increasing Student Motivation to Learn*, Allyn and Bacon, Boston.

Ramos, M. Mercês Sousa e Ribeiro, M. Luz Castro (1989), Um Contributo para a Formação de Professores – Descrição de um Caso em Metodologia da Química (8º ano), *Boletim Sociedade Portuguesa de Química*, 37, 17-22.

Ramsden, Judith (1990), Balanced Science-Getting the Chemistry Right, *Education in Chemistry*, vol. 27 (1), 14-16.

Reigosa Castro et all. (2000), La Cultura Científica en la Resolución de Problemas en el Laboratorio, *Enseñanza de las Ciencias*, 18 (2), 275-284.

Rosa, A. M. L. (1991), *As Representações da Actividade Docente dos Professores e a Satisfação Profissional – Um Estudo sobre Professores numa Escola do Ensino Secundário*, Tese de Mestrado em Ciências de Educação, Universidade de Lisboa, Departamento de Educação da Faculdade de Ciências, Lisboa.

Rost, J. (1983), Network Theories of Semantic Memory and Their Implications for Teaching Physics, *Research on Physics Education: Proceedings of the First International Workshop*, Editions du Centre National de la Recherche Scientifique, Paris.

Rudd, Vivienne (1994), Teaching Industry, *Education in Chemistry*, Vol. 31-1, 4.

Rutherford, F. J. e Ahlgren, A. (1995), *Ciência para Todos*, Gradiva, Lisboa.

Salema, M. H. C. (1997), *Ensinar e Aprender a Pensar: Uma Proposta para o Apoio Educativo*, Texto Editora, Lda, Lisboa.

Santos, Joaquim Quelhas (1990), *Química e o Aumento das Produções Agrícolas, em Química e a Sociedade – a Presença da Química na Actividade Humana*, editores: Alberto Romão Dias e Joaquim Moura Ramos, Escolar Editora e Sociedade Portuguesa de Química, Lisboa.

Santos, M. (1995), A Inclusão de Materiais CTS nos Manuais de Ciências. O que Temos? O que Queremos? *Actas do V Encontro Nacional de Docentes de Ciências da Natureza*, Portalegre: Escola Superior de Educação de Portalegre.

Santos, M. E. e Cruz, M. N. (1988), Possíveis Estratégias de Mudança Conceptual em Ciências: sua Fundamentação, *Actas do 1º Encontro Nacional de Didácticas e Metodologias de Ensino*, Departamento de Didáctica e Tecnologia Educativa, Universidade de Aveiro, Aveiro, 556-561.

Santos, Maria Eduarda (1989), *Para uma Pedagogia da Mudança Conceptual, Estudo de Orientação Epistemológica*, Tese de Mestrado em Educação, Universidade de Lisboa.

Santos, Maria Eduarda (1991), *Mudança Conceptual na Sala de Aula – um Desafio Pedagógico*, Livros Horizonte, Lisboa.

Santos, Maria Eduarda Moniz dos (1992), As Concepções Alternativas dos Alunos à Luz da Epistemologia Bachelardiana, *Ensino das Ciências e Formação de Professores, Projecto MUTARE*, nº 1, Universidade de Aveiro, Aveiro, 35-56.

Santos, N. (1993), A Relação Pedagógica e a Motivação dos Alunos, *Actas do 3º e 4º Seminários - A Componente de Psicologia na Formação de Professores e outros Agentes Educativos*, Departamento de Pedagogia e Educação da Universidade de Évora.

Sequeira, M. (1997), Ensino das Ciências no Contexto C-T-S, *Didácticas/Metodologias da Educação*, Departamento de Metodologias da Educação, Universidade do Minho, Braga.

Serafini, M. T. (1991), *Saber Estudar e Aprender*, Editorial Presença, Lisboa.

Silva, Joaquim Esteves da (1998), *Química do Solo e da Água – Parte III – Trabalhos Práticos*, Departamento de Química, Faculdade de Ciências do Porto.

Silva, Joaquim Esteves da (1999), *Química do Solo*, Mestrado em Química para o Ensino – Química do Ambiente – Demonstrações, Departamento de Química, Faculdade de Ciências do Porto.

Simões, T., Queirós, M. A. e Simões, M. (1998), *Técnicas Laboratoriais de Química – Bloco III*, Porto Editora, Porto.

Simões, T., Queirós, M. A. e Simões, M. (1999), *Técnicas Laboratoriais de Química – Bloco I*, Porto Editora, Porto.

Slootmaekers, P., 1978, Alguns Aspectos da Inovação do Ensino da Química, *Bol. Sociedade Portuguesa de Química*, 1º Encontro Internacional sobre Educação em Química, 55-76.

Soares, R., Almeida, C. E., Serra, L. (1997), *Técnicas Laboratoriais de Biologia – Bloco II*, Porto Editora, Porto.

Solbes, J. e Traver, M. (2001), Resultados Obtenidos Introduciendo História de la Ciencia en las Clases de Física y Química: Mejora de la Imagen de la Ciencia y Desarrollo de Actitudes Positivas, *Enseñanza de las Ciencias*, 19 (1), 151-162.

Solomon, J. (1988), Science Technology and Society Courses: Tools for Thinking About Social Issues, *International Journal of Science Education*, 10 (4), 379-387.

Solomon, J. (1994 a), Group Discussions in the Classroom, *Teaching Science*, edited by Ralph Levinson, Open University, 7-12.

Solomon, J. (1994 b), The Laboratory Comes Age, *Teaching Science*, edited by Ralph Levinson, Open University, 7-12.

Solomon, J. (1994 c), The Raise and Fall of Constructivism, *Studies in Science Education*, 23, 1-19.

Solomonidou, C. e Stavridou, H. (2000), From Inert Object to Chemical Substance: Students' Initial Conceptions and Conceptual Development During an Introductory Experimental Chemistry Sequence, *Science Education*, 84 (3), 382-400.

Spaulding, Cheryl L. (1992), *Motivation in the Classroom*, McGraw-Hill, Inc., United States of America.

- Stinner, Arthur (1995), Contextual Settings, Science Stories, and Large Context Problems: Toward a More Humanistic Science Education, *Science Education*, 79 (5), 555-581.
- Suchting, W. A. (1992), Constructivism Deconstructed, *Science Education*, 1 (3), 223-254.
- Teixeira, Maria Emília Andrade (2000), *Nova Química 9 – Ciências Físico-Químicas, 9º ano*, Areal Editores, 1ª edição, Porto.
- Teodoro, A. (1982), *O Sistema Educativo Português – situação e perspectivas*, Biblioteca do Educador Profissional, Livros Horizonte, Lisboa.
- Teodoro, A. (1994), *Política Educativa em Portugal – educação, desenvolvimento e participação política dos professores*, Bertrand Editora, Venda Nova.
- Tulving, E. (1972), *Organization of Memory*, Edição E. Tulving e W. Donaldson, Academic Press, Nova Iorque.
- Tulving, E. (1999), *What is Episodic Memory and why is it Unique*, Report from the Bauer Foundation Colloquium Series 1998-1999, [<http://www.bio.brandies.edu/news/bauer/series99/tulving.html>], em 10/11/2000.
- Valadares, J. e Costa Pereira, D. (1991), *Didáctica da Física e da Química*, vol I, Universidade Aberta, Lisboa.
- Vallerand, R. J. e Thill, E. (1993), *Introduction à la Psychologie de la Motivation*, Vigot, Québec.
- Veloso, J. S., Garrido, J. e Bettencourt, J. M. (1974), *Factores da Produção Agrícola*, Coleção Rústica, Editorial Notícias, Lisboa.

Viennot, L. (1979), Spontaneous Reasoning in Elementary Dynamics, *European Journal of Science Education*, 1, (2), 205-221.

Viennot, L. (1996), *Raisonnement en Physique. La part du sens commun*, De Bpoeck & Larcier S. A., Paris e Bruxelles.

Vogelezang, M. J. (1987), Development of the Concept of "Chemical Substance" – some Thoughts and arguments', *International Journal of Science Education*, 9 (5), 519-528.

Vygotsky, L. S. (1984), *El Desarrollo de los Procesos Psicológicos Superiores*, Critica, Barcelona.

Watchlawick, P. 1988, *Es real la realidad?* Herder, Barcelona.

Watson, A. J. et al. (1991), School Staffing and the Quality of Education: Teacher adjustment and satisfaction, *Teaching & Teacher Education*, 7 (1), 63-77.

Wheatley, G. H. (1991), Constructivist Perspectives on Science and Mathematics Learning, *Science Education*, 75 (1), 9-21.

## **APÊNDICES**

## **APÊNDICE I**

### **Instrumentos de Avaliação:**

1 - Pré-teste - Prova escrita de opção da melhor resposta

2 - Pós-teste - Prova escrita de opção da melhor resposta

- Questionário de resposta aberta

- Questionário baseado na “escala de Likert”

## 1 - Pré-teste

### Prova escrita de opção da melhor resposta

Nº \_\_\_\_\_

Turma \_\_\_\_\_

Idade \_\_\_\_\_

**Este teste é anónimo e não será utilizado para a tua classificação final de período.**

**Peço-te que respondas individualmente e de forma cuidadosa, uma vez que os seus resultados irão permitir retirar conclusões sobre o presente estudo. Deves apenas escolher uma de cada quatro hipóteses: aquela que te parecer correcta.**

**Obrigada pela tua colaboração.**

1- Para analisar um solo realizam-se:

- 1- Processos físicos
- 2- Processos químicos
- 3- Processos físicos e químicos
- 4- Nenhum dos anteriores

2- O solo pode ser considerado como:

- 1- Uma mistura de substâncias homogénea
- 2- Uma mistura de substâncias heterogénea
- 3- Um conjunto de átomos da mesma espécie
- 4- Nenhuma das anteriores

**3-** O solo é composto :

- 1- Apenas por uma fase orgânica
- 2- Apenas por uma fase inorgânica
- 3- Por uma fase orgânica e por uma fase inorgânica
- 4- Nenhuma das anteriores

**4-** A fase orgânica de um solo é formada por:

- 1- Substâncias húmicas e substâncias não húmicas
- 2- Substâncias minerais
- 3- Apenas ácidos húmicos
- 4- Nenhuma das anteriores

**5-** A separação dos ácidos fúlvicos dos ácidos húmicos é realizada por:

- 1- Absorção
- 2- Coagulação
- 3- Osmose
- 4- Nenhuma das anteriores

**6-** A estrutura de um solo pode ser estudada realizando:

- 1- Uma filtração
- 2- Uma peneiração
- 3- Uma decantação
- 4- Nenhuma das anteriores

**7-**O tratamento de solos depende de:

- 1- Factores naturais
- 2- Factores humanos
- 3- Factores naturais e factores humanos
- 4- Nenhuma das anteriores

**8-** As argilas são constituídas por:

- 1- Ácido clorídrico
- 2- Barro
- 3- Nitrato de potássio
- 4- Nenhum dos anteriores

**9-** Os correctivos orgânicos do solo actuam:

- 1- Modificando a textura do solo
- 2- Corrigindo o tamanho das pedras que existem no solo
- 3- Corrigindo o pH dos solos
- 4- Nenhuma das anteriores

**10-** Os fertilizantes:

- 1- Aumentam a produtividade do solo
- 2- São adicionados ao solo antes dos correctivos
- 3- Só são produzidos industrialmente
- 4- Nenhuma das anteriores

11- O solo é constituído :

- 1- Somente por iões
- 2- Por moléculas e iões
- 3- Por átomos isolados
- 4- Nenhuma das anteriores

12- Uma operação unitária é:

- 1- Um processo para converter unidades para o SI
- 2- Um processo essencialmente físico para separar misturas de substâncias
- 3- Um processo no qual só ocorrem transformações químicas
- 4- Nenhuma das anteriores

13- A operação de diálise baseia-se:

- 1- Na migração de partículas do soluto de um meio mais concentrado para outro menos concentrado
- 2- Na separação de partículas sólidas de tamanhos diferentes
- 3- Na migração de partículas do soluto de um meio menos concentrado para outro mais concentrado
- 4- Nenhuma das anteriores

14- A operação de adsorção utiliza-se para:

- 1- Mudar o estado físico de uma substância
- 2- Separar misturas de substâncias difíceis de isolar
- 3- Alterar o ponto de ebulição de uma substância
- 4- Nenhuma das anteriores

15- A operação de adsorção consiste na:

- 1- Transferência de uma substância de uma fase gasosa para uma líquida na qual é solúvel
- 2- Separação de uma ou mais substâncias de uma mistura sólida por meio de um solvente líquido
- 3- Retenção, à superfície de um sólido, de algumas partículas de um fluido quando entram em contacto mútuo
- 4- Nenhuma das anteriores

## 2 - Pós-teste

### Prova escrita de opção da melhor resposta

Nº \_\_\_\_\_

Turma \_\_\_\_\_

Idade \_\_\_\_\_

**Este teste é anónimo e não será utilizado para a tua classificação final de período.**

**Peço-te que respondas individualmente e de forma cuidadosa, uma vez que os seus resultados irão permitir retirar conclusões sobre o presente estudo. Deves apenas escolher uma de cada quatro hipóteses: aquela que te parecer correcta.**

**Obrigada pela tua colaboração.**

1- Para analisar um solo realizam-se:

- 1- Processos físicos
- 2- Processos químicos
- 3- Processos físicos e químicos
- 4- Nenhum dos anteriores

2- O solo pode ser considerado como:

- 1- Uma mistura de substâncias homogénea
- 2- Uma mistura de substâncias heterogénea
- 3- Um conjunto de átomos da mesma espécie
- 4- Nenhuma das anteriores

**3-** O solo é composto :

- 1- Apenas por uma fase orgânica
- 2- Apenas por uma fase inorgânica
- 3- Por uma fase orgânica e por uma fase inorgânica
- 4- Nenhuma das anteriores

**4-** A fase orgânica de um solo é formada por:

- 1- Substâncias húmicas e substâncias não húmicas
- 2- Substâncias minerais
- 3- Apenas ácidos húmicos
- 4- Nenhuma das anteriores

**5-** A separação dos ácidos fúlvicos dos ácidos húmicos é realizada por:

- 1- Absorção
- 2- Coagulação
- 3- Osmose
- 4- Nenhuma das anteriores

**6-** A estrutura de um solo pode ser estudada realizando:

- 1- Uma filtração
- 2- Uma peneiração
- 3- Uma decantação
- 4- Nenhuma das anteriores

**7-**O tratamento de solos depende de:

- 1- Factores naturais
- 2- Factores humanos
- 3- Factores naturais e factores humanos
- 4- Nenhuma das anteriores

**8-** As argilas são constituídas por:

- 1- Ácido clorídrico
- 2- Barro
- 3- Nitrato de potássio
- 4- Nenhum dos anteriores

**9-** Os correctivos orgânicos do solo actuam:

- 1- Modificando a textura do solo
- 2- Corrigindo o tamanho das pedras que existem no solo
- 3- Corrigindo o pH dos solos
- 4- Nenhuma das anteriores

**10-** Os fertilizantes:

- 1- Aumentam a produtividade do solo
- 2- São adicionados ao solo antes dos correctivos
- 3- Só são produzidos industrialmente
- 4- Nenhuma das anteriores

11- O solo é constituído :

1- Somente por iões

2- Por moléculas e iões

3- Por átomos isolados

4- Nenhuma das anteriores

12- Uma operação unitária é:

1- Um processo para converter unidades para o SI

2- Um processo essencialmente físico para separar misturas de substâncias

3- Um processo no qual só ocorrem transformações químicas

4- Nenhuma das anteriores

13- A operação de diálise baseia-se:

1- Na migração de partículas do soluto de um meio mais concentrado para outro menos concentrado

2- Na separação de partículas sólidas de tamanhos diferentes

3- Na migração de partículas do soluto de um meio menos concentrado para outro mais concentrado

4- Nenhuma das anteriores

**14-** A operação de adsorção utiliza-se para:

- 1- Mudar o estado físico de uma substância
- 2- Separar misturas de substâncias difíceis de isolar
- 3- Alterar o ponto de ebulição de uma substância
- 5- Nenhuma das anteriores

**15-** A operação de adsorção consiste na:

- 1- Transferência de uma substância de uma fase gasosa para uma líquida na qual é solúvel
- 2- Separação de uma ou mais substâncias de uma mistura sólida por meio de um solvente líquido
- 3- Retenção, à superfície de um sólido, de algumas partículas de um fluido quando entram em contacto mútuo
- 4- Nenhuma das anteriores

## **Questionário de resposta aberta**

**AGRADECIA-TE QUE TAMBÉM RESPONDESSES ÀS SEGUINTE  
QUESTÕES:**

**Q.1- Achaste interessantes os assuntos estudados? Porquê?**

**Q. 2- Achaste interessante as aulas de fundamentos teóricos? Porquê?**

**Q. 3- Achaste interessante a aula de desenvolvimento agrícola e protecção ambiental? Porquê?**

**Q. 4- Gostaste mais das aulas de fundamentos teóricos ou da aula de motivação (em que se abordou o desenvolvimento agrícola e protecção ambiental)? Porquê?**

**Q. 5- Qual o interesse das aulas práticas? Porquê?**

**Q. 6- Do conjunto de todas as aulas, quais foram as que te agradaram mais? Porquê?**

<b>AULAS</b>	
Fundamentos teóricos	
Desenvolvimento agrícola e protecção ambiental	
Aulas práticas	

**Porquê?**

**Q. 7- Achaste os trabalhos práticos com alguma utilidade para o dia-a-dia? Porquê?**

## Questionário baseado na “escala de Likert”

**EXPRIME TAMBÉM A TUA OPINIÃO, RELATIVAMENTE AO CONJUNTO DE AULAS SOBRE O ESTUDO DO SOLO, ANOTANDO NA ESCALA, COM UMA CRUZ, A AFIRMAÇÃO COM QUE MAIS TE IDENTIFICAS:**

**1- O ambiente foi agradável**

completa mente de acordo	acordo	difícil de dizer	desa cordo	completa mente em desacordo
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**2- Ficaste a entender bem  
conteúdos da unidade  
“Operações Unitárias”**

completa mente de acordo	acordo	difícil de dizer	desa cordo	completa mente em desacordo
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**3- Ficaste a gostar mais de  
“Operações Unitárias”  
depois destas aulas**

completa mente de acordo	acordo	difícil de dizer	desa cordo	completa- mente em desacordo
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**4- Consideras que te ajudaram noutras  
unidades desta disciplina**

completa mente de acordo	acordo	difícil de dizer	desa cordo	completa- mente em desacordo
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**5- Consideras que te ajudaram noutras**

**disciplinas**

<b>completa mente de acordo</b>	<b>acordo</b>	<b>difícil de dizer</b>	<b>desa cordo</b>	<b>completa- mente em desacordo</b>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

**Quais ?**

---

**6- Ficaste mais interessado e capaz**

**de ter opinião ou mesmo**

**colaborar para resolver**

**os problemas da agricultura**

**da tua região**

<b>completa mente de acordo</b>	<b>acordo</b>	<b>difícil de dizer</b>	<b>desa cordo</b>	<b>completa- mente em desacordo</b>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

**7- É fácil aplicar os trabalhos no teu**

**dia a dia, fora da escola**

<b>completa mente de acordo</b>	<b>acordo</b>	<b>difícil de dizer</b>	<b>desa cordo</b>	<b>completa- mente em desacordo</b>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

**8- Tens vontade de o fazer**

<b>completa mente de acordo</b>	<b>acordo</b>	<b>difícil de dizer</b>	<b>desa cordo</b>	<b>completa- mente em desacordo</b>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

## **APÊNDICE II**

**Resultados dos pré e pós-testes feitos aos alunos,  
no estudo principal**

	Turma de Controlo					Turma Experimental				
	Pré- teste (x) (%)	Pós- teste (y) (%)	Y <sub>esperado</sub>	GRA	GRAC	Pré- teste (x) (%)	Pós- teste (y) (%)	Y <sub>esperado</sub>	GRA	GRAC
A1	57,1	78,5	81,4	-2,4	24,5	35,7	93,0	75,2	17,8	44,8
A2	57,1	78,5	81,4	-2,4	24,5	92,8	100,0	92,1	7,9	34,8
A3	50,0	78,5	79,3	-0,3	26,6	35,7	85,7	75,2	10,8	37,8
A4	78,5	85,7	87,7	-1,7	25,3	100,0	92,8	94,2	-1,2	25,8
A5	71,4	100,0	85,6	14,4	41,4	21,4	71,4	70,7	0,3	27,2
A6	64,3	71,4	83,5	-12,5	14,5	50,0	92,8	79,3	13,7	40,6
A7	71,4	85,7	85,6	0,4	27,4	64,3	92,8	83,5	9,5	36,5
A8	64,3	78,5	83,5	-4,5	22,5	42,8	85,7	77,3	8,7	35,7
A9	35,7	78,5	75,5	3,8	30,8	92,8	93,0	92,1	0,9	27,8
A10	64,3	85,7	83,5	2,5	29,5	21,4	71,4	70,7	0,3	27,2
A11	92,8	92,8	92,1	0,9	27,8	85,7	92,8	89,7	3,3	30,2
A12	71,4	78,5	85,6	-6,6	20,4	42,8	85,7	77,3	8,7	35,7
A13	50,0	78,5	79,3	-0,3	26,6	71,4	85,7	85,6	0,4	27,4
A14	64,3	78,5	83,5	-4,5	22,5	64,3	85,7	83,5	2,5	29,5
A15	50,0	78,5	79,3	-0,3	26,6	42,8	71,4	77,3	-6,3	20,7
A16	50,0	64,3	79,3	-15,3	11,6	35,7	78,5	75,2	3,8	30,8
A17	78,5	85,7	87,7	-1,7	25,3	50,0	78,5	79,3	-0,3	26,6
A18	85,7	85,7	90,0	-4,0	22,9	42,8	50,0	77,0	-27,0	0,0
A19	57,1	64,3	81,4	-17,4	9,5	21,4	64,3	70,7	-6,7	20,2
A20	50,0	78,5	79,3	-0,3	26,6	50,0	78,5	79,3	-0,3	26,6
A21	64,3	71,4	83,5	-12,5	14,5	78,5	100,0	87,7	12,3	39,3
A22						28,6	78,5	72,8	6,2	33,2
A23						50,0	78,5	79,3	-0,3	26,6

Y<sub>esperado</sub> – Valor esperado no teste

GRA – Ganhos residuais da aprendizagem

GRAC - Ganhos residuais da aprendizagem corrigidos

## **APÊNDICE III**

### **Tabela de valores críticos de t**

(Retirada do livro *Statistical Analysis in Psychology and Education*, de G.Ferguson e Y. Takane, 1989, p. 186)

## Valores críticos de t

Nível de significância para testes bi-caudais

Nº de graus de liberdade	0.20	0.01	0.05	0.02	0.01	0.001
1	3.078	6.314	12.706	31.821	63.657	636.619
2	1.886	2.920	4.303	6.965	9.925	31.598
3	1.638	2.353	3.182	4.541	5.841	12.941
4	1.533	2.132	2.776	3.747	4.604	8.610
5	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032	6.859
6	1.440	1.943	2.447	3.143	3.707	5.959
7	1.415	1.895	2.365	2.998	3.499	5.405
8	1.397	1.860	2.306	2.896	3.355	5.041
9	1.383	1.833	2.262	2.821	3.250	4.781
10	1.372	1.812	2.228	2.764	3.169	4.587
11	1.363	1.796	2.201	2.718	3.106	4.437
12	1.356	1.782	2.179	2.681	3.055	4.318
13	1.350	1.771	2.160	2.650	3.012	4.221
14	1.345	1.761	2.145	2.624	2.977	4.140
15	1.341	1.753	2.131	2.602	2.947	4.073
16	1.337	1.746	2.120	2.583	2.921	4.015
17	1.333	1.740	2.110	2.567	2.898	3.965
18	1.330	1.734	2.101	2.552	2.878	3.922
19	1.328	1.729	2.093	2.539	2.861	3.883
20	1.325	1.725	2.086	2.528	2.845	3.850
21	1.323	1.721	2.080	2.518	2.831	3.819
22	1.321	1.717	2.074	2.508	2.819	3.792
23	1.319	1.714	2.069	2.500	2.807	3.767
25	1.318	1.711	2.064	2.492	2.797	3.745
25	1.316	1.708	2.060	2.485	2.787	3.725
26	1.315	1.706	2.056	2.479	2.779	3.707
27	1.314	1.703	2.052	2.473	2.771	3.690
28	1.313	1.701	2.048	2.467	2.762	3.674
29	1.311	1.699	2.045	2.462	2.765	3.659
30	1.310	1.687	2.042	2.457	2.750	3.646
40	1.303	1.684	2.021	2.423	2.704	3.551
60	1.296	1.671	2.000	2.390	2.660	3.460
120	1.289	1.658	1.980	2.358	2.617	3.373
∞	1.282	1.645	1.960	2.326	2.556	3.281

Nº de Graus de Liberdade =  $N_1 + N_2 + 2$

## **APÊNDICE IV**

### **Chave dos pré e pós-testes**

1- Para analisar um solo realizam-se:

- 1- Processos físicos
- 2- Processos químicos
- 3- Processos físicos e químicos
- 4- Nenhum dos anteriores

2- O solo pode ser considerado como:

- 1- Uma mistura de substâncias homogénea
- 2- Uma mistura de substâncias heterogénea
- 3- Um conjunto de átomos da mesma espécie
- 4- Nenhuma das anteriores

3- O solo é composto :

- 1- Apenas por uma fase orgânica
- 2- Apenas por uma fase inorgânica
- 3- Por uma fase orgânica e por uma fase inorgânica
- 4- Nenhuma das anteriores

4- A fase orgânica de um solo é formada por:

- 1- Substâncias húmicas e substâncias não húmicas
- 2- Substâncias minerais
- 3- Apenas ácidos húmicos
- 4- Nenhuma das anteriores

**5-** A separação dos ácidos fúlvicos dos ácidos húmicos é realizada por:

- 1- Absorção
- 2- Coagulação
- 3- Osmose
- 4- Nenhuma das anteriores

**6-** A estrutura de um solo pode ser estudada realizando:

- 1- Uma filtração
- 2- Uma peneiração
- 3- Uma decantação
- 4- Nenhuma das anteriores

**7-** O tratamento de solos depende de:

- 1- Factores naturais
- 2- Factores humanos
- 3- Factores naturais e factores humanos
- 4- Nenhuma das anteriores

**8-** As argilas são constituídas por:

- 1- Ácido clorídrico
- 2- Barro
- 3- Nitrato de potássio
- 4- Nenhum dos anteriores

9- Os correctivos orgânicos do solo actuam:

- 1- Modificando a textura do solo
- 2- Corrigindo o tamanho das pedras que existem no solo
- 3- Corrigindo o pH dos solos
- 4- Nenhuma das anteriores

10- Os fertilizantes:

- 1- Aumentam a produtividade do solo
- 2- São adicionados ao solo antes dos correctivos
- 3- Só são produzidos industrialmente
- 4- Nenhuma das anteriores

11- O solo é constituído :

- 1- Somente por iões
- 2- Por moléculas e iões
- 3- Por átomos isolados
- 4- Nenhuma das anteriores

12- Uma operação unitária é:

- 1- Um processo para converter unidades para o SI
- 2- Um processo essencialmente fisico para separar misturas de substâncias
- 3- Um processo no qual só ocorrem transformações químicas
- 4- Nenhuma das anteriores

13- A operação de diálise baseia-se:

- 1- Na migração de partículas do soluto de um meio mais concentrado para outro menos concentrado
- 2- Na separação de partículas sólidas de tamanhos diferentes
- 3- Na migração de partículas do soluto de um meio menos concentrado para outro mais concentrado
- 4- Nenhuma das anteriores

14- A operação de adsorção utiliza-se para:

- 1- Mudar o estado físico de uma substância
- 2- Separar misturas de substâncias difíceis de isolar
- 3- Alterar o ponto de ebulição de uma substância
- 4- Nenhuma das anteriores

15- A operação de adsorção consiste na:

- 1- Transferência de uma substância de uma fase gasosa para uma líquida na qual é solúvel
- 2- Separação de uma ou mais substâncias de uma mistura sólida por meio de um solvente líquido
- 3- Retenção, à superfície de um sólido, de algumas partículas de um fluido quando entram em contacto mútuo
- 4- Nenhuma das anteriores

## **APÊNDICE V**

### **Documentos entregues aos alunos**

1 – Texto motivador: A Química e o desenvolvimento agrícola

2 – Texto de fundamentos teóricos:

2.1. Do solo

2.2. Das Operações Unitárias

3- Trabalhos práticos

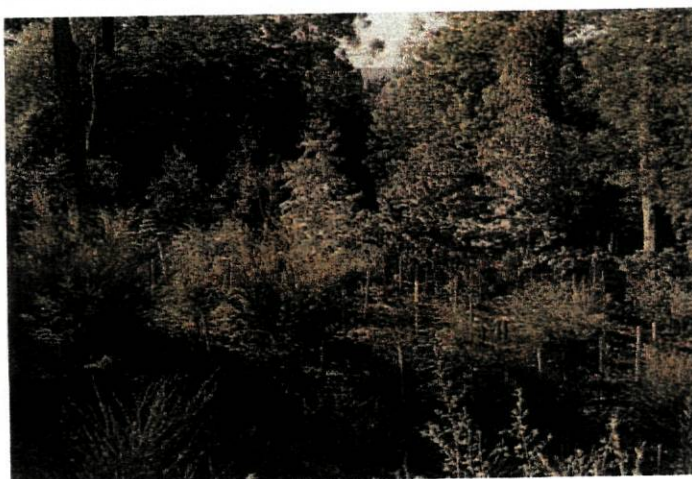
## A QUÍMICA E O DESENVOLVIMENTO AGRÍCOLA



## Introdução

Desde que os povos deixaram de ser nómadas passando a ser sedentários, a agricultura tornou-se uma das principais actividades do homem. A terra começou a ser trabalhada para produzir colheitas destinadas à alimentação.

No entanto, a agricultura não se limita, apenas, à produção de alimentos, tem também como funções, entre outras, produzir plantas como o algodão, que é utilizado na confecção têxtil; a cana de açúcar, que pode ser utilizada na obtenção de combustível; a plantação de florestas que permite obter a madeira para a construção civil e para o mobiliário (fig. 1); as plantas medicinais, que são manipuladas pela indústria farmacêutica e utilizadas na medicina (fig. 2); etc.



**Fig. 1 - A floresta para a produção de madeira**



**Fig. 2 - Indústria farmacêutica**

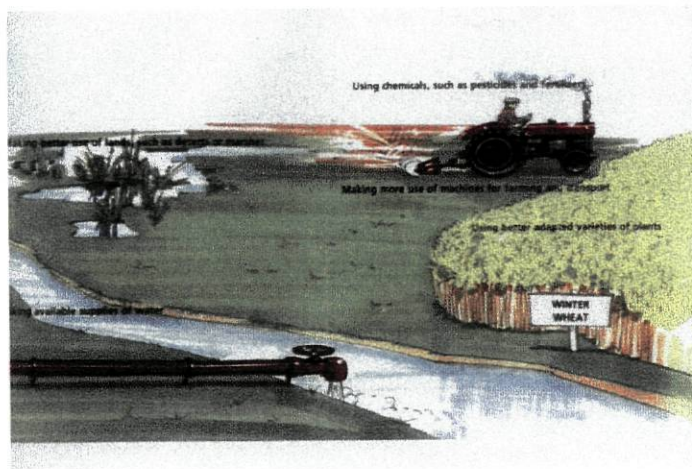
## A Química e os factores de produção agrícola

Por outro lado, devido ao rápido crescimento populacional e ao aumento da poluição no nosso planeta, observa-se a destruição de recursos indispensáveis para a sobrevivência, saúde e bem estar do género humano. Por este motivo, assistimos nos últimos tempos a um esforço no sentido de produzir alimentos suficientes às necessidades exigidas sem, contudo, danificar o ambiente.

O problema merece particular atenção no nosso país que é, como se sabe, muito deficitário em matéria de bens alimentares, importando cerca de 2/3 dos alimentos vegetais que consome, e onde, conseqüentemente, é necessário intensificar a produção agrícola.

Para se atingir os objectivos apontados, existem factores condicionantes que importa conhecer, dominar, aproveitar ou corrigir. Esses factores – o solo, as plantas, os animais e o clima – conjuntamente com os meios de que o homem dispõe para os modificar em seu proveito, podem contribuir para uma mais correcta solução de muitos problemas da nossa agricultura, da economia e do bem estar .

Assim, o homem deverá actuar sobre os solos, secando pântanos, para torná-los produtivos, fazendo irrigações em terrenos secos, que podem consistir no aproveitamento da água dos rios e do subsolo, ou até mesmo da própria água dos pântanos, etc. Para isso, é necessário conhecer a natureza dos solos, de modo a seleccionar as culturas adequadas e aplicar as técnicas de plantação mais correctas, que permitirão melhorar a qualidade e quantidade dos produtos (fig. 3).



**Fig. 3**

***E poderá a Química exercer alguma acção na alteração desses factores, e conseqüentemente, no aumento da produção agrícola?***

Se se tiver presente que tanto as plantas como o solo são autênticos e complexos laboratórios químicos, não será difícil concluir que a resposta é afirmativa. Pode-se mesmo dizer que a Química, de forma directa ou indirecta, está envolvida em todos os factores que foram referidos.

Relativamente a factores inerentes à própria planta, verifica-se que, embora as suas características sejam determinadas pela Genética, poderão, em certa medida, ser influenciadas pela Química, como por exemplo, a aplicação de certos produtos nas plantas que provocam duplicação cromossómica, aumentando a variabilidade das mesmas. Esta possibilidade facilita a selecção de espécies vegetais mais aptas para determinados fins.

Relativamente a factores climáticos, embora indirectamente, também a Química desempenha um papel fundamental. Basta pensar, por exemplo, nas culturas protegidas que utilizam materiais de vidro e plástico fabricados industrialmente (fig. 4), salientando-se o decisivo contributo da síntese química na pesquisa e obtenção de matérias com características mais apropriadas para aquele fim.

No entanto, é nos factores mais directamente envolvidos na alimentação e protecção das plantas, que a Química exerce, actualmente, uma maior influência de interesse prático.

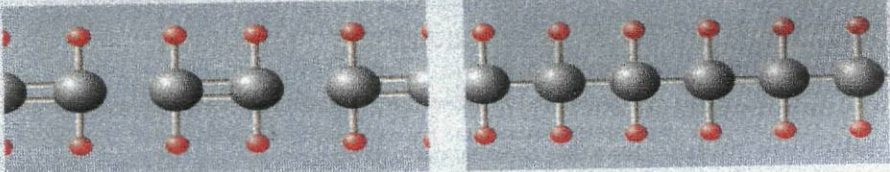
**O polietileno**

O polietileno é a matéria plástica mais utilizada no Mundo, pois tem numerosas aplicações práticas. O polietileno é um plástico que se obtém a partir de moléculas de um hidrocarboneto insaturado, designado por eteno ou etileno ( $C_2H_4$ ).

As moléculas de etileno possuem ligações duplas entre os átomos de carbono. Estas ligações "abrem-se" para formar uma cadeia longa de átomos de carbono, reunidos por


ligações covalentes simples.

As moléculas gigantes do polietileno, com a sua cadeia contínua de ligações covalentes simples, são quimicamente mais estáveis e resistentes do que as moléculas originais de etileno.



Modelo molecular do etileno,  $C_2H_4$ .

Cadeia longa de plástico.



**Fig. 4**

## A Química e a fertilidade do solo

Como já se disse, desde há muitos anos, a terra começou a ser cultivada. À medida que a densidade populacional aumentava, os terrenos eram cada vez mais frequentemente cultivados, começando, a certa altura a ficarem “cansados” e “velhos”, e conseqüentemente, a baixarem a sua capacidade produtiva. Tal facto conduziu a que, já muito antes da era actual, se começassem a utilizar substâncias, tais como detritos e despojos vegetais e animais, a que se atribuía uma certa capacidade de regenerarem a fertilidade do solo, ou seja, a actuarem como fertilizantes.

### Acerca dos estrumes

O primeiro fertilizante a ser usado terá sido o estrume. Já na mitologia grega aparece o relato de uma guerra entre o rei Aúgias e Hércules, em que se fala do estrume.

Na Odisseia de Homero (900-700 a.C. ) fala-se da fertilização da vinha com estrume.

Aristóteles, cerca de 350 anos depois de Cristo, apresenta a chamada teoria de húmus, segundo a qual as plantas se alimentavam das substâncias orgânicas existentes na terra. A matéria orgânica tinha o condão de continuamente originar plantas.

Só princípio do século XIX é que apareceu um químico alemão— Justus Von Liebig— que viria a destruir a teoria do húmus, afirmando que as plantas não só se alimentavam de substâncias orgânicas mas também de substâncias minerais.

A fertilidade dos solos depende de diversos factores, entre os quais a humidade (água), a temperatura, a erosão, a quantidade de minerais (argilas, como por exemplo, barro e areias), e de matéria orgânica (húmus, que resulta, por exemplo, da decomposição das folhas). Uma má utilização da terra também pode diminuir a fertilidade, destruindo os nutrientes — no caso particular do solo o fósforo, o azoto e o potássio — ou eliminando, por via mecânica, a porosidade natural do solo.

Por outro lado, ela também pode ser melhorada, se se adicionarem correctivos e/ou fertilizantes naturais ou industriais — correctivos orgânicos como o estrume de animais e resíduos vegetais — assim como correctivos ou fertilizantes inorgânicos, vulgarmente chamados adubos.

## A descoberta dos fertilizantes inorgânicos

Foi Fritz Harber (1868-1934), químico alemão, que desenvolveu o método de síntese industrial de fertilizantes inorgânicos (fig. 5), produzindo em 1909, 100 g de amoníaco. Mais tarde, em 1913, o engenheiro Carl Bosch, melhorou o processo, tendo conseguido produzir 30 toneladas de amónio por dia. Hoje em dia, são ainda usados os mesmos princípios, embora a capacidade de produção tenha aumentado para cerca de 1500 toneladas por dia. Tanto Fritz Harber como Carl Bosch ganharam com estes trabalhos o Prémio Nobel da Química em 1918 e 1931, respectivamente.



**Fig. 5 - Fertilizantes químicos inorgânicos**

## Adubos azotados e o prêmio Nobel da Química

As plantas, embora rodeadas de azoto gasoso, não o podem fixar e preparar os seus nutrientes azotados, à excepção das chamadas *leguminosas*, de que o trevo e o trevo são exemplos. Estas, por intermédio de uma bactéria que vive nos nódulos da raiz, fazem a *síntese enzimática dos nitratos* a partir do azoto atmosférico. Daí que se adubem, por vezes, os campos plantando trevo e trevo e enterrando depois aquelas plantas. Outras vezes usam-se adubos azotados naturais, como o *guano* (excremento de aves marinhas do Peru) e o nitrato do Chile ( $\text{NaNO}_3$ ), proveniente de minas chilenas. A *explosão demográfica* <sup>(1)</sup> e as duas guerras mundiais fizeram sentir a urgente necessidade de fazer a síntese destes compostos.

Foi assim que o alemão Fritz Haber (1868-1934) conseguiu, pela primeira vez, fazer a *síntese do amoníaco* ( $\text{NH}_3$ ) a partir do azoto atmosférico.

O amoníaco, oxidado pelo oxigénio do ar <sup>(2)</sup>, é transformado em ácido nítrico,  $\text{HNO}_3$ , e nitratos, usados na preparação de adubos azotados. Aquela descoberta valeu a Haber o 16.º prêmio Nobel da Química em 1918, mas esta honraria não evitou que em 1933, com a subida de Hitler ao poder, este brilhante químico fosse forçado a exilar-se.

A seguir, Carl Bosch (1874-1940), aliado a uma equipa de químicos e engenheiros químicos, realizou a enorme tarefa de fazer, a nível industrial, a síntese do amoníaco pelo processo de Haber, que exigia

altas pressões e temperaturas (moderadamente) elevadas, requerendo equipamento especialmente resistente. Em 1931, Bosch receberia o 27.º prêmio Nobel da Química "em reconhecimento da sua contribuição ao inventar e desenvolver os métodos químicos de altas pressões". Os trabalhos de Bosch tiveram importantes e benéficas implicações sociais na melhoria da agricultura



Fritz Haber (1868-1934)

## O lixo como correctivo orgânico

Os correctivos orgânicos podem ser produzidos a partir do lixo que produzimos diariamente (fig. 6). Com efeito, a reciclagem do lixo – que é muito rico em matéria orgânica (cerca de 40%) – permite reaproveitar materiais que poderão voltar a entrar no ciclo industrial, poupando assim os recursos naturais (as matérias primas com que os produtos são fabricados).

A matéria orgânica do lixo, que é muito rica em carbono, azoto e microorganismos, é um recurso muito valioso quando decomposta, pois permite melhorar os solos e as plantas, contribuindo para manter a humidade do solo e fornecendo-lhe nutrientes.



**Fig. 6**

Foi portanto a Química, nomeadamente a Química de Síntese que ofereceu à agricultura a possibilidade de utilizar os adubos, produtos que, por conterem em formas assimiláveis os nutrientes mais necessários à alimentação das plantas, permitem a obtenção de maiores e melhores produções agrícolas.

No entanto, não bastava que a agricultura dispusesse dos adubos. Era fundamental saber como aplicá-los: em que quantidade, que qualidade, quais as técnicas de utilização, em que época, etc.

Ora, foi também a Química, particularmente a Química de Síntese, que trouxe o principal contributo para a resolução destes problemas.

## O combate às doenças, insectos e ervas daninhas

A mais correcta alimentação das plantas, embora seja condição necessária ao aumento das produções agrícolas, não é, contudo, condição suficiente.

As culturas podem ser afectadas por diversos inimigos, como sejam as doenças (causadas por fungos, bactérias e vírus), pragas (insectos e pássaros), ervas daninhas (plantas que prejudicam o desenvolvimento das culturas em termos de concorrência quanto à água, nutrientes, luz), etc. Se não os combatermos, acontecerá que:

*“só recolheremos das culturas o que os parasitas nos deixam”*

Assim, como combate a tais factores, podem-se utilizar os recursos naturais ou recursos químicos.

Entre os primeiros — recursos naturais — salientam-se o enxerto, a produção de espécies geneticamente modificadas (resistentes a certos tipos de organismos predadores), o cultivo de certas espécies vegetais e criação de animais que destroem as ervas daninhas, etc.

Entre os segundos —recursos químicos—, encontram-se os pesticidas (insecticidas, herbicidas e fungicidas).

### Insecticidas

Verifica-se que já em 1865 era usado nos EUA o aceto arsenito de cobre (verde de Paris), contra o escaravelho da batata. No entanto, o progresso na utilização destes pesticidas viria a ser muito lento até 1939, altura em que Muller descobriu as propriedades insecticidas do célebre DDT (diclorodifeniltricloroetano).

O seu uso tem vindo a ser abandonado dado que se introduz nas cadeias alimentares dos animais herbívoros e carnívoros. O risco da sua utilização é grande, dada a possibilidade de ser ingerido pelo Homem através dos vegetais, carne ou peixe contaminado, não se sabendo ainda bem as suas consequências. A descoberta de Muller, que lhe atribuiu o prémio Nobel em 1948, permitiu que muitos outros e mais eficazes insecticidas pudessem ser utilizados.

### Fungicidas

No combate ao míldio, por exemplo, usa-se, em Portugal, a chamada “calda bordalesa”, com a qual se sulfatam as videiras. Quimicamente, este composto é sulfato de cobre, pois este sal é fungicida. Sabe-se que em 1880 este produto já era utilizado com este fim.

### Herbicidas

A indústria química produz vários tipos de herbicidas que actuam selectivamente, não atacando a planta que se deseja preservar. São, em geral, compostos orgânicos contendo cloro.

## Bibliografia

Corrêa, Carlos (1999), *Química – 2ª parte, 12º Ano*, Porto Editora, Porto.

Maciel, Noémia e Miranda, Ana (1994), *Eu e a Química – Físico-Químicas, 9º ano de escolaridade*, Porto Editora, 1ª edição, Porto.

Pereira, A., Souto, A. e Gonçalves, C. (1997), *Eu Gosto de Química – 9º ano*, Texto Editora, 1ª edição, Lisboa

Santos, Joaquim Quelhas (1990), *Química e o Aumento das Produções Agrícolas, em Química e a Sociedade – a Presença da Química na Actividade Humana*, editores: Alberto Romão Dias e Joaquim Moura Ramos, Escolar Editora e Sociedade Portuguesa de Química, Lisboa.

Silva, Joaquim Esteves da (1999), *Química do Solo*, Mestrado em Química para o Ensino – Química do Ambiente – Demonstrações, Departamento de Química, Faculdade de Ciências do Porto.

Simões, T., Queirós, M. A. e Simões, M. (1998), *Técnicas Laboratoriais de Química – Bloco III*, Porto Editora, Porto.

Teixeira, Maria Emília Andrade (2000), *Nova Química 9 – Ciências Físico-Químicas, 9º ano*, Areal Editores, 1ª edição, Porto.

## **ALGUNS FUNDAMENTOS TEÓRICOS DO SOLO**



## 1. O solo como um sistema natural

O solo, também designado por “pedosfera” (termo derivado da palavra “pedologia” que significa estudo do solo), é uma parte integrante da biosfera, composto por um componente vivo e um não vivo. Muitas das suas características resultam de reacções e coacções ecológicas dos organismos bem como da interacção dos ecossistemas.

É um depósito natural de material não consolidado, que cobre a superfície da Terra e cujas propriedades físicas, químicas e biológicas suportam o crescimento das plantas e de outros seres vivos.

Muitas das suas características resultam das interacções entre os mundos animal, vegetal e mineral, sendo por isso, um meio complexo, em constante transformação, e fundamental a todas as formas de vida (fig.1).

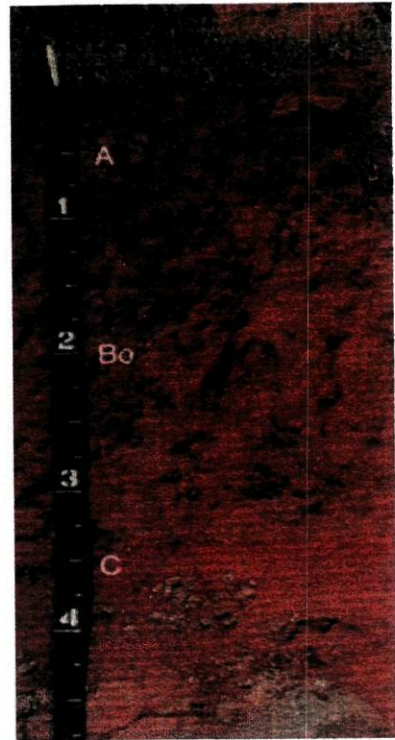


**Fig. 1- O solo como um sistema natural**

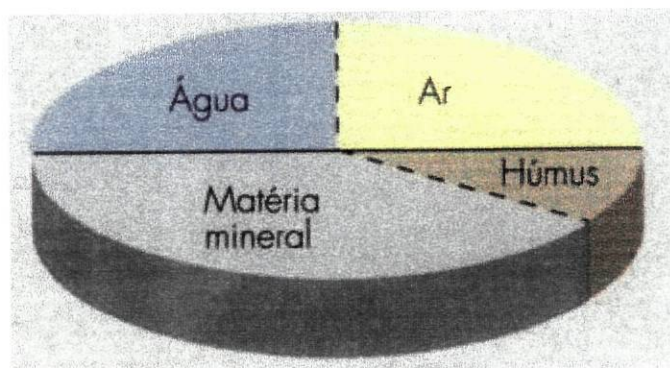
## 2. Composição do solo

O solo constitui a camada superficial da litosfera e nele se diferenciam zonas ou camadas sobrepostas, designadas por horizontes (fig. 2).

É simultaneamente o suporte da planta e um reservatório de água e de substâncias minerais que lhe servirão de alimento. É assim caracterizado como sendo um sistema heterogêneo formado por partículas minerais (cerca de 45%) e orgânicas (cerca de 5%), que constituem a fase sólida do solo, espaços livres ocupados por água e substâncias solúveis - fase líquida ou solução do solo – e ar ou outros gases provenientes da decomposição da matéria orgânica – fase gasosa ou gás do solo. Estas duas últimas fases encontram-se na quantidade percentual de cerca de 50% (fig. 3).



**Fig. 2- Perfil de um solo**



**Fig. 3 - Composição do solo**

Os solos utilizáveis para a agricultura encontram-se numa fina camada superior de terreno, formada, ao longo do tempo, a partir da rocha-mãe, sob acção do clima e da vegetação ou pela sedimentação dos materiais transportados pelos rios ou mares. São as características da rocha-mãe que determinam os limites da sua composição química e mineralógica.

A análise física dos solos é indispensável para se conhecer aspectos relativos à sua capacidade de fornecer água e ar aos organismos que nele habitam.

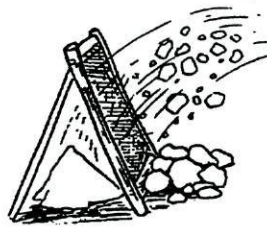
### **3. Caracterização de alguns constituintes da fracção sólida**

Este meio que denominamos *solo*, para além das substâncias minerais provenientes da rocha-mãe, a que chamamos *fase mineral*, de que é composto, como se viu anteriormente, na sua maior parte, contém ainda substâncias orgânicas – *fase orgânica* – constituídas por restos de plantas e animais, e *substâncias húmicas* que resultam da actividade de microorganismos e de seres vivos detectados à vista desarmada.

A qualidade de um solo depende das proporções em que nele entram as substâncias minerais e a matéria orgânica, bem como das condições de penetração e circulação da água e do ar.

#### **3.1. Matéria mineral do solo**

A matéria mineral do solo, pode incluir, em proporções muito variáveis, fragmentos de rocha. Estes fragmentos têm formas e dimensões variáveis, sendo o seu tamanho o que caracteriza a *estrutura* do solo.



Assim, tendo em conta o tamanho dessas partículas minerais, pode-se definir a estrutura em duas grandes fracções - fracção de terra fina e fracção de elementos grosseiros. Estas duas fracções distinguem-se em função do respectivo diâmetro, mais concretamente, acima ou abaixo de uma fronteira convencional de 2 mm (quadro1)

**A fracção de terra fina** (diâmetro inferior a 2 mm) é composta por:

- **Areia grossa (seixos)** - partículas de diâmetro de 0,2 a 2 mm.
- **Areia** - partículas de diâmetro de 0,02 a 0,2 mm.
- **Limo** - partículas de diâmetro de 0,002 a 0,02 mm.
- **Argila** - partículas de diâmetro inferior a 0,002 mm.

**A fracção de elementos grosseiros** (diâmetro superior a 2 mm) é composta por:

- **Blocos** - partículas de diâmetro superior a 200 mm.
- **Calhaus** - partículas de diâmetro de 100 a 200 mm.
- **Pedras** - partículas de diâmetro de 50 a 100 mm.
- **Pedras miúdas** - partículas de diâmetro de 20 a 50 mm.
- **Cascalho** - partículas de diâmetro de 5 a 20 mm.
- **Saibro** - partículas de diâmetro de 2 a 5 mm.

**Quadro 1 – Classificação, quanto à estrutura, dos fragmentos minerais**

É também habitual definir a *textura* de uma camada de solo como sendo a proporção relativa de areia, limo e argila, expressa em % de massa.

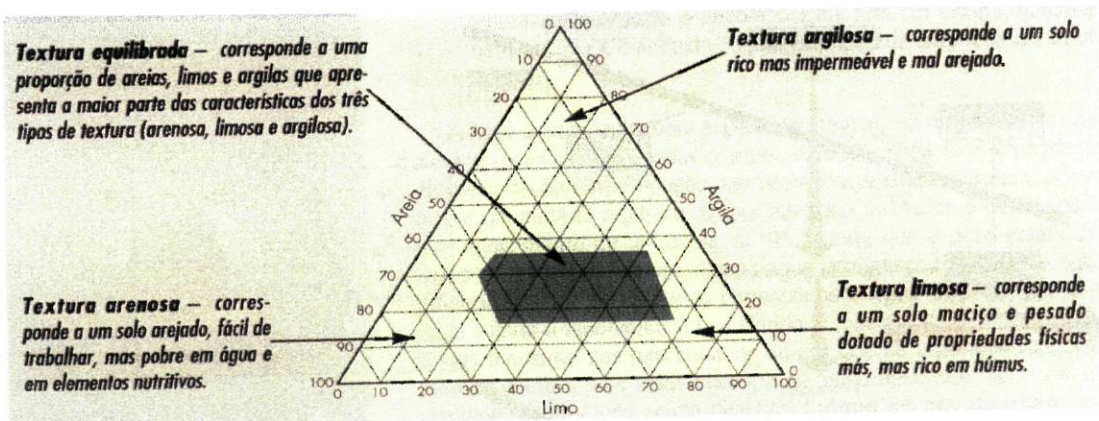
A textura e estrutura do solo são de grande importância no desenvolvimento das plantas.

Para determinar as proporções relativas de areia, limo e argila recorre-se à chamada análise mecânica, na qual é usado, habitualmente, o método da peneiração, da pipetagem e da sedimentação.

Tendo em conta o teor de argila, os solos podem classificar-se nas seguintes categorias:

- *Terras argilosas* – em que o teor de argila é superior a 25%
- *Terras limosas* – em que o teor de argila está compreendido entre 25% e 15%
- *Terras francas* – em que o teor de argila está compreendido entre 15% e 10%
- *Terras arenosas* – em que o teor de argila é inferior a 10%

As análises físicas sobre a textura permitem classificar os solos com base em diagramas triangulares de classificação (fig. 4). Este diagrama constitui um parâmetro físico, que por si só, clarifica as propriedades principais do solo, uma vez que se pode conhecer as suas relações com a água e o ar, e a sua aptidão para a prática agrícola.



**fig. 4 – Diagrama triangular de classificação de textura**

### 3.2. Matéria orgânica do solo

A matéria orgânica do solo (MOS), ao contrário da mineral, é difícil de se classificar por estar em permanente evolução.

A MOS inclui todos os compostos orgânicos existentes no solo. É composta por restos de animais e plantas, excluindo os tecidos vegetais e animais, os produtos parcialmente decompostos desses tecidos e a biomassa do solo (matéria orgânica presente nos tecidos vivos dos microorganismos).

É formada pelas *substâncias húmicas* e pelas *substâncias não húmicas*.

As *substâncias não húmicas*, constituídas por proteínas, ácidos, gorduras, e outros, de baixa massa molecular e facilmente assimiladas pelos microorganismos, permanecem durante um período curto de tempo no solo.

As *substâncias húmicas*, resultantes da actividade de microorganismos e de seres vivos detectados à vista desarmada, constituem uma classe de compostos orgânicos heterogénea, de origem biológica, geralmente de cor amarela, castanha ou preta e com elevada massa molecular.

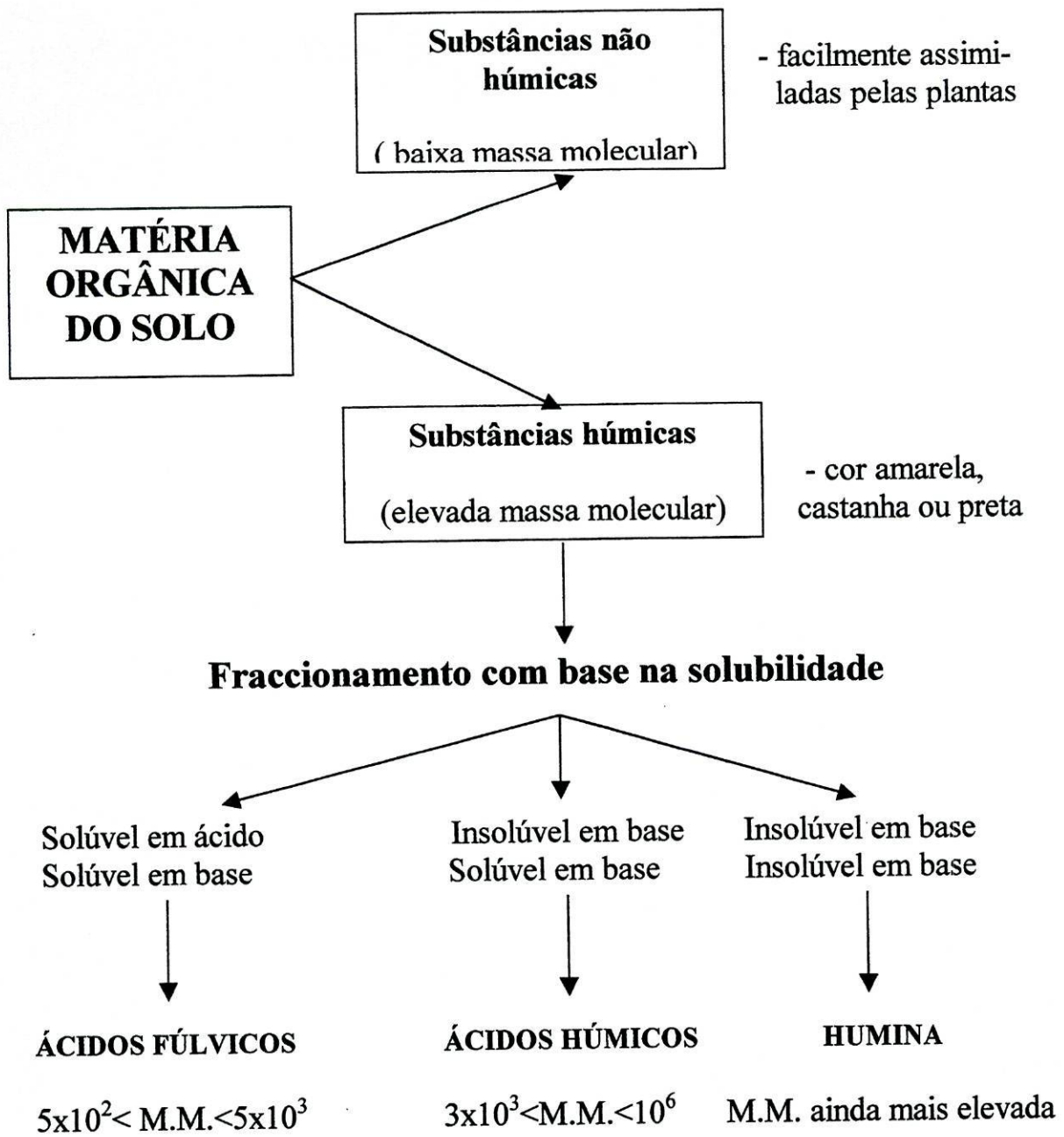
Estas substâncias – as substâncias húmicas – consoante as propriedades de solubilidade, podem ser fraccionadas em *ácidos húmicos* (AH), de massa molecular entre 3000 e 1000000, em *ácidos fúlvicos* (AF), de massa molecular entre 500 e 5000. Pode ainda definir-se uma terceira fracção, de massa molecular ainda mais elevada e que não é solúvel em solução aquosa a qualquer valor de pH, denominada *humina*.

Tal como os componentes inorgânicos, a *matéria orgânica do solo* (MOS) afecta significativamente a química dos solos

A análise dos solos consiste então, numa série de operações, físicas e químicas, mais ou menos complexas, com o fim de conhecer a composição e riqueza dos mesmos em elementos nutritivos.

Antes de se estudar a MOS, deve-se efectuar a separação da fracção inorgânica do solo da fracção orgânica (por exemplo por filtração). De seguida, por fraccionamento da MOS, com base na precipitação ou coagulação, consegue-se diminuir a heterogeneidade das substâncias húmicas, de modo a permitir o estudo das propriedades físicas e químicas das diferentes fracções. Estas, por sua vez, poderão ser purificadas por acção de operações unitárias, tais como: diálise, adsorção e permuta iónica.

É apresentado de seguida um esquema de fraccionamento das substâncias húmicas.



## Bibliografia

Corrêa, Carlos (1999), *Química – 2ª parte, 12º Ano*, Porto Editora, Porto.

Pereira, A., Souto, A. e Gonçalves, C. (1997), *Eu Gosto de Química – 9º ano*, Texto Editora, 1ª edição, Lisboa

Silva, Joaquim Esteves da (1999), *Química do Solo*, Mestrado em Química para o Ensino – Química do Ambiente – Demonstrações, Departamento de Química, Faculdade de Ciências do Porto.

Simões, T., Queirós, M. A. e Simões, M. (1998), *Técnicas Laboratoriais de Química – Bloco III*, Porto Editora, Porto.

Soares, R., Almeida, C. E., Serra, L. (1997), *Técnicas Laboratoriais de Biologia – Bloco II*, Porto Editora, Porto.

Veloso, J. S., Garrido, J. e Bettencourt, J. M. (1974), *Factores de Produção Agrícola*, Coleção Rústica, Editorial Notícias, Lisboa.

**FUNDAMENTOS TEÓRICOS DAS OPERAÇÕES  
UNITÁRIAS**

## 1. Introdução

A necessidade de agrupar fenómenos com características comuns, implica um cuidadoso trabalho de síntese. Assim, de acordo com este princípio, as reacções químicas podem classificar-se em reacções de complexação, neutralização, oxidação-redução e precipitação, sendo exemplos de processos químicos designados por **PROCESSOS UNITÁRIOS**.

Cada processo unitário pode, além da reacção química que lhe está associada, envolver um conjunto de operações de natureza essencialmente física – as **OPERAÇÕES UNITÁRIAS**.

Este estudo é realizado quando se tem por objectivo separar componentes de uma mistura.

As operações unitárias envolvem, essencialmente:

- Transferência de momento linear
- Transferência de massa
- Transferência de energia calorífica
- Transferência de massa e de energia calorífica

Nos trabalhos práticos que vais realizar estão presentes, particularmente, operações unitárias nas quais existem transferência de momento linear e transferência de massa.

## **2 - Transferência de momento linear**

### **2.1. Peneiração**

Consiste na separação de partículas sólidas em fracções de granulometria diferentes por passagem através de peneiras ou crivos



## 2.2. Sedimentação

Método de separação grosseiro entre uma fase sólida e uma fase líquida, no qual se deixa a mistura em repouso para que o sólido se deposite no fundo do recipiente.

## 2.3. Agitação

É uma operação fundamental na trituração, homogenização e mistura de materiais e indispensável à maioria das outras operações unitárias



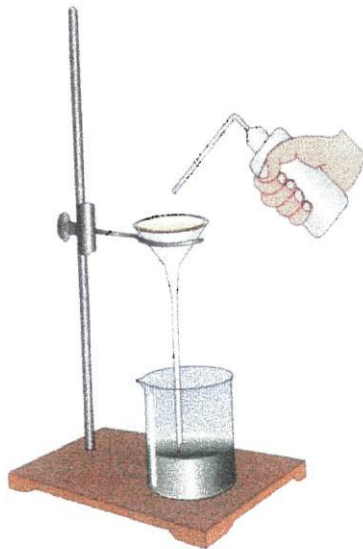
## 2.4. Decantação

Método de separação grosseiro entre uma fase sólida e uma fase líquida ou entre duas fases líquidas.



## 2.4. Filtração

Consiste na separação de uma fase sólida de uma fase fluida (líquida ou sólida), passando esta última através de um meio permeável e poroso.



### 3- Transferência de massa

#### 3.1. Maceração

É uma operação em que se utiliza um solvente apropriado, em contacto prolongado e a frio com o material a dissolver.

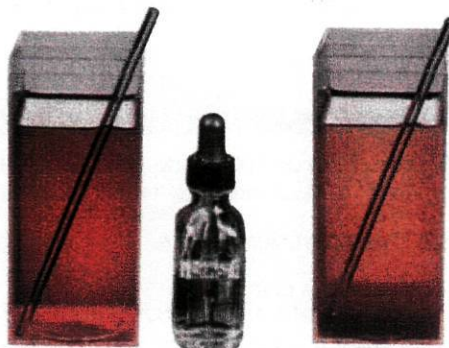
A maceração termina com um filtração por compressão, seguida de uma filtração por gravidade.

#### 3.2. Coagulação

Consiste na aglutinação de materiais coloidais em partículas de maior volume e peso.

É conseguida pela adição de certas substâncias (normalmente electrólitos) que, ao anularem a carga electrostática das partículas coloidais, evita a repulsão entre elas e facilita a sua junção em partículas de maiores dimensões .

O pH do meio é normalmente um factor a controlar para uma maior eficiência do processo.



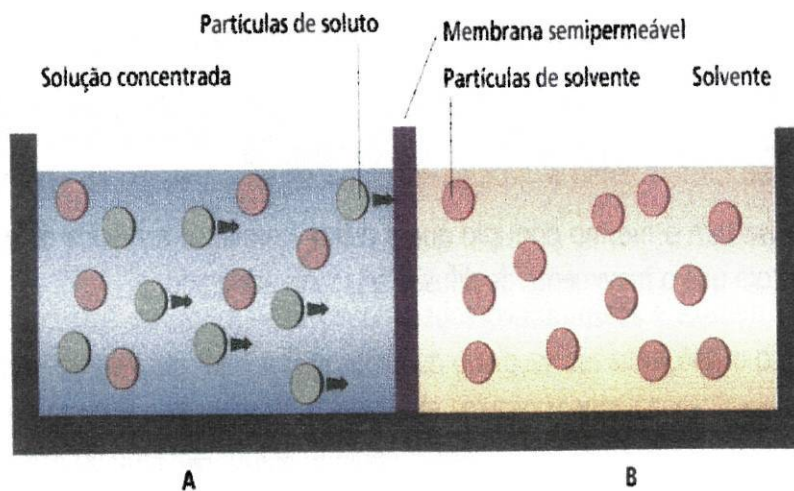
### 3.3. Floculação

Consiste na aglutinação das partículas formadas por coagulação que, por possuírem dimensões reduzidas e de baixa densidade, apresentam dificuldade de sedimentação.

### 3.4. Diálise

É uma operação em que, um ou mais solutos, passam de uma fase líquida (mais concentrada) para outra também líquida (menos concentrada), através de uma membrana semipermeável.

É aplicada na purificação de soluções, nomeadamente, das coloidais e das sanguíneas (**hemodiálise**).

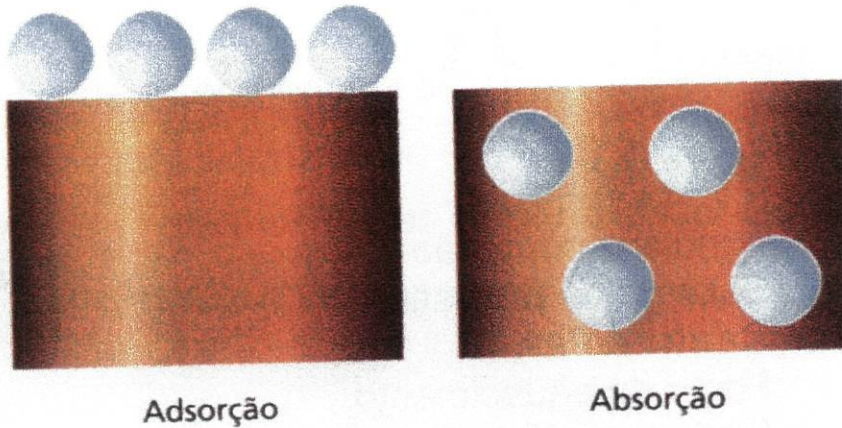


### 3.5. Adsorção

É uma operação que consiste na retenção, à superfície de um sólido, de algumas partículas de um fluido quando entram em contacto mútuo.

### 3.6. Absorção

É uma operação que consiste na transferência de um componente de uma fase gasosa para uma líquida, na qual é solúvel.



## Bibliografia

Maciel, Noémia e Miranda, Ana (1994), *Eu e a Química – Físico-Químicas, 8º ano de escolaridade*, Porto Editora, 1ª edição, Porto.

Pinto, Helena Castro, Carvalho, Maria de Jesus e Fialho, Maria Margarida (1997), *Técnicas Laboratoriais de Química I*, Texto Editora, Lisboa.

Simões, T., Queirós, M. A. e Simões, M. (1999), *Técnicas Laboratoriais de Química – Bloco I*, Porto Editora, Porto.

# **TRABALHOS LABORATORIAIS**

**(Aulas práticas)**

## Recolha das amostras de solo

O sítio a escolher para a colheita de um solo depende das características do terreno e dos objectivos da análise. As colheitas devem ser efectuadas em locais a grande distância de fontes de poluição (lixeiros, fábricas industriais, etc.) e podem ser realizadas à superfície ou a uma dada profundidade.

Para análise de um solo agrícola deve ser recolhida uma quantidade de solo de cerca de 1 Kg. Neste caso, a amostragem deve ser efectuada entre os 5 e os 15 cm de profundidade, depois da camada superficial contendo resíduos de vegetação ser removida com uma pá.

### Ficha de colheita de uma amostra de solo

#### A. Tipo de amostra:

Solo agrícola \_\_\_\_\_

Solo de floresta \_\_\_\_\_

Solo de prado \_\_\_\_\_

Outro \_\_\_\_\_

#### B. Tipo de vegetação:

\_\_\_\_\_

#### C. Tipo de colheita:

Colheita única \_\_\_\_\_

Várias colheitas \_\_\_\_\_

Quantas ? \_\_\_\_\_

#### D. Características geográficas dos locais da colheita ( vale, encosta...):

\_\_\_\_\_

#### E. Local da colheita:

\_\_\_\_\_

#### F. Nome da pessoa ( grupo) que efectuou a colheita:

\_\_\_\_\_

## 1ª Aula Prática

### 1º Trabalho - Separação da terra fina dos elementos grosseiros

**Duração do trabalho** – 50 min.

**Objectivo** – Separar a terra fina dos elementos grosseiros aplicando a operação unitária da peneiração.

–Obter uma estimativa das quantidades relativas dos elementos grosseiros e da terra fina de uma amostra de solo.

**Introdução** – A fase sólida de um solo é constituída por uma mistura heterogénea de partículas minerais e substâncias orgânicas. A proporção relativa destes constituintes é uma característica dos solos e condiciona a sua produtividade.

A análise do solo começa pela determinação da sua textura, que é a proporção relativa de partículas minerais de dimensões compreendidas entre certos limites.

O solo pode ser dividido em duas grandes fracções de matéria mineral, tendo em conta o tamanho das partículas que a compõem: **terra fina** e **elementos grosseiros**. Para realizar esta separação utiliza-se uma peneira de 2 mm.

#### **Material**

- balança
- funil grande
- gobelé de 5 L
- peneira de 2,0 mm
- frasco de 0,5 L com tampa

### Procedimento experimental

- 1- Pesa para dentro de um gobelé de 0,5 L cerca de 300 g de um solo previamente seco. Toma nota da massa pesada.
- 2- Pesa um outro gobelé de 5 L e coloca o solo numa peneira de 2 mm. Coloca a peneira em cima do gobelé de 5 L e provoca a agitação até que não se verifique mais transferência de partículas entre a peneira e o gobelé. Regista o que observas.
- 3- Pesa a massa do solo que ficou retida no gobelé.
- 4- Guarda o solo que ficou retido no gobelé e podes desprezar o solo que ficou retido na peneira.

**Conclusão** – Preenche o quadro resumo 1 com os resultados obtidos da amostra de solo estudada, e realiza uma discussão comparativa com os outros grupos de colegas.

<b>PROPRIEDADES</b>	<b>MASSA (g)</b>	<b>PERCENTAGEM (%)</b>
Massa total da amostra		
Massa da fracção > 2 mm		
Massa da fracção < 2 mm		

Quadro 1

## 2ª Aula Prática

Nesta aula prática vais realizar dois trabalhos práticos distintos:

**Separação grosseira da matéria orgânica da matéria mineral**

**Estimativa da percentagem de argilas no solo**

**Duração do trabalho – 100 min.**

### **2º Trabalho - Separação grosseira da matéria orgânica da matéria mineral**

**Objectivo –** Realizar a separação grosseira da matéria orgânica da matéria mineral utilizando as operações unitárias da **decantação e filtração.**

**Introdução –** Para além da matéria mineral, o solo é constituído por matéria orgânica (MOS - matéria orgânica do solo). Os principais constituintes da MOS são as **substâncias húmicas**, que são definidas como uma classe de compostos orgânicos heterogéneos de origem biológica, geralmente de cor amarela, castanha ou preta e com elevada massa molecular.

#### **Material**

- balança
- relógio
- esguicho de água destilada
- frascos de 1 L com tampa
- funil grande
- papel de filtro

- gobelé de 5 L
- provetas de 250 ml
- vareta

### **Reagentes**

- Solução aquosa de hidróxido de sódio 0,1M (4,00g de NaOH em 1,00L de água destilada)
- Tiras de papel indicador pH
- Papel de filtro

### **Procedimento experimental**

- 1- Pesa para dentro do frasco de 0,5 L cerca de 30 g da fracção da terra fina obtida na aula anterior. Toma nota da massa pesada.
- 2- Mede, com cuidado, numa proveta, 200 ml de solução de hidróxido de sódio 0,1 M.
- 3- Adiciona a solução de hidróxido de sódio ao solo que se encontra dentro do frasco.
- 4- Fecha bem o frasco e agita vigorosamente a mistura durante 5 segundos.
- 5- Depois de bem agitado, verifica com uma tira de papel indicador pH, se este está a cerca de 13. (se o pH não estiver a este valor, adiciona mais solução de hidróxido de sódio até pH = 13).
- 6- Transfere o conteúdo do frasco para uma proveta de 250 ml e deixa repousar cerca de 15 min.
- 7- No fim do tempo de repouso e sem agitar a proveta, decanta lentamente o líquido sobrenadante para um gobelé de 0,5 l.
- 8- Prepara um funil grande com o papel de filtro e introduz o funil num frasco de 0,5 L. Lentamente, e em porções relativamente pequenas, transfere a solução decantada para dentro do funil.
- 9- Após completar a filtração, guarda o frasco com o filtrado (matéria orgânica) devidamente identificado, e deita fora o papel de filtro utilizado.

### **3º Trabalho - Estimativa da percentagem de argilas no solo**

**Objectivo** – Obter uma estimativa da quantidade relativa de argilas contidas na amostra de solo, realizando as operações unitárias de sedimentação, pipetagem e secagem.

**Introdução** – A fracção de terra fina pode ser dividida em diversos grupos tendo em conta o tamanho das partículas que a constituem. Assim, denomina-se por **argilas** todas as partículas de diâmetro inferior a 0,002 mm.

#### **Material**

- balança
- esguicho de água destilada
- frascos de 0,5 L com tampa
- relógio
- proveta de 250 ml
- gobelé de 250 ml
- pipeta volumétrica de 15,00 ml
- suporte para pipetas
- pompete
- cadinho de porcelana
- estufa
- régua de 30 cm

#### **Procedimento Experimental**

- 1- Pesa para dentro de um gobelé de 250 ml cerca de 25 g da fracção de terra fina do solo (ponto 4 da 1ª experiência)
- 2- Mede com uma proveta 100 ml de água destilada e junta-a ao solo.
- 3- Fecha o frasco e agita-o vigorosamente durante 5 seg.

- 4- Terminada a agitação, transfere rapidamente a mistura para uma proveta de vidro de 250 ml e liga o cronómetro. Observa e regista a separação de massas que ocorre na proveta.
  - 5- Após cerca de 10 min de repouso, mede com uma régua a altura das diferentes camadas e faz uma estimativa dos tamanhos das partículas.
  - 5- Retira, com uma pipeta volumétrica, 10 ml de solução existente a cerca de 10 cm abaixo do nível do líquido e coloca-o num cadinho de porcelana previamente pesado. Identifica o cadinho e coloca-o na estufa a 50° C até à próxima aula prática.
  - 6- No início da aula seguinte determina a massa de argilas obtida.
  - 7- Calcula a percentagem de argilas na amostra de solo.
- Preenche os quadros resumo 2 e 3 com os resultados obtidos com a amostra de solo estudada e realiza uma discussão comparativa com os outros grupos de colegas.

<b>PROPRIEDADES</b>	<b>MASSA (g)</b>	<b>PERCENTAGEM (%)</b>
Massa total da amostra		
Massa de argilas		

Quadro 2

<b>CAMADAS</b>	<b>ALTURA DAS CAMADAS (cm)</b>	<b>TAMANHO DAS PARTÍCULAS</b>

Quadro 3

### **3ª Aula Prática**

Nesta aula prática vais realizar dois trabalhos práticos distintos:

**Separação grosseira dos ácidos húmicos dos ácidos fúlvicos**

**Preparação de uma água de colónia a partir da alfazema**

**Duração do trabalho** – 100 min.

#### **4º Trabalho - Separação grosseira dos ácidos húmicos dos ácidos fúlvicos**

**Objectivo** – Separar as fracções de ácidos húmicos e de ácidos fúlvicos que existem na matéria orgânica utilizando a operação unitária de **coagulação**.

**Introdução** – As substâncias húmicas podem ser divididas em **ácidos húmicos**, **ácidos fúlvicos** e a **humina**. Esta divisão tem como base a diferença de solubidade em água, constatando-se que:

- A humina não é solúvel em soluções aquosas.
- Os ácidos húmicos são solúveis em soluções aquosas alcalinas.
- Os ácidos fúlvicos são solúveis em soluções aquosas com qualquer valor de pH.

#### **Material**

- Proveta de 200 ml
- frascos de 1 L com tampa
- pipeta de 5 ml
- pompete
- suporte de pipetas
- gobelé de 200 ml
- vareta

## **Reagentes**

- Solução aquosa de ácido clorídrico 0,1M (8,3g de HCl 37% em 1,00L de água destilada)
- Tiras de papel indicador pH

## **Procedimento experimental**

- 1- Mede com cuidado para uma proveta 150 ml de solução de ácido clorídrico 0,1M.
- 2- Adiciona a solução de ácido clorídrico ao filtrado obtido da experiência da última aula (ponto 9 da 2ª experiência).
- 3- Olha atentamente, registrando o que observaste (**coagulação**).
- 4- Agita a mistura e verifica o pH da solução com uma tira de papel indicador de pH. Se o valor não se encontrar aproximadamente 1, adiciona porções de cerca de 1 ml de solução de ácido clorídrico 1 M até pH = 1, controlando o valor com o papel indicador.
- 5- Após o ajuste de pH, agita de novo o frasco e coloca-o em repouso até à próxima aula prática. Observa entretanto, em contra luz a separação das fases sólida (ácidos húmicos) da líquida (ácidos fúlvicos).

### **(Operação a efectuar no início da 4ª aula prática)**

- 6- Após completa deposição da fase sólida (ácidos húmicos impuros), decanta o líquido (ácidos fúlvicos impuros) para um gobelé de 200 ml.

Guarda as duas fracções para os trabalhos práticos das aulas seguintes.

## **5º Trabalho prático – Preparação de um perfume de alfazema**

**Objectivo** – Preparar uma água de colónia a partir da alfazema, utilizando a operação unitária da maceração.

**Introdução** – A partir do conhecimento do solvente apropriado para dissolução dos componentes aromáticos da alfazema, é possível fabricar a respectiva água de colónia. Para esse fim, põe-se o solvente (álcool) em contacto prolongado e a frio com o material a dissolver (alfazema) durante algum tempo – **maceração** –.

### **Material**

- balança
- filtro de pano
- frascos de 250 ml com tampa
- funil de filtração e suporte
- gobelé de 250 ml
- papel de filtro
- proveta de 100 ml

### **Reagentes**

- Álcool
- Alfazema

### **Procedimento experimental**

- 1- Macerar 10 g de alfazema em 50 ml de álcool, durante 8 dias, num frasco com tampa.
- 2- Filtrar a mistura através de um filtro (pano) e espremer o resíduo guardando-o num outro frasco com tampa..
- 3- Acrescentar 50 ml de álcool ao resíduo e, após 8 dias repetir a operação de expressão, por compressão.
- 4- Juntar os dois líquidos e filtrar com papel de filtro
- 5- Adicionar álcool até ao volume pretendido.

## 4ª Aula Prática

Nesta aula prática vais realizar dois trabalhos práticos distintos:

**Purificação dos ácidos húmicos**

**Purificação dos ácidos fúlvicos**

**Duração do trabalho** – 100 min.

### 6º Trabalho - Purificação dos ácidos húmicos

**Objectivo** – Purificar a mistura dos ácidos húmicos do solo obtidos na aula anterior, utilizando as operações unitárias da decantação e da diálise.

**Introdução** – Os ácidos húmicos correspondem à fracção das substâncias húmicas constituídas por macromoléculas com maiores massas moleculares. Resultam do processo natural de decomposição dos materiais vegetais e animais mortos que ocorre nos solos e nos sistemas aquosos. Assim, os ácidos húmicos não são uma substância química clássica, à qual corresponde uma estrutura molecular bem definida, mas são constituídos por diversas macromoléculas diferentes, com massas moleculares elevadas e muito variadas.

#### **Material**

- esguicho de água destilada
- gobelé de 250 ml
- gobelé de 100 ml
- conta-gotas
- relógio
- 2 molas

## Reagentes

- Solução aquosa acidulada de nitrato de prata 0,1 M (1,7 g de  $\text{AgNO}_3$  em 90 ml de água destilada + 10 ml de  $\text{HNO}_3$  1 M)
- Tiras de papel indicador pH
- Manga de diálise com 20 cm de comprimento (Sigma, Ref. D-9527): 1

## Procedimento Experimental

- 1- Realiza a operação descrita no ponto 6 da 4ª experiência (3ª aula prática)
- 2- Dá um nó numa das extremidades de um saco de diálise, previamente preparado.
- 3- Transfere a suspensão de ácidos húmicos impuros para dentro do saco de diálise e dá um outro nó na extremidade aberta do saco.
- 4- Guarda o líquido decantado no frasco com tampa para utilizares na próxima aula.
- 5- Coloca o saco de diálise dentro de um gobelé de 250 ml e enche-o com água destilada de modo a cobrir o saco. Prende as extremidades do saco às bordas do gobelé com ajuda de duas molas.
- 6- Aguarda cerca de 10 min e retira para um gobelé de 100 ml cerca de 10 ml do líquido exterior ao saco de diálise.
- 6- Adiciona 3 gotas de solução de nitrato de prata 0,1 M (teste da presença de cloretos) e regista o que observas.
- 7- Substitui todo o líquido exterior ao saco de diálise por nova porção de água desionizada
- 8- Repete as operações 3, 4, 5 e 6 mais três vezes, de 10 em 10 minutos, registando num quadro se o teste dos cloretos é positivo ou negativo.
- 9- Quando terminado o trabalho podes deitar fora o saco de diálise e a água do gobelé
- 10- Preenche os quadro 4 com os resultados obtidos.

Tempo (min)	Teste de cloretos
10	Positivo *
20	
30	

\* Um teste positivo significa que houve formação um precipitado branco (cloreto de prata)

## **7º Trabalho - Purificação dos ácidos fúlvicos:**

### **1- Isolamento dos ácidos fúlvicos**

### **2- Conversão dos ácidos fúlvicos à forma ácida**

**Objectivo** – Purificar a mistura dos ácidos fúlvicos do solo obtidos na aula anterior, começando-se por isolar os ácidos fúlvicos, utilizando a operação unitária que envolve separação cromatográfica por adsorção física e posteriormente converter os ácidos fúlvicos à forma ácida utilizando a operação unitária que envolve separação cromatográfica por permuta iónica.

**Introdução** – Os ácidos fúlvicos correspondem à fracção das substâncias húmicas constituídas por macromoléculas com menores massas moleculares. São solúveis em solução aquosa com qualquer valor de pH. Devido à sua elevada solubilidade e grande concentração de estrutura quimicamente reactivas, os ácidos fúlvicos são substâncias que intervêm em quase todos os processos químicos que ocorrem nos solos, como por exemplo: reacções químicas de ácido-base, adsorção de substâncias apolares. Resultam do processo de natural de decomposição dos materiais vegetais e animais mortos que ocorre nos solos e nos sistemas aquosos. Assim, os ácidos fúlvicos não são uma substância química clássica, à qual corresponde uma estrutura molecular bem definida, mas são constituídos por diversas macromoléculas diferentes, com massas moleculares elevadas (embora menores do que as dos ácidos húmicos) e muito variadas.

### **Material**

- esguicho de água destilada
- gobelé de 250 ml
- provetas de 250 ml
- buretas de 25,00 ml
- funis médios
- suportes munidos de nós e garras

## Reagentes

- resina Amberlite XAD-8 (Fluka, Ref. 06446)
- resina permutadora catiónica (Fluka, Ref. 06428)
- Tiras de papel indicador

## Procedimento experimental

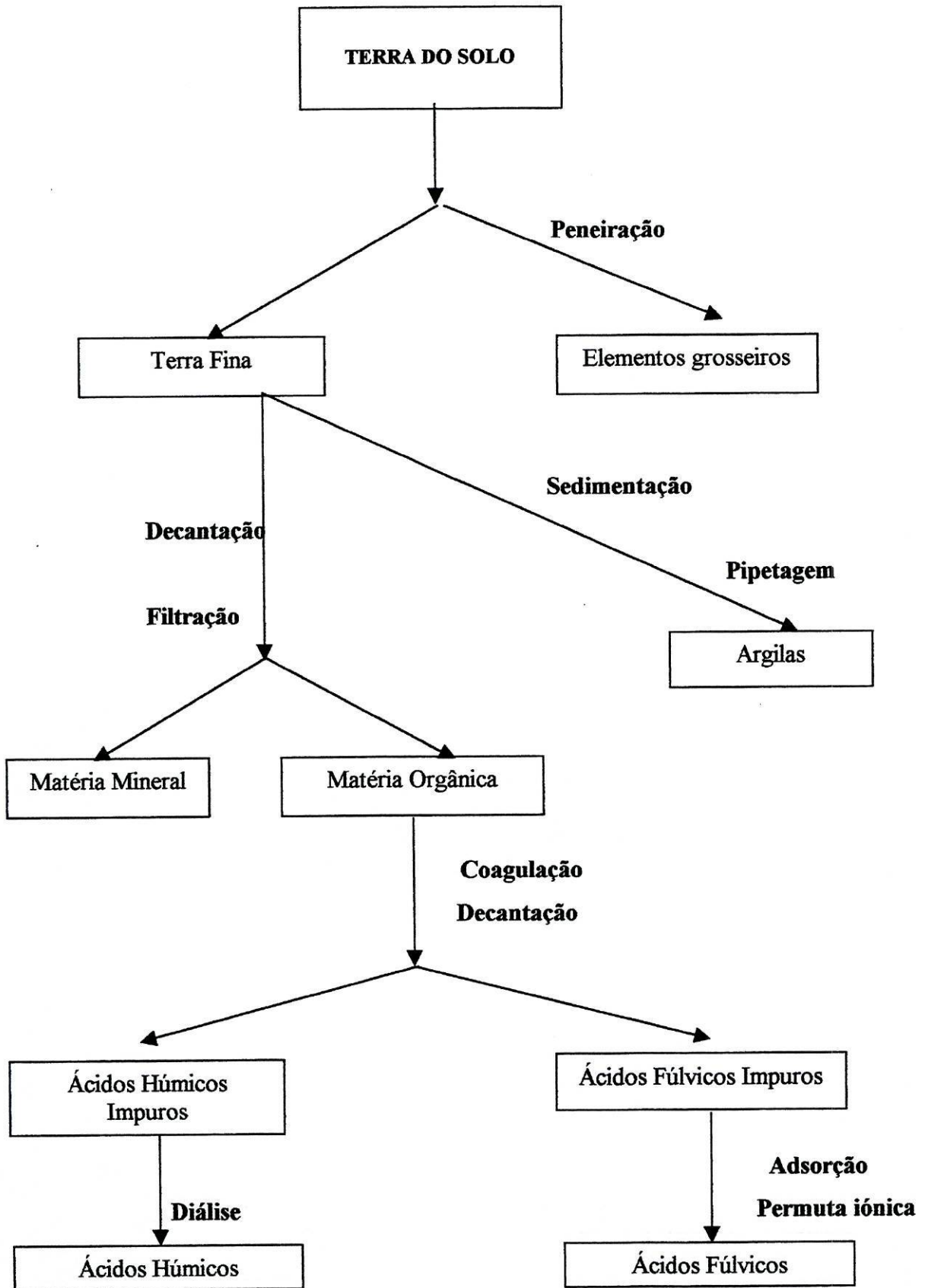
### Isolamento dos ácidos fúlvicos

- 1- Transfere a solução de ácidos fúlvicos impura, obtida no 7º trabalho (ponto 4) realizado na 3ª aula prática, para o funil da coluna cromatográfica contendo a resina Amberlite XAD-8 (resina branca). Abre a torneira da coluna e regista a mudança de cor que se observa na parte superior da resina.  
A solução que sai da coluna não é aproveitada.
- 2- Quando a última gota de solução tiver caído do funil para a coluna (**ATENÇÃO: não deixes secar a coluna**), coloca 10 ml (medidos com a proveta) de água destilada no funil. Deixa passar a água destilada pela coluna e, quando a última gota de solução tiver caído do funil para a coluna (**ATENÇÃO: não deixes secar a coluna**), coloca mais 20 ml (medidos com a proveta) de água destilada no funil.
- 3- Quando a última gota de água destilada tiver caído do funil para a coluna (**ATENÇÃO: não deixes secar a coluna**), coloca 50 ml (medidos com a proveta) de hidróxido de sódio 0,1 M no funil. Observa e regista o deslocamento da mancha castanha ao longo da coluna cromatográfica.
- 4- Quando a mancha castanha estiver próxima da saída da coluna cromatográfica, inicie a recolha da solução para um gobelé de 100 ml. A recolha desta solução (solução de ácidos fúlvicos na forma neutralizada) continua até se verificar a presença de uma solução de cor amarela ou castanha. Mede o pH da solução obtida com uma tira de papel indicador.
- 5- Quando a última gota de hidróxido de sódio tiver caído do funil para a coluna (**ATENÇÃO: não deixes secar a coluna**), coloca 50 ml (medidos com a proveta) de

água destilada no funil. Deixa passar a água desionizada pela coluna, e quando a última gota de solução tiver caído do funil para a coluna (**ATENÇÃO: não deixes secar a coluna**), coloca mais 100 ml (medidos com a proveta) de água destilada no funil e deixa-a passar pela coluna. Fecha a torneira da coluna e deixa-a com água no funil.

### **Conversão dos ácidos fúlvicos à forma ácida**

- 1- Transfere a solução de ácidos fúlvicos neutralizadas para a coluna contendo a resina permutadora iônica (resina castanha), abre a torneira da coluna de modo a que a solução saia da coluna gota a gota e inicia a recolha desta solução com um gobelé de 100 ml.
- 2- Quando a última gota de solução de ácidos fúlvicos tiver caído do funil para a coluna (**ATENÇÃO: não deixes secar a coluna**), coloca 100 ml (medidos com a proveta) de água destilada no funil e continua a recolha da solução que sai da coluna (solução de AF na forma ácida) até a solução sair amarela ou castanha. Mede o pH desta solução com papel indicador.
- 3- Quando a última gota de água tiver caído do funil para a coluna (**ATENÇÃO: não deixes secar a coluna**), coloca mais 100 ml (medidos com a proveta) de água destilada no funil. Deixa passar a água destilada pela coluna (**ATENÇÃO: não deixes secar a coluna**), fecha a torneira da coluna e deixa-a com água no funil.



## **ÍNDICE DE TABELAS E DE GRÁFICOS**

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Caracterização geral da amostra do estudo piloto .....	108
Tabela 2 – Caracterização geral da amostra do estudo experimental, por idade .....	113
Tabela 3 – Resultados gerais da aplicação do pré-teste ao grupo de controlo e ao grupo experimental .....	123
Tabela 4 – Resultados gerais da aplicação do pós-teste ao grupo de controlo e ao grupo experimental .....	124
Tabela 5 – Resultados percentuais de P.1 .....	124
Tabela 6 – Resultados percentuais de P.2 .....	125
Tabela 7 – Resultados percentuais de P.3 .....	125
Tabela 8 – Resultados percentuais de P.4 .....	126
Tabela 9 – Resultados percentuais de P.5 .....	126
Tabela 10 – Resultados percentuais de P.6 .....	127
Tabela 11 – Resultados percentuais de P.7 .....	127
Tabela 12 – Resultados percentuais de P.8 .....	128
Tabela 13 – Resultados de Q.1 .....	129
Tabela 14 – Resultados de Q.2 .....	129
Tabela 15 – Resultados de Q.3 .....	130
Tabela 16 – Resultados de Q.4 .....	130
Tabela 17 – Resultados de Q.5 .....	131
Tabela 18 – Resultados de Q.6 .....	131
Tabela 19 – Resultados de Q.7 .....	132
Tabela 20 – Comparação entre os resultados obtidos nos pré e pós-testes dos dois grupos .....	135
Tabela 21 – Ganhos de aprendizagem corrigidos médios dos dois grupos .....	137
Tabela 22 - Valores necessários para calcular o valor de t .....	138
Tabela 23 – Comparação do valor de t obtido com o valor de t extrapolado .....	139

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Resultados da experiência de Deci e Ryan sobre o efeito da recompensa na motivação intrínseca .....	53
Gráfico 2 - Resultados da experiência de Deci e Ryan sobre o efeito da recompensa e vigilância na motivação intrínseca .....	54
Gráfico 3 - Resultados da experiência de Deci e Ryan sobre o efeito da vigilância na motivação intrínseca .....	55
Gráfico 4 - Resultados da experiência de Deci e Ryan sobre o efeito da competição na motivação intrínseca .....	56
Gráfico 5 - Resultados da experiência de Deci e Ryan sobre o efeito da competição na motivação intrínseca .....	57
Gráfico 6 - Caracterização da amostra do estudo piloto, por idade .....	109
Gráfico 7 - Caracterização dos alunos da amostra do estudo piloto por sexo .....	110
Gráfico 8 - Caracterização dos alunos da amostra do estudo principal, por idade .....	114
Gráfico 9 - Caracterização dos alunos da amostra do estudo principal, por sexo .....	115
Gráfico 10 - Resultados gerais dos dois grupos no pré-teste .....	134
Gráfico 11 - Resultados gerais dos dois grupos no pós-teste .....	135
Gráfico 12 - Recta de regressão obtida a partir dos valores obtidos no pós-teste em função dos valores obtidos no pré-teste .....	136
Gráfico 13 - Comparação, entre os dois grupos, dos ganhos residuais de aprendizagem corrigidos do pré-teste para o pós teste .....	137
Gráfico 14 - Comparação percentual dos resultados obtidos nos dois grupos, para a 1ª proposição.....	140
Gráfico 15 - Comparação percentual dos resultados obtidos nos dois grupos, para a 2ª proposição .....	141
Gráfico 16 - Comparação percentual dos resultados obtidos nos dois grupos, para a 3ª proposição .....	142
Gráfico 17 - Comparação percentual dos resultados obtidos nos dois grupos, para a 4ª proposição .....	143

Gráfico 18 - Comparação percentual dos resultados obtidos nos dois grupos, para a 5ª proposição .....	144
Gráfico 19 - Comparação percentual dos resultados obtidos nos dois grupos, para a 6ª proposição .....	145
Gráfico 20 - Comparação percentual dos resultados obtidos nos dois grupos, para a 7ª proposição .....	146
Gráfico 21 - Comparação percentual dos resultados obtidos nos dois grupos, para a 8ª proposição .....	147
Gráfico 22 - Comparação dos resultados obtidos nos dois grupos, para a 1ª questão .....	148
Gráfico 23 - Comparação dos resultados obtidos nos dois grupos, para a 2ª questão .....	149
Gráfico 24 - Comparação dos resultados obtidos nos dois grupos para a 3ª questão .....	150
Gráfico 25 - Comparação dos resultados obtidos nos dois grupos para a 4ª questão .....	151
Gráfico 26 - Comparação dos resultados obtidos nos dois grupos para a 5ª questão .....	152
Gráfico 27 - Comparação dos resultados obtidos nos dois grupos para a 6ª questão .....	153
Gráfico 28 - Comparação dos resultados obtidos nos dois grupos para a 7ª questão .....	154