

UNIVERSIDADE ABERTA



UNIVERSIDADE
AbERTA
www.uab.pt

**A História e a Epistemologia da Ciência e a Aprendizagem da
Química:
uma estratégia enquadrada num
ambiente construtivista de sala de aula**

Vera Maria Branco de Melo Gouveia

Doutoramento em Educação

2016

UNIVERSIDADE ABERTA



**A História e a Epistemologia da Ciência e a Aprendizagem da
Química:
uma estratégia enquadrada num
ambiente construtivista de sala de aula**

Vera Maria Branco de Melo Gouveia

Doutoramento em Educação

**Sob a orientação do
Professor Doutor Jorge Valadares**

2016

Foi o tempo que perdi com a minha rosa
que a fez tão importante
Antoine de Saint-Exupéry

RESUMO

Atualmente, vários investigadores sobre o ensino das ciências defendem a valorização deste ensino através do recurso à História da Ciência e à sua Epistemologia, valorização essa que passa pelo desenvolvimento do espírito científico, das competências e das atitudes construtivas dos alunos que esse recurso poderá proporcionar e que são indispensáveis na educação de jovens que se deseja estejam aptos a desempenhar um papel importante no progresso da sociedade.

A presente investigação desenrolou-se no sentido de dar resposta à seguinte questão: “Em que medida o recurso à História da Ciência pode melhorar o processo ensino/aprendizagem da Química e a imagem que os alunos têm desta Ciência?”

Na concretização de tal objetivo pesquisou-se o efeito da utilização em sala de aula, num ambiente construtivista de aprendizagem, de uma estratégia de ensino/aprendizagem de uma área da Química (Tabela Periódica), recorrendo a materiais curriculares que permitiram a introdução de aspetos históricos. O “Vê” heurístico ou “Vê” epistemológico – um instrumento coerente com a visão construtivista da natureza do conhecimento – esteve na base da conceção do presente estudo. Descreveu-se, sumariamente, alguns contributos da Epistemologia e da Psicologia Educacional para o campo da educação em ciência. Na recolha de dados optou-se por um método predominantemente qualitativo e de orientação interpretativa. Como instrumentos de pesquisa, concebidos de forma a permitirem obter respostas o mais representativas possível de molde a cumprir o objetivo do estudo, foi aplicado um questionário em dois momentos diferentes (antes e depois do estudo), realizada uma visita de estudo, feitos registos de observação, fichas de trabalho e um teste final. A apreciação das respostas ao questionário permitiu concluir que uma percentagem significativa de alunos tinha modificado a visão dogmática que possuíam acerca da Ciência. Os resultados do teste final evidenciaram uma boa aprendizagem por parte dos alunos daquele tema.

A transformação de registos e a análise dos resultados permitiu formular alguns juízos cognitivos dos quais os mais preponderantes são: a) a História da Ciência é um importante recurso didático que permite aos alunos entender como se constrói o conhecimento científico, evitando que tenham da Ciência uma visão dogmática; b) a História da Ciência proporciona um melhor encadeamento entre os conhecimentos e ajuda os alunos a entender o significado dos conceitos, uma vez que tomam consciência das dificuldades encontradas na sua construção; c) para que os estudantes construam, de forma significativa, modelos conceptuais cientificamente corretos contribuem actividades que ofereçam ao aluno a oportunidade de explorar, criticar e refletir sobre o seu próprio funcionamento cognitivo e sobre os processos que utiliza para aprender e ajuizá-los criticamente.

Pode-se sintetizar os juízos cognitivos formulados, afirmando que o recurso à História da Ciência contribuiu para uma mudança na imagem que os alunos tinham da Ciência e que uma estratégia baseada na História da Ciência proporcionou uma boa aprendizagem. Foram também enunciados alguns juízos de valor fundamentados na investigação.

Palavras-chave: História da Ciência; Construtivismo; Tabela Periódica; Lugares comuns da educação.

ABSTRACT

Nowadays, several researchers in the field of science teaching have pushed towards valuing this branch of teaching through History of Science and its Epistemology. Such valuing is also connected to the development of a scientific spirit, of competences, and the constructive attitudes this resource might provide, which are core for the education of young people who, desirably, will be fit to take a major role in the progress of society.

The following research was undertaken as a way to answer the question: "In what way might resorting to the History of Science improve the teaching/learning process and the view students have of this Science?"

To reach this goal, a teaching/learning strategy in the field of Chemistry (the Periodic Table) was studied, using a constructivist learning environment in the classroom. This method made it possible to introduce historical features through the curricular materials in use. The heuristic or epistemological V – an instrument coherent with the constructive view of the nature of knowledge – was the basis of this study conception. A few contributions of Epistemology and Educational Psychology in the field of education in science were briefly described. In data collection, a predominantly qualitative and interpretative orientation method was taken. As research instruments, developed in a way which would allow for the most representative possible answers to be obtained in line with the project's objective, a questionnaire was applied in two different moments (before and after the study), a field trip was taken, observation records registered, worksheets assigned and a final test submitted. The appreciation of the answers to the questionnaires led to conclude that a significant percentage of the students had changed their dogmatic view on Science. The results of the final test also display a good learning of the subject.

The transformation of records and result analysis made it possible to formulate some cognitive judgements, from which the most important are: a) History of Science is an important didactic resource which allows students to understand how scientific knowledge is constructed, thus avoiding a dogmatic view of Science; b) the History of Science provides a better way of understanding how the building blocks of knowledge fit together and helps students understand the meaning of different concepts, since they become aware of the difficulties in their build-up; c) for students to be able to build scientifically accurate conceptual models in a significant manner, a great contribution can be made by the way of activities offering them a chance to explore, criticize and reflect on their own cognitive functioning and on the processes they use to learn.

One can summarize the formulated cognitive judgements by stating that the resort to History of Science contributed to a change in how students regarded Science, and that a strategy based on the History of Science has led to a good learning process. Some value judgements fundamented by the research were also cited.

Keywords: Science History; Constructivism; Periodic Table; Four common places of Education

À Verinha,
ao João,
ao Francisco.

AGRADECIMENTOS

De entre as várias pessoas que contribuíram para que eu levasse a bom termo este trabalho, permito-me destacar algumas pelas características especiais do seu apoio.

Ao Professor Doutor Jorge Valadares pela competência, disponibilidade e interesse com que orientou este trabalho. O seu estímulo, entusiasmo e compreensão constituíram um forte incentivo para mim, ajudando-me a ultrapassar as minhas dificuldades.

À minha Família que me apoiou incondicionalmente, que me deu força e tempo para que não desistisse e me ajudou na revisão e na formatação do texto.

A todos os que tornaram possível este trabalho, o meu reconhecimento.

2.3.2.5 Reflexões sobre a aprendizagem	83
2.3.3 Currículo	86
2.3.3.1 Reflexões sobre o currículo.....	93
2.3.4 Meio/Governança.....	97
2.3.4.1 Reflexões sobre a governança	102
2.3.5 Reflexões finais.....	97
CAPÍTULO III – METODOLOGIA	107
3.1 Opções Metodológicas.....	108
3.2 O Investigador como Instrumento da Pesquisa	113
3.3 Observação Participante	114
3.4 O Contexto da Investigação	114
3.4.1 A investigação na sala de aula.....	115
3.4.2 Caracterização da turma	117
3.4.3 Caracterização da escola	119
3.5 Acontecimentos/Objetos sobre os quais incide a pesquisa	127
CAPÍTULO IV – TRATAMENTO E ANÁLISE DOS RESULTADOS OBTIDOS	135
4.1 Questionário “O que pensas sobre as Ciências Físico-Químicas”	135
4.2 Classificação de Materiais	148
4.2.1 Classificação de materiais (I)	148
4.2.2 Classificação de materiais (II)	149
4.2.3 Classificação de materiais (III)	150
4.2.4 Classificação de materiais (IV).....	152
4.3 Evolução do Modelo Atómico	153
4.4 Visita de Estudo ao Museu da Farmácia	154
4.5 Teste final.....	156
4.6 Registos de observação visual.....	163

CAPÍTULO V – CONCLUSÃO E JUÍZOS DE ÍNDOLE COGNITIVA E DE VALOR	165
5.1 Síntese dos Resultados e Juízos Cognitivos.....	165
5.1.1 Análise dos resultados do Questionário.....	165
5.1.2 Análise dos resultados do teste final.....	168
5.1.3 Análise do trabalho de pesquisa "Evolução do modelo atómico"	169
5.1.4 Análise da visita de estudo ao Museu de Farmácia	169
5.2 Juízos de Valor.....	171
5.3 Limitações do Estudo	172
5.4 Implicações Educacionais.....	173
5.5 Sugestões para Futuras Investigações	174
BIBLIOGRAFIA.....	175
ANEXOS.....	191
ANEXO I – Critério usado na definição da composição socioeconómica	193
ANEXO II – Caracterização da turma. Nível socioeconómico e cultural dos E.E.....	199
ANEXO III – Questionário (versão provisória).....	203
ANEXO IV – Questionário (início do estudo).....	209
ANEXO V – Questionário (depois do estudo).....	213
ANEXO VI – Guião da visita de estudo ao Museu da Farmácia.....	219
ANEXO VII – Classificação de materiais (I)	223
ANEXO VIII – Classificação de materiais (II)	227
ANEXO IX – Classificação de materiais (III)	231
ANEXO X – Cartões de elementos.....	235
ANEXO XI – Os metais alcalinos	239
ANEXO XII – Orientações para a pesquisa sobre "A evolução do modelo atómico" ...	243
ANEXO XIII – A evolução do modelo atómico.....	247
ANEXO XIV – Teste final	251
ANEXO XV – Grelha de classificações do teste final	257
ANEXO XVI – Resultados da escala de Likert	261

ÍNDICE DE TABELAS

3.1 – Número de alunos.....	117
3.2 – Idade dos alunos	118
3.3 – Notas obtidas pelos alunos no final do 8º ano em Ciências Físico-Químicas.....	118
3.4 – Caracterização socioeconómica da turma.....	119
3.5 – Caracterização do corpo docente	120
3.6 – Número de docentes por Departamento	121
3.7 – Caracterização do corpo de assistentes	121
3.8 – Número de assistentes por categoria.....	122
3.9 – Distribuição por género dos alunos matriculados em 2009/10	124
3.10 – Número de alunos excluídos por faltas no Ensino Básico	126
3.11 – Número de anulações de matrícula no Ensino Básico.....	126
3.12 – Taxas de abandono escolar no Ensino Básico.....	127
3.13 – Taxas de sucesso escolar no Ensino Básico	127
3.14 – Taxas de transição escolar no Ensino Básico	127
4.1 – Registo das respostas ao Questionário (parte I).....	136
4.2 – Frequências percentuais das respostas às questões 2 e 15 (início do estudo)	138
4.3 – Frequências percentuais das respostas às questões 3, 11 e 13 (início do estudo).	138
4.4 – Frequências percentuais das respostas às questões 16 e 17 (início do estudo)	138
4.5 – Frequências percentuais das respostas às questões 9 e 18 (início do estudo)	139
4.6 – Frequências percentuais das respostas à questão 5 (início do estudo)	139
4.7 – Frequências percentuais das respostas às questões 4, 10 e 14 (início do estudo).	139
4.8 – Frequências percentuais das respostas à questão 8 (início do estudo)	140
4.9 – Frequências percentuais das respostas às questões 1, 6, 7, 12, 19 e 20 (início do estudo)	140
4.10 – Comparação das respostas às questões 2 e 15 (antes e depois do estudo)	141
4.11 – Comparação das respostas às questões 3, 11 e 13 (antes e depois do estudo) ...	141
4.12 – Comparação das respostas às questões 16 e 17 (antes e depois do estudo)	142
4.13 – Comparação das respostas às questões 9 e 18 (antes e depois do estudo)	142
4.14 – Comparação das respostas à questão 5 (antes e depois do estudo)	143

4.15 – Comparação das respostas às questões 4, 10 e 14 (antes e depois do estudo) ...	143
4.16 – Comparação das respostas à questão 8 (antes e depois do estudo)	144
4.17 – Comparação das respostas às questões 1, 6, 7, 12, 19 e 20 (antes e depois do estudo)	144
4.18 – Registo das respostas ao Questionário (parte II).....	146
4.19 – Frequências percentuais das respostas à 2ª parte do Questionário (início do estudo)	146
4.20 – Comparação das respostas à 2ª parte do Questionário (antes e depois do estudo)	147
4.21 – Apreciação pelos alunos da estratégia adotada.....	148
4.22 – Avaliação pelos alunos da visita de estudo	154
4.23 – Distribuição das classificações do teste final	157
4.24 – Classificação por item	159

ÍNDICE DE GRÁFICOS

3.1 – Situação no emprego dos Pais e E.E. dos alunos do Ensino Básico	122
3.2 – Formação académica dos Pais e E.E. dos alunos do Ensino Básico	123
3.3 – Número de alunos matriculados (2005/6 - 2009/10).....	123
3.4 – Distribuição dos alunos por modalidade de ensino (2009/10)	124
3.5 – Total de alunos subsidiados em (2005/6 - 2009/10)	124
3.6 – Média de idades dos alunos do Ensino Básico	125
3.7 – Média de idades dos alunos do Ensino Secundário.....	125
3.8 – Média de idades dos alunos do Ensino Profissional	125
3.9 – Percentagem de alunos com computador e com internet (2009/10).....	126
4.1 – Comparação das respostas às questões 3, 11 e 13 (antes e depois do estudo)	142
4.2 – Comparação da resposta dada à questão 5 (antes e depois do estudo).....	143
4.3 – Comparação das respostas às questões 4, 10 e 14 (antes e depois do estudo)	144
4.4 – Comparação das respostas às questões 1, 6, 7, 12, 19 e 20 (antes e depois do estudo)	145
4.5 – Comparação das respostas à 2ª arte do Questionário (antes e depois do estudo) .	147
4.6 – Distribuição das classificações do teste final	158
4.7 – Distribuição por nível das classificações do teste final.....	15

ÍNDICE DE FIGURAS

1.1 – “Vê” epistemológico	9
4.1 – Evolução do modelo atômico	15

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO

1.1. Contexto e Motivação

Vivemos um período de grandes mudanças sociais e culturais, que se sucedem a ritmo acelerado, em que se assiste ao rápido crescimento das sociedades multinacionais, bem como a uma verdadeira revolução na tecnologia informática e nas telecomunicações. A sociedade agrária/manufacturada está rapidamente a desaparecer. As indústrias de produção em massa dão lugar às indústrias de serviços baseadas ou suportadas nas novas tecnologias de informação, com a conseqüente globalização da economia. Esbate-se a separação entre a política e a sociedade – não entre o político e o social – e assiste-se à politização das actividades e normas culturais quotidianas como, por exemplo, os movimentos que se têm vindo a constituir em torno das questões ambientais ou dos direitos das minorias.

A Ciência também não tem resistido a uma socialização e posterior politização já que, enquanto actividade humana, não deve ser praticada na total indiferença do uso que pode ser feito das suas descobertas. Este aspecto constituirá, porventura, a sua melhor base cultural.

Como uma extraordinária construção da inteligência e da criatividade humana que é, vai-se afastando da imagem absolutista com que amiúde foi difundida; actualmente, acentua-se a tendência para reflectir criticamente sobre o que significa o conhecimento científico ao longo da História e nos dias de hoje e sobre as suas relações com a tecnologia e com os acontecimentos sociais: uma Ciência tendo em vista o desenvolvimento humano, parte consubstancial da cultura dos cidadãos e que contribua para o progresso dos povos.

Como adverte Novak (1993), o nosso papel principal no futuro irá depender das nossas capacidades colectivas como criadores de significado e construtores de conhecimento.

INTRODUÇÃO

Este aspecto da Ciência como parte indissociável da cultura é, aliás, na opinião de Bunge (1973), uma característica importante da Ciência contemporânea. A concepção do mundo actual está em grande medida determinada pelo conhecimento científico e pelas suas aplicações tecnológicas. Contudo, a imagem da Ciência tem sido, frequentemente, distorcida e simplificada por não se considerarem os aspectos históricos e filosóficos da mesma.

Ensinar a ciência para que todos os cidadãos a compreendam, e não apenas alguns privilegiados, é um desafio que requer uma convergência de recursos.

Levados pela preocupação de ensinar a ciência como processo de investigação, os professores continuam, amiudadas vezes, a leccioná-la como um assunto que vale por si mesmo, independentemente do contexto e das exigências sociais e sem qualquer compromisso para com a humanidade.

O interesse por melhorar o ensino das ciências tem sido uma preocupação, tanto nos países de maior desenvolvimento científico e tecnológico, como naqueles de menores recursos, numa Escola cada vez mais complexa e heterogénea, quer pelos alunos em si, quer pelo contexto social em que se insere. Para isso contribuem o aumento da escolaridade obrigatória, a crescente pluriculturalidade da população escolar e as novas tecnologias, entre outros fatores.

É necessário, cada vez mais, desenvolver aptidões que ajudem a aplicar o conhecimento aos problemas em relação aos quais é inevitável tomar decisões. Por este motivo, torna-se pertinente que todo o ensino das ciências deva também tratar o problema do conhecimento, não só como conteúdo, mas também como processo social de produção e apropriação da Ciência. O ensino da Ciência deveria ser também um ensino sobre a Ciência, onde se tenha em conta os processos científicos, para que aquela não seja vista apenas como um corpo de conhecimentos, mas também como um modo de pensar, um processo, um devir... Quer dizer, um ensino da Ciência que dê importância ao seu contexto social, histórico, filosófico, ético e tecnológico, para que os estudantes possam aprender algo sobre a natureza da Ciência, para além do seu conteúdo propriamente dito.

INTRODUÇÃO

Trata-se de encarar a Educação em Ciência considerando, não só o *aprender* Ciência, como também *sobre* e *através* da Ciência, não restringindo o seu ensino apenas às teorias e conceitos científicos, mas também tendo em conta a compreensão da natureza da Ciência e da prática científica, as relações entre ciência, tecnologia e sociedade e a aquisição de competências que permitam aos alunos usar métodos e processos científicos na compreensão e investigação de fenómenos e na resolução de problemas (Hodson, 1992).

A compreensão da natureza da Ciência enquanto modo de pensar só é possível se apreendida no viver de cada aula que se integre num currículo organizado com o objectivo de fortalecer a aprendizagem das principais operações mentais usadas pelos membros da comunidade científica, na sua incessante e perseverante busca de ordem e unidade. Para dar ao aluno esta dimensão, é necessário imbuir de História da Ciência as aulas, entendendo-se aquela não como uma série de citações sobre as descobertas realizadas ao longo dos anos, isto é, uma mera descrição linear de acontecimentos de sucesso, mas antes como um levantamento dos grandes problemas que se colocaram historicamente a propósito deste ou daquele tema, de tal modo que permita a introdução na aula da discussão sobre os mecanismos da produção de conhecimento, ou seja: o que é conhecer e como se conhece.

A epistemologia surge, então, como uma ferramenta útil e necessária para o aperfeiçoamento de novas estratégias e, actualmente, existe a aceitação generalizada, por parte dos investigadores em educação, da importância da perspectiva histórica na formação científica (Matthews, 1992, 1994).¹

O ensino da Ciência poderá, então, constituir um elemento fundamental para a formação dos cidadãos, não só como pessoas capazes profissionalmente, mas como actores interventivos nas decisões sociais.

¹ São dedicados a este tema: o Cap. 15 do *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*, o nº de Abril de 1992 do *Journal of Research in Science Teaching*, o nº de Janeiro de 1991 da revista *Science Education* e a revista *Science & Education*, editada pelo professor Matthews.

1.2. Objeto da Investigação

Ao omitir os aspectos históricos da pesquisa científica, a ciência ensinada nas escolas torna-se para o estudante o que Schwab chamou uma retórica de conclusões (Schwab e Brandwein, 1962). Em consequência, os alunos, ao longo do seu percurso escolar, vão interiorizando a ciência de uma forma dogmática e positivista.

Diversas pesquisas no campo da Educação (Solomon e Scott, 1992; Solbes e Traver, 2001; Lederman, Abd-El-Khalick, Bell e Schwartz, 2002) e a experiência de que dispomos levam-nos a afirmar que a maioria dos alunos tem uma visão da ciência

- como uma descoberta e não como uma construção de conhecimentos;
- marcadamente empirista, em que os conhecimentos científicos se formam por indução a partir da observação e experimentação;
- como algo que se desenvolve ordenada e sistematicamente, construindo-se de modo linear e acumulativo;
- constituída, essencialmente, por “fórmulas” cuja aplicação permite resolver, de forma quase mecânica, os vários problemas;
- fruto da contribuição de uns génios *iluminados*;
- que ignora o papel desempenhado por situações problemáticas concretas, nomeadamente, no desenvolvimento de algumas teorias importantes;
- isolada do contexto histórico e social de que faz parte.

Não é de admirar que, para grande parte dos alunos, a Ciência surja como algo extremamente complicado, compartimentado e sem unidade, uma compilação de leis e de nomes esquisitos.

Esta situação no ensino das ciências motivou-nos para este trabalho de investigação, centrado na seguinte questão-foco:

“Em que medida o recurso à História da Ciência pode melhorar o processo ensino/aprendizagem da Química e a imagem que os alunos têm desta Ciência?”

Para operacionalizar a questão-foco definimos os seguintes objetivos:

- ▶ recolher dados históricos concretos para a valorização de uma estratégia de ensino/aprendizagem de uma área da Química;
- ▶ elaborar e fazer a validação de uma estratégia de ensino/aprendizagem de uma área da Química, recorrendo a materiais curriculares que permitam a introdução de aspectos históricos.
- ▶ pesquisar o efeito da utilização em sala de aula desta estratégia enquadrada num ambiente construtivista de aprendizagem.

Não pretendemos aprofundar a enorme riqueza e complexidade das teorias filosóficas da ciência, somente abordar sumariamente o tratamento que fazem da construção do conhecimento e da natureza da Ciência.

Nem é, tão pouco, nosso propósito fazer com que os alunos de Ciência repitam o desenvolvimento histórico dos conceitos, mas familiarizá-los com os obstáculos que os cientistas encontraram no passado, de modo a que daí resulte um mecanismo heurístico que possa contribuir para antecipar e ajudar a superar as suas próprias dificuldades cognitivas, bem como as concepções erróneas que possuem.

Trata-se de clarificar o papel que a História da Ciência, e em especial a da Química, pode desempenhar no ensino da mesma, tomando-a como fio condutor no desenvolvimento de determinados conteúdos.

1.3. Justificação do Estudo

É bem conhecida a atual crise no ensino das ciências, reflectindo-se na debandada das aulas de ciências, quer por alunos, quer por professores e no alarmante analfabetismo científico.

A história, a filosofia e a sociologia da Ciência não têm todas as soluções para esta crise, porém têm algumas respostas: podem humanizar as ciências e aproximá-las dos interesses pessoais, éticos, culturais e políticos; podem fazer com que as aulas se tornem mais estimulantes e reflexivas, desenvolvendo assim a capacidade de pensar criticamente; podem contribuir para uma maior compreensão dos conteúdos científicos, dando significado a fórmulas e equações; podem melhorar a formação dos professores, promovendo um desenvolvimento de uma epistemologia da Ciência que incida no melhor

INTRODUÇÃO

conhecimento da sua estrutura e que tenha também em conta que a evolução das ideias científicas é afectada pelos contextos social, moral e cultural em que ocorrem (Matthews, 1994).

Tal significa que a Ciência não deve ser apresentada como uma série de descobertas sucessivas realizadas por génios excêntricos, olímpicos e infalíveis, em que cada um foi acrescentando, sucessivamente, uma “pedra” ao conhecimento actual. É imprescindível fazer com que os alunos compreendam as dificuldades, os obstáculos que foi preciso ultrapassar, sem esquecer, obviamente, os contextos que deram sentido a esta evolução. Esta análise pode dar as ferramentas conceptuais para que os alunos compreendam a situação actual da ciência, os sectores que a controlam e quem beneficia com a actividade científica. Trata-se de mostrar a ciência como uma construção de conhecimento para resolver problemas, mas sem esquecer as pessoas, as instituições, as relações com os outros parceiros sociais e o impacto ideológico produzido no contexto social em que se foi desenvolvendo.

No ensino tradicional da Química é escassa a utilização de recursos históricos e, quando ocorre, cinge-se, regra geral, a biografias e cronologia de eventos.

A Química, como qualquer outra ciência, ao desenvolver os temas de que se ocupa, deve explorar as suas potencialidades culturais. Isto é convergente com a ideia de que o primeiro requisito para ensinar bem é saber bem o que se ensina, o que supõe, não só o conhecimento dos conteúdos, mas também dos seus aspectos metodológicos, da História da Ciência e das interacções com a tecnologia, a sociedade e o ambiente. Os novos currículos tentam trazer algo desta imagem mais rica para a aula.

Creemos ser possível introduzir aspectos da História da Química de modo a que os alunos compreendam melhor a maneira como se constrói e desenvolve a Ciência, evidenciando o seu carácter hipotético e evitando visões dogmáticas acerca da mesma. A história da ciência mostra-nos que o conhecimento científico é um processo sempre em construção; de acordo com esta nova imagem, a Ciência vai construindo e reconstruindo modelos capazes de aumentar a nossa compreensão da natureza, sem que os tenhamos

INTRODUÇÃO

por definitivos e completos. Esta é também uma posição construtivista com a qual nos identificamos.

A abordagem construtivista, no ensino da ciência, preconiza que os professores devem utilizar estratégias que envolvam os alunos na (re)construção, por parte destes, do significado desejável de conceitos de modo a que aprendam significativamente. Para que tal aconteça contribui a criação de várias condições que permitam ao aluno assimilar conceptualmente o produto de novas experiências de modo a que fique bem inserido na sua estrutura cognitiva, isto é, apreendido de modo significativo e não arbitrário. E, como afirmava Novak (Mintzes *et al*, 2000), “qualquer tentativa para ensinar o conteúdo da ciência que não tenha em conta a sua complexa rede conceptual e natureza evolutiva é destinada ao fracasso, desde que o nosso objetivo seja a aprendizagem significativa e não a aprendizagem literal, memorizada” (Mintzes *et al*, 2000: 257). A utilização de recursos históricos no ensino das ciências pode facilitar a criação de tais ligações entre o que os alunos já sabem e o que precisam saber (Wandersee e Roach *in* Mintzes *et al*, 2000).

A história das ciências também poderá possibilitar definir quais foram os conceitos estruturantes presentes nos momentos de profunda transformação do conhecimento científico; conhecê-los poderá ser uma maneira de determinar os que são estruturantes do ensino (Gagliardi e Giordan, 1986). Saber quais foram os conceitos ligados ao desenvolvimento da Química poderá levar-nos a seleccionar quais são aqueles que os alunos devem construir para compreendê-la. Uma das peculiaridades da Química é a dupla focagem no microscópico e no macroscópico. A História da Química permite identificar uma das transformações conceptuais fundamentais, que se realizou essencialmente no século XIX: a ideia de que as propriedades macroscópicas da matéria estão relacionadas com a sua constituição a nível microscópico. Se uma determinada ideia serviu historicamente para superar um obstáculo epistemológico, poderá ajudar também a ultrapassar os obstáculos cognitivos dos alunos actuais (Piaget, 1977). Evitar os aspectos epistemológicos, segundo Nussbaum (*in* Mintzes *et al*, 2000), pode ser o resultado da opinião de que os estudantes não os podem compreender ou que são irrelevantes para a maioria deles. Contudo, o facto de os aspectos epistemológicos serem postos de parte pode levar a que os conceitos científicos e as teorias neles

INTRODUÇÃO

fundamentadas sejam interiorizados, quer por alunos, quer por professores como uma “verdade” inquestionável.

Muitos dos materiais curriculares existentes reforçam a ideia incorreta da Ciência como intrinsecamente positivista, uma sucessão de factos, apoiada por práticas de ensino à procura da resposta correcta pré-determinada em cada actividade. Na Química é exemplo disto o trabalho laboratorial cuja execução é seguida passo a passo com indicações infalíveis – qual “livro de receita” – e se destina a verificar o que foi dito nas aulas teóricas. Em vez de despertar os alunos para a inteligibilidade da transformação química, as experiências são realizadas sem que eles tenham de pensar no que estão a fazer, onde a imaginação e a emoção da descoberta estão completamente arredadas. Em ciência também se aprendem atitudes e valores face à própria ciência, ao seu ensino, ao mundo e à sociedade: o conhecimento atitudinal. A proposta de introduzir aspectos da História da Ciência poderá ajudar a reforçar também este importante conhecimento, provocando uma atitude positiva dos alunos face aos conhecimentos científicos, com a conseqüente melhoria do ambiente na sala de aula e no interesse daqueles em participar num processo de ensino/aprendizagem que integre as ciências como parte inseparável do saber humano em geral.

Esperamos que uma visão contextualizada da Química contribua também para desmistificar a ideia de que esta só é acessível a um reduzido número de pessoas, o que não será a melhor forma de motivar os alunos para esta ciência que, apesar de presente no dia-a-dia em aplicações tecnológicas, nem sempre é inteligível para o cidadão comum.

Creemos, assim, poder contribuir para que o estudo da Química possa proporcionar um melhor entendimento do mundo que nos rodeia. E, ao mesmo tempo, esperamos promover o desenvolvimento dos jovens, de modo a torná-los capazes de tomar decisões e encarar com confiança as situações problemáticas, as incertezas e as mudanças com que certamente se defrontarão ao longo da vida.

1.4. O “Vê” Epistemológico como Design da Pesquisa

É importante que qualquer pesquisa em educação se baseie numa reflexão profunda sobre determinados conceitos, princípios e teorias, assim como num conjunto de processos adequados de recolha de dados (Novak e Gowin, 1999).

Gowin (1981) considera a investigação científica como um modo de gerar estruturas de significados em que os elementos dessa estrutura são os acontecimentos, factos e conceitos; o que a pesquisa faz é estabelecer ligações entre eles. Esta ligação pode ser explicitada na forma de um “Vê”, ligando acontecimentos, na ponta do “Vê”, a conceitos e factos em cada um dos lados.

Partilhamos a convicção de Novak e Gowin (1999), Valadares (2000, 2001) e Moreira (2006), entre outros, de que a técnica heurística baseada no “Vê” epistemológico – também designado por “Vê” do conhecimento, “Vê” heurístico ou “Vê” de Gowin – pode ser um *design* precioso na consecução de tal propósito e, por isso, a adotámos como fio condutor da pesquisa.

Tal facto fez-nos sentir a necessidade de nos referirmos em traços gerais ao “Vê” neste Capítulo introdutório para, posteriormente, com base nele, mencionarmos as diferentes componentes da investigação, relacionando-as com a maneira como organizámos a dissertação.

O “Vê” de Gowin encontra-se representado na figura seguinte.

Figura 1.1 – “Vê” epistemológico



INTRODUÇÃO

Como atrás referimos, a forma em “Vê”, embora não haja uma razão fundamental para que seja usada, é bastante adequada, pois destaca o “ponto” – vértice do “Vê” – em torno do qual se centra a construção do conhecimento: os objetos e acontecimentos que acontecem naturalmente ou que o investigador faz acontecer a fim de fazer registos através dos quais os fenómenos de interesse possam ser observados. Por vezes, são os objetos e não os acontecimentos que proporcionam tal estudo, mas nesse caso pode dizer-se que o acontecimento é o objeto (Moreira, 2006).

O “Vê”, além de apontar para os acontecimentos/objetos em estudo, põe em evidência o problema ou, como lhe chamou Gowin, a *questão-foco*, apresentando do seu lado esquerdo a parte conceptual e a componente metodológica do lado direito.

A questão-foco ou questão-chave encontra-se no centro, pois, em rigor, pertence tanto ao domínio metodológico como ao conceptual. É a questão que identifica o fenómeno de interesse de tal forma que é provável que alguma coisa seja descoberta, medida ou determinada ao ser encontrada a resposta a essa pergunta (Moreira, 2006).

A *parte conceptual* da pesquisa refere-se ao pensamento subjacente a essa pesquisa e corresponde àquilo que o investigador sabe e como sabe e que interage com a parte metodológica da pesquisa.

Do domínio conceptual fazem parte os conceitos, os princípios, as leis e as teorias. As teorias são adotadas com base na experiência, mas também são influenciadas pelas visões do mundo e pelas convicções filosóficas de cada um (Valadares, 2000). Da análise da construção histórica da ciência ressalta que cada investigador interpretou os fenómenos e os objectos para deles extrair registos e destes factos com os sentidos contaminados por uma mente cheia de **conceitos** complexos e idiossincrásicos. Daí a grande importância do lado esquerdo do “Vê”, onde o investigador assume a sua “filosofia”, as teorias e os princípios em que se baseia e os conceitos que possui na sua estrutura cognitiva.

O lado direito do “Vê” refere-se à metodologia, entendida como a componente que corresponde à ação. Este lado poderia ser denominado por domínio factual, uma vez que tem a ver com factos nos três sentidos propostos por Gowin: acontecimentos, registos e asserções (Moreira e Buchweitz, 1993; Moreira, 2006). A partir dos registos dos

INTRODUÇÃO

acontecimentos, que acontecem naturalmente ou que se fazem acontecer, chega-se a dados, os quais sofrem transformações de modo a que se possam formular, à luz do quadro conceptual adotado, os chamados juízos cognitivos como respostas à questão-foco e, com base nestes, se procede à formulação de juízos de valor.

Este lado do “Vê” corresponde ao “fazer” da pesquisa, mas tudo o que se realiza no lado metodológico do “Vê” é orientado por conceitos, princípios, teorias e filosofias, ou seja, pelo domínio conceptual que consta do lado esquerdo do “Vê”.

Os dois lados do “Vê” são claramente interdependentes.

A pesquisa é sempre influenciada pela ideologia do pesquisador, não é por isso neutra. Por sua vez, novos juízos cognitivos podem conduzir a novos conceitos, à reformulação de conceitos já existentes, ou até mesmo, a novas teorias. As ideias de quem faz a pesquisa, o seu pensamento, influenciam a ação, mas, simultaneamente, os resultados obtidos irão aperfeiçoar os seus conceitos, alterar as suas teorias, pôr em causa os seus modelos interpretativos. Esta interação reveste-se de grande importância para a construção do novo conhecimento (Valadares, 2001, 2011).

A questão-foco ou questão central, já enunciada anteriormente, é a seguinte:

“Em que medida o recurso à História da Ciência pode melhorar o processo ensino/aprendizagem da Química e a imagem que os alunos têm desta Ciência?”

Na procura de resposta a esta questão recorreremos a vários *acontecimentos/objetos*, que nos proporcionaram a realização de *registos/factos* que, no seu conjunto, constituem o Capítulo III deste trabalho, bem como a fundamentação da metodologia seguida.

A transformação de registos e a análise dos resultados, com vista a responder à questão-foco, dá corpo ao Capítulo IV.

No Capítulo II, e em consequência da revisão da literatura produzida expõem-se os conceitos, os princípios e as teorias que constituem a vertente reflexiva desta dissertação, bem como a referência a estudos sobre o mesmo tema.

A pesquisa assentou nos seguintes *princípios*:

INTRODUÇÃO

- O conhecimento tem uma natureza construtivista.
- A aprendizagem é pessoal e idiossincrásica.
- O pensamento, os sentimentos e a ação estão presentes em qualquer experiência educativa e transformam o significado da experiência.

Convicções adquiridas através da nossa experiência levaram-nos à adoção destes princípios, ainda que sem carácter dogmático, portanto sujeitos a serem revistos ao longo desta investigação.

A partir da transformação dos dados recolhidos, produzimos os *juízos de índole cognitiva*, coerentes com o nosso quadro de referências teóricas e com os dados obtidos, com vista a responder à questão-foco.

Os *juízos de valor*, formulados a partir dos juízos cognitivos e da reflexão sobre o processo global, pretendem contribuir para a valorização do ensino da Química.

Os juízos de índole cognitiva e de valor, sugeridos pela investigação, correspondem ao Capítulo V.

CAPÍTULO II

ENQUADRAMENTO TEÓRICO DA PESQUISA

Toda a pesquisa é guiada por conceitos e teorias e, por detrás disso, encontra-se uma filosofia e “nessa filosofia há uma concepção de ciência, uma visão do mundo e do homem. (...) As asserções de conhecimento não são verdades absolutas, dependem do referencial teórico-conceptual adotado” (Moreira e Buchweitz, 1993, p.100). Ou, como afirmava Paulo Freire (1981), “A experiência ensina-nos que nem todo o óbvio é tão óbvio quanto parece. Assim, é com uma obviedade que começamos este trabalho: toda a prática educativa envolve uma postura teórica por parte do educador.” A educação é um compromisso entre ação e reflexão, entre prática e teoria, tendo subjacente uma constante (re)avaliação.

Não haver uma forma fácil de isolar uma ou algumas variáveis e controlar todas as outras na atividade de educar acentua a complexidade deste processo, que envolve, segundo Schwab, quatro “lugares-comuns”: professor, aluno, currículo e meio ou, enunciado de outra forma, o ensino, a aprendizagem, o currículo e a governança. Nenhum deles é redutível a qualquer um dos outros, são todos distintos, porém cada um é influenciado pela natureza dos outros três (Novak e Gowin, 1999).

Procurar melhorar a educação implica pensar sobre esses fatores, mas, como adverte Valadares (1995b), quaisquer modificações para que tenham implicações favoráveis devem assentar em ideias filosóficas seguras e atuais, nomeadamente no que concerne às origens, formas e natureza do conhecimento científico, à sua evolução histórica, à demarcação entre Ciência e não-Ciência. Ou seja, dirigir a nossa atenção na procura e adequação de aspetos da epistemologia que possam ser relevantes no âmbito da educação em Ciência.

2.1 - Enquadramento Epistemológico

A teoria do conhecimento aparece pela primeira vez como teoria autónoma na Idade Moderna, ainda que, na filosofia antiga, especialmente em Platão e Aristóteles, seja possível encontrar numerosas reflexões epistemológicas. Para os Gregos e vários

filósofos medievais, a questão “o que é o conhecimento?” identificava-se frequentemente com a pergunta “o que é a realidade?” (Hessen, 1987).

Poderia presumir-se que o propósito da teoria do conhecimento se restringe, no essencial, à descrição do fenómeno do conhecimento, mas que tal não implica nem a sua interpretação nem a sua explicação filosóficas. Contudo, a descrição do fenómeno do conhecimento, segundo Hessen (1987), tem apenas um significado preparatório. A sua finalidade é levar-nos até ao problema do conhecimento, mas não a resolvê-lo.

Atingimos o problema central do conhecimento quando nos fixamos na relação do sujeito que conhece e do objeto do conhecimento.

No conhecimento, consciência e objeto encontram-se frente a frente e é a relação entre eles, este dualismo *sujeito/objeto*, que corresponde à sua essência (Hessen, 1987).

Pode o sujeito apreender realmente o objeto? E qual dos dois é o factor determinante no conhecimento físico? Qual é o papel do sujeito no conhecimento físico? Comporta-se passivamente perante uma realidade objectiva que lhe é exterior? Ou chega ao ponto de construir ele próprio a realidade, que é subjectiva? Ou seja: independentemente do sujeito, o objecto existe ou não?

Face a este problema da essência do conhecimento, surgiram historicamente duas grandes correntes opostas: o *realismo* e o *idealismo*.

Segundo o *realismo*, há objectos reais absolutamente independentes do sujeito cognoscente, sendo este capaz de conhecer esses objectos exactamente tal como são em si mesmos; por isso, o objecto é prioritário em relação ao sujeito e o pensamento uma maneira de expressar uma realidade que determina o primeiro e que é exterior ao segundo. Uma posição extrema conduz-nos ao *realismo ingénuo*, em que o conhecimento procura ser a representação estrita de um mundo ontológico externo. Este realismo não se acha influenciado por qualquer reflexão crítica acerca do conhecimento. É a atitude do homem comum, para o qual as coisas são, segundo ele, tal como as percebemos.

Outra posição é a do *realismo natural*, resultado de uma consciência natural, já influenciado por reflexões críticas sobre o conhecimento. Para os realistas naturais o conteúdo da percepção é diferente do objecto; contudo, defendem uma correspondência exacta entre os dois.

Consciente do problema da relação entre as representações e a realidade temos o *realismo crítico*. O realismo crítico considera que todas as propriedades ou qualidades das coisas que apreendemos através dos sentidos existem unicamente na nossa consciência; essas qualidades emergem quando certos estímulos externos actuam sobre os órgãos dos sentidos. São reacções da consciência e como tal dependem da estrutura desta. As nossas representações atingem uma realidade independente, mas nem tudo o que está na representação se deve ao objecto ou coincide com ele. Não têm carácter objectivo, mas para explicar o aparecimento destas qualidades é necessário supor que nas coisas existem determinados elementos objectivos e causais.

Segundo Hessen (1987), estas três formas de realismo já se encontram na filosofia antiga. O realismo ingénuo é próprio da generalidade dos primeiros filósofos gregos, embora Demócrito perfilhe um realismo crítico, ao considerar que os átomos conferem propriedades quantitativas aos corpos e que os aspectos qualitativos devem considerar-se como acção dos sentidos e devem, por isso, ser atribuídos ao sujeito. Em oposição, Aristóteles defende o realismo natural, que predominou até à Idade Moderna.

Galileu, Descartes e Newton levaram a que se reavivasse o *realismo crítico*, considerando que a matéria só apresenta atributos espaço-temporais, quantificáveis, verdadeiramente reais e objectivos e relegando temporariamente para segundo plano os atributos qualitativos subjectivos. Esta secundarização das propriedades não quantificáveis pela Ciência do século XVI e seguintes não significa que essas propriedades se revistam apenas de aspectos subjectivos (Valadares, 2007).

O realismo crítico socorre-se de razões proporcionadas pela Física, pela Fisiologia e pela Psicologia para interpretar o conhecimento, ao mesmo tempo que assegura a realidade física por uma via racional.

Ao contrário do realismo, o ***idealismo*** considera determinante o sujeito cognoscente, já que segundo esta posição filosófica o conhecimento é inerente ao sujeito (ou sujeitos), sendo o produto da sua consciência individual (ou colectiva). Defende a tese de que não há coisas reais independentes da consciência.

Eliminadas as coisas reais, os objectos agrupam-se em duas classes: os de consciência, como os sentimentos, as representações, etc, e os ideais, que correspondem

aos objectos da Lógica e da Matemática. Consoante o modo como os pretensos objectos reais exteriores ao sujeito são encarados, temos dois grandes tipos extremos de idealismo (Hessen, 1987): o subjectivo ou psicológico e o objectivo ou lógico. Para os *idealistas psicológicos* ou *subjectivos* cada sujeito determina os limites e a validade da realidade que conhece; a realidade está encerrada na consciência de cada sujeito individual. Os *idealistas lógicos* ou *objectivos* consideram que a realidade corresponde a uma consciência lógica e global, como é a consciência objectiva da Ciência, tal como se exprime nas obras científicas.

Numa *súmula comparativa*, poderemos dizer (Valadares, 2007) que, perante um dado objecto do conhecimento:

- o *realista* vê-o como algo real, uma parte do mundo exterior que conhecemos melhor ou pior;
- o *idealista psicológico* encara-o como um conteúdo da sua própria consciência, um produto exclusivo do processo psicológico de apreensão do objecto.
- o *idealista lógico* olha-o como um simples produto lógico do pensamento, uma construção mental com base em ideias provenientes de uma consciência colectiva.

Kant procurou uma síntese superadora entre o idealismo e o realismo, o *fenomenalismo* ou *fenomenismo kantiano* (Hessen, 1987), segundo o qual existem coisas reais, mas não as conhecemos como são em si, mas como se nos apresentam. Assim, não temos “a coisa em si”, mas a coisa como se nos apresenta, ou seja o fenómeno. O conhecimento dos fenómenos assenta numa elaboração do material sensível em relação às formas a priori da intuição e do entendimento.

O fenomenalismo admite um mundo real tal como o realismo, mas, ao limitar o conhecimento à consciência e conseqüentemente ao impor a impossibilidade de conhecer as coisas em si, é uma forma de idealismo.

A posição, fundamentada em Kant, de que somos nós que ordenamos o mundo através do nosso pensamento não pode significar que o sujeito determina os objectos das sensações, segundo uma perspectiva idealista, o que seria contrário à própria filosofia kantiana, pois as categorias aprioristas kantianas, por si só, não constituem conhecimento

do mundo; associado ao próprio mundo, tem de existir um fundamento objectivo que condiciona o emprego destas categorias.

Na perspectiva kantiana, se não houvesse propriedades objetivas na Natureza que conhecemos com a Ciência, não seria possível conhecer os objectos ou fenómenos físicos. Mas, se por um lado nada garante que as representações construídas pela Ciência sejam a autêntica realidade exterior que essa ciência procura conhecer, por outro lado, o princípio de que não correspondem a essa realidade exterior e, portanto, de que ficam abarcadas numa consciência científica como meros conteúdos desta, sem relação com os objectos exteriores a ela, é indefensável (Valadares, 2007).

Mas ao considerarmos que o sujeito cognoscente tem uma estrutura dualista, ao mesmo tempo racional e sensível, pergunta-se qual é a base do conhecimento: a razão, fonte do conhecimento lógico, ou a experiência, em que assenta o conhecimento sensível? Ou, dito de outro modo, qual é a origem do conhecimento?

O **empirismo**, como posição filosófica geral, defende que todo o conhecimento tem como fundamento a experiência; comum aos empiristas existe a concepção do sujeito cognoscente como um “recetáculo”, no qual ingressam os dados do mundo exterior, transmitidos pelos sentidos mediante a percepção. Para conhecer, segundo uma epistemologia empirista, o sujeito parte sempre de uma observação – o dado – a partir da qual procura sistematizar ideias e todos os conceitos que procedem da experiência, incluindo os mais gerais e abstratos (Hessen, 1987; Mora, 1991).

A tradição empirista-positivista implica a perspectiva de que os factos científicos estão à espera de serem “descobertos” por quem souber e quiser ouvir o que a natureza tem para dizer. A interpretação dos dados, dos factos fornecidos pela experiência sensível, desde que feita de maneira correta, segundo as regras e a sequência de passos de um método dito “científico”, conduzirá ao conhecimento científico.

O empirismo opõe-se à tese do **racionalismo**, posição epistemológica que atribui ao pensamento, à razão, a origem principal do conhecimento humano. Em termos gerais, segundo o racionalismo, um conhecimento só merece, realmente, este nome quando é logicamente necessário e universalmente válido. O conhecimento matemático,

predominantemente conceptual e dedutivo, serviu de modelo à interpretação racionalista do conhecimento (Hessen, 1987).

O racionalismo teve o mérito de fazer ressaltar o fator racional na construção do conhecimento humano, mas peca ao considerar que apenas o pensamento é a fonte de conhecimento.

Durante um longo período, a Ciência foi tida como estática e imutável, quer quando encarada sob o ponto de vista empirista, quer sob o ponto de vista racionalista (Matthews, 1998b).

Kant procurou não seguir os passos dos grandes racionalistas do século XVII, mas superar esse racionalismo sem cair no empirismo.

A contribuição de Kant revelou-se decisiva para a superação da dicotomia entre empiristas – para os quais a experiência e a sensação seriam as únicas fontes de conhecimento – e inatistas, que excluía a experiência em nome de ideias inatas. Kant procurou dar uma fundamentação crítica do conhecimento científico da natureza:

«O nosso conhecimento provém de duas fontes fundamentais do espírito, das quais a primeira consiste em receber representações (a receptividade das impressões) e a segunda é a capacidade de conhecer um objeto mediante estas representações (espontaneidade dos conceitos); pela primeira é-nos *dado* um objeto; pela segunda é *pensado* em relação com aquela representação (como simples determinação do espírito).»

Kant, Immanuel, *Crítica da Razão Pura*,
Trad. Manuela Pinto dos Santos e Alexandre Fradique Morujão, F.C. Gulbenkian, Lisboa,
1985: 88.

Para este filósofo, os nossos conhecimentos começam pela experiência sensível, mas esta é mediatizada por conceitos, é organizada e estruturada por quadros de categorias próprios do nosso espírito. Kant sustentou, ao mesmo tempo, o papel ativo do sujeito na cognição e a possibilidade do conhecimento objetivo do mundo exterior, a ideia de que o conhecimento é mais do que uma crença e a de que constitui uma elaboração intelectual, mas nunca um mero registo passivo de sensações, (Silva e Pinto, 1999) numa síntese superadora entre o idealismo e o realismo; segundo o fenomenalismo ou fenomenismo kantiano (Hessen, 1987), existe um mundo real constituído por “coisas em si”, mas o nosso entendimento não tem acesso às coisas tal como elas são “em si”. O nosso conhecimento fica restringido ao mundo dos

fenómenos – o mundo das coisas tal como nos surgem e se revelam à nossa consciência; o pensamento humano através da interação com os objectos constrói a racionalidade do mundo.

Na sequência da posição dialeticamente superadora de Kant, atualmente muitos pensadores encaram também o conhecimento numa perspectiva que não é meramente racionalista nem exclusivamente empirista.

A Psicologia contribuiu para a superação dos dualismos redutores que opõem, em termos absolutos, sujeito e realidade exterior, ao mostrar como os processos cognitivos se articulam com as outras componentes do comportamento; evidenciou que a formação dos nossos conceitos sofre a influência da experiência, mas provou também que os conceitos são algo especificamente diferente das percepções; o conhecimento humano resulta do fator racional e do fator empírico. Demonstrou, além disso, “que até nas mais simples percepções está contido um pensamento” (Hessen, 1987: 80 – 81). O que percebemos é já um conjunto de informações selecionadas e estruturadas segundo certas leis de organização e em função de experiências passadas e de interesses do sujeito.

A teoria do conhecimento é, portanto, essencialmente, “uma teoria da adaptação do pensamento à realidade, ainda que essa adaptação acabe por revelar, como aliás todas as adaptações, a existência de uma indestrinçável interação entre o sujeito e os objetos” (Piaget, 1976: 37).

O **construtivismo**, como sugere a própria designação, tem como ideia essencial a de que o conhecimento é construído pelo sujeito do conhecimento. Convém, porém, esclarecer que há diversas formas de construtivismo, a que correspondem também diferentes pontos de vista no que à origem, natureza e validade do conhecimento dizem respeito.

Como afirma Mahoney (1991), fazendo o construtivismo parte duma árvore genealógica cognitiva, ramifica-se em várias direções, com uma história rica na filosofia, na psicologia e na educação.

Para, de certo modo, sistematizar esta situação Phillips (1998) considera dois tipos principais de construtivismo, cada um dos quais apresentando vários ramos com diferenças entre eles. Estes dois grupos principais seriam o construtivismo psicológico e o construtivismo social.

Dougiamas (1998) distingue os construtivismos trivial e radical, o construtivismo social, o construtivismo cultural e o construtivismo crítico.

Segundo Osborne (1996), o construtivismo surgiu como uma reação às epistemologias empiristas e racionalistas que fundamentaram as reformas curriculares dos anos 60 e 70, ao alertar para a individualidade cognitiva de cada aprendente, para os contextos em que aprende e para a envolvimento social da aprendizagem.

A visão do construtivismo, segundo Valadares (2011), fica esclarecida se distinguirmos duas grandes categorias de epistemologias construtivistas: as radicais e as não radicais.

O **construtivismo radical** não assume o carácter representacional do conhecimento; as teorias tradicionais da correspondência são rejeitadas e substituídas por um relato que relacione a verdade com a organização eficaz ou viável da atividade (Cobb, 1996) e os argumentos teóricos que o sustentam são, essencialmente, epistemológicos (Cobb, 1996) e foram desenvolvidos por Glasersfeld na década de setenta. Segundo este, desde há muito tempo, as pessoas reconhecem que cada um constrói novas ideias baseadas nas ideias que já possui, daí que este construtivismo seja por ele designado de construtivismo “trivial”, por oposição ao movimento “radical”, que corta com a tradição da representação cognitiva (Novak, 1990b; Nola, 1998). No entanto, ainda há muitas pessoas que pensam que as nossas ideias são baseadas fundamentalmente nos factos e resultam da transmissão das ideias dos outros, tal como se tratasse de uma espécie de fluido a propagar-se da mente dos professores para os alunos (modelo de ensino clássico, a que alguém também chamou «modelo do tubo»). Ou, pelo menos, se não pensam assim, atuam como se acreditassem neste modelo.

Os princípios em que assenta o construtivismo radical são os seguintes:

- “O conhecimento não é recebido passivamente, nem pelos sentidos, nem por meio de comunicação;

- o conhecimento é construído ativamente pelo sujeito cognitivo.
- A função da cognição é adaptável, no sentido biológico do termo, tendendo para a adaptação ou viabilidade;
- a cognição serve a organização do mundo experiencial do sujeito, não a descoberta de uma realidade ontológica objetiva” (Glaserfeld, 1996a: 97).

O construtivismo radical faz apelo a uma ideia de conhecimento construído pelo sujeito, necessariamente subjetivo, com viabilidade em termos de relação sujeito/mundo, negligenciando como finalidade a realidade e o seu conhecimento objetivo.

Ainda que tenha contribuído para a evolução do metac conhecimento, o construtivismo radical não tem escapado a críticas, devido ao seu relativismo: não é possível comparar objetivamente as nossas representações do mundo exterior com a realidade exterior de maneira a saber se estas se vão aproximando ou não dessa realidade. Ideias melhores, para os construtivistas radicais, são as que melhor se adequem à experiência, mas não necessariamente as que estiverem mais próximas de uma representação objetiva do mundo. Daí resulta que o conhecimento científico não se distingue de outras formas de conhecimento pelos seus métodos ou méritos.

Ora, como afirma Pestre (1999: 347), “reconhecer que a nossa condição não é divina, que contribuimos para a construção do nosso mundo social, e que a ciência não é a palavra de Deus, não implica assim que tudo se equivalha”.

Glaserfeld tem argumentado que o construtivismo radical não visa a descrição da “verdade”. O assunto centra-se mais em como facilitar a produção criativa e não em como estreitar os critérios de prova ou refutação (Novak, 1990b).

Nola (1998) faz uma crítica contundente ao construtivismo radical, rebatendo várias das afirmações enunciadas por Glaserfeld. Por exemplo, em relação à afirmação de que nenhum conhecimento da realidade é possível, anterior ou independentemente da experiência, incluindo objetos vulgares, bem como entidades não observáveis postuladas pela Ciência, Nola chama a atenção para o facto de que tal asserção é incompatível com a possibilidade dos cientistas terem realizado descobertas acerca da inércia, energia, electrões, etc. O relativismo da afirmação de Glaserfeld de que “o que existe e aquilo

que é «verdade» é-o relativamente às estruturas conceptuais que cada um de nós construiu” aproxima-se do solipsismo; além disso, “ao afirmar que os objetos são meras construções com viabilidade, Glasersfeld torna-se tão radicalmente idealista como Berkeley. (...) Em suma, o construtivismo radical é uma mistura insustentável de doutrinas antirrealistas desde o empirismo, ceticismo, solipsismo e relativismo à sociologia do conhecimento científico com uma dose de anti-racionalidade” (Nola, 1998: 49).

Os construtivistas não radicais defendem o conhecimento como representação mais ou menos aproximada da realidade do objeto a que se refere. Não negam alguma objetividade e realismo ao conhecimento.

Entre as diversas formas de encarar a natureza construtivista do conhecimento há que destacar o **construtivismo humano** de Novak que é ao mesmo tempo cognitivista e humanista, sem descuidar a importância dos fatores sociais na produção e na aprendizagem do conhecimento; integra o contexto, a cultura, o afeto e a História como fatores explicativos essenciais para a compreensão do desenvolvimento.

Da perspectiva do construtivismo humano, o conhecimento não é uma mera transcrição dos acontecimentos e dos objetos, que podem ser fielmente transmitidos, quer por observação direta da Natureza, quer de uma pessoa para outra, mas sim uma estrutura idiossincrásica e hierarquicamente organizada de conceitos relacionados entre si, construída ao longo do tempo através de um processo que impõe a ligação consciente de novos conhecimentos a conhecimentos já existentes.

O construtivismo humano é epistemologicamente superador, já que não atribui uma supremacia epistemológica nem ao sujeito que constrói os seus próprios significados acerca do mundo nem a este próprio (Valadares, 2011).

O construtivismo com o qual nos identificamos admite que o ser humano nasce com determinadas características genéticas e com uma predisposição biológica para a aprendizagem e que as primeiras ideias surgem muito cedo para servirem de «âncora» na construção de novos conhecimentos, num percurso muito pessoal; supera

dialeticamente velhos problemas filosóficos, como o da existência de um conhecimento pleno do mundo, o da origem do conhecimento e o da natureza desse conhecimento:

“O construtivismo é um paradigma que poderá, quando encarado de uma forma adequada às características do conhecimento científico, ultrapassar dialeticamente as grandes antíteses filosóficas que surgiram a respeito dos grandes problemas acerca desse conhecimento: dogmatismo/ceticismo; racionalismo/empirismo; realismo/idealismo” (Valadares, 2000: 11).

O ponto de vista construtivista que encara o conhecimento como um processo dinâmico acarretou uma visão mais subjetiva, humanística e social da Ciência (Valadares 2001). Supera a dicotomia entre correntes filosóficas extremas, quer sejam racionalistas ou empiristas, e advoga que o conhecimento é uma construção da inteligência humana que vai criando novas estruturas a partir dos conhecimentos disponíveis (Novak, 1988b, 1990a; Mellado e Carrecedo, 1993; Armella e Waldegg, 1998; Valadares, 2001).

2.1.1 - O Problema da Validade e da Demarcação da Ciência

Poderá o ser humano constituir-se como um sujeito conhecedor da autenticidade dos objetos que o rodeiam? Qual ou quais os critérios que conferem validade ao conhecimento físico do mundo? Como estabelecer a distinção entre Ciência e não-Ciência? Estas interrogações remetem-nos para outros problemas epistemológicos, que se colocam ao conhecimento científico e que são os da sua validade e demarcação.

O dogmatismo e o ceticismo são duas posições antagónicas a respeito da validade do conhecimento científico para a compreensão do mundo que procuram dar resposta à questão “qual a possibilidade do conhecimento?”.

O **dogmatismo**, que significa “doutrina fixada”, assume que o homem tem meios para alcançar a verdade e ter a certeza de que a atingiu, pois a percepção de um objeto leva-o a crer na existência do mesmo, não duvidando sequer que esse conhecimento possa ser posto em causa.

Os dogmáticos consideram que os objetos do conhecimento nos são dados de uma forma absoluta; não experimentam qualquer dúvida e não se confrontam com ela, na

medida em que ainda não problematizaram o conhecimento. Esta posição assenta numa confiança na razão humana que ainda não está enfraquecida pela dúvida.

Os filósofos gregos mais antigos eram dogmáticos no sentido mais literal do termo. Assumiam uma posição epistemológica segundo a qual o conhecimento, quando se alcança, é um facto consumado, absoluto e indiscutível (Hessen, 1987).

Para Kant a palavra *dogmatismo* tinha um significado essencialmente metafísico, transpondo-o mesmo para o campo da religião. Entendia-o como uma espécie de culto do dogma, a atitude de quem se socorre da metafísica por incapacidade de encontrar uma explicação através da razão humana.

Até finais do século XIX, sucessivos triunfos da Ciência consolidaram em muitos cientistas uma visão cada vez mais dogmática acerca do conhecimento físico.

Hoje podemos considerar como dogmática a visão da Ciência que transcende os limites da sua validade, a atitude de quem depõe no poder do conhecimento científico uma confiança cega para traduzir um conhecimento verdadeiro e completo do mundo em que vivemos (Valadares, 2007).

Opondo-se ao dogmatismo, o **ceticismo** na sua forma mais extremada nega a possibilidade de conhecimento.

O ceticismo encontra-se, principalmente, na antiguidade e foi assumido pela primeira vez por Pirrón. Segundo este, nada pode ser considerado verdadeiro ou falso, bom ou mau, ou seja: há que evitar todo o juízo. Esta forma de ceticismo radical ou absoluto é contraditória e insustentável uma vez que, ao defender a impossibilidade de atingir um conhecimento verdadeiro, está a expressar uma verdade.

O ceticismo académico (Hessen,1987) não é tão extremado. Considera que não podemos ter certezas, mas apenas probabilidades, distinguindo-se do pirrónico porque admite a possibilidade de se atingir uma opinião provável. Contudo, o conceito de probabilidade supõe que há uma aproximação à verdade pelo que esta forma de ceticismo junta a uma contradição uma nova contradição.

Na história da filosofia, o ceticismo apresenta-se como antítese do dogmatismo. Os sofistas em geral problematizaram o conhecimento e contribuíram para erradicar o

dogmatismo radical. Eles, com o seu relativismo e subjetivismo, foram célticos, não no sentido de defenderem a não existência de qualquer conhecimento, mas por limitarem a validade do conhecimento ao sujeito que conhece e julga essa validade (Cordon e Martinez, 1983, 1º volume citado por Valadares, 2007).

Tanto o relativismo como o subjetivismo são formas de ceticismo. Sem negar a possibilidade da existência de conhecimento válido, o **relativismo** faz dependê-lo de fatores associados ao meio a que está ligado o observador, à época em que vive, ao ambiente cultural onde está inserido, ou seja, a fatores extrínsecos, enquanto para o **subjetivismo** esses fatores são intrínsecos ao próprio sujeito, têm a ver com a natureza deste.

Em Descartes, que defendeu o recurso à dúvida metódica, não existe um ceticismo de princípio, mas sim acerca do método de estabelecer o conhecimento.

Na Idade Moderna, Montaigne e David Hume manifestaram uma atitude cética. O primeiro no campo da reflexão ética, o segundo quanto à metafísica.

Segundo o ceticismo metafísico, designado habitualmente de **positivismo**, o conhecimento fica restringido aos factos provenientes da experiência, ao positivamente dado, evitando qualquer consideração metafísica. David Hume não considerava possível a distinção entre os objetos e as sensações que têm a sua proveniência naqueles.

Mas se os objetos se identificam com as sensações e estas dizem respeito ao sujeito como podemos saber que aqueles existem a não ser no nosso mundo sensorial? Esta questão conduziu a um ceticismo acerca da possibilidade de conhecer qualquer realidade exterior autónoma do sujeito cognoscente, uma vez que as sensações estão no sujeito. O pensamento filosófico de Berkeley evidencia este ceticismo e nele se baseia o moderno construtivismo radical (Valadares, 2007).

Sendo o ceticismo uma posição negativa – negação da possibilidade de conhecimento – assume um cariz positivo no pragmatismo. Este substitui o conceito de verdade como sendo a concordância entre o pensamento e o ser por um outro que privilegia a dimensão prática do homem; a verdade de um conhecimento mede-se pela sua utilidade, pela sua eficácia. O valor do pragmatismo assenta fundamentalmente na

referência à ligação entre a vida e o conhecimento, mas ignora o valor próprio e a autonomia do pensamento humano.

Enquanto o dogmatismo ignora o sujeito, o ceticismo fixa-se no sujeito, nos fatores subjetivos do conhecimento.

Uma posição intermédia entre dogmatismo e ceticismo é o **criticismo**. Adotar esta posição filosófica é aceitar que é possível o conhecimento, é partilhar com o dogmatismo a crença e confiança na razão humana, mas ao contrário deste admitir que a razão e os sentidos podem ser enganosos; é anuir que o conhecimento dos objetos é afetado pelo próprio processo do conhecimento, podendo ser mais ou menos controverso e questionável. O criticismo não aceita sem crítica as afirmações da razão, não é dogmático nem cético, mas sim reflexivo e crítico (Hessen, 1987); admitindo a existência de fatores psicológicos, sociais e culturais que possam influenciar o conhecimento, demarca-se do ceticismo subjetivista e do relativista ao recusar que a validade daquele fique condicionada por estes fatores.

Os criticistas apesar de reconhecerem, tal como os pragmatistas, que para a validade do conhecimento científico contribui o seu valor, a sua aplicabilidade (e que nem sempre tem sido utilizado para fins proveitosos) discorda do pragmatismo que substitui a validade transcendente, axiológica do conhecimento por outra em que *válido* seria *útil, valioso, fomentador da vida* (Valadares, 2007).

O verdadeiro fundador do criticismo é Kant depois de ter passado pelo dogmatismo e pelo ceticismo, duas posições, segundo ele, exclusivistas (Hessen, 1987).

Como afirma Valadares (2007), atualmente não é propriamente o criticismo de Kant que é defendido, mas toda a influência que teve numa perspectiva adequada do construtivismo, que nos proporciona uma análise correta do conhecimento científico e dos seus limites de validade. Mais do que uma posição filosófica, é uma autêntica atitude metodológica sugerida para o pensamento científico poder atingir o conhecimento do mundo físico. Assenta numa atitude crítica em relação ao conhecimento que se vai produzindo, às fontes em que nos baseamos para esta construção, aos raciocínios em que se fundamenta. É algo que se deve cultivar com a educação científica e desde muito cedo.

2.1.1.1 - O conceito e o critério de verdade

Se durante a Idade Média se aceitava o critério da autoridade como garantia de um conhecimento verdadeiro, a própria problematização do conhecimento implica igualmente a discussão acerca do seu valor. Não basta que os nossos juízos sejam verdadeiros, precisamos de saber que o são.

Os primeiros filósofos gregos eram realistas ingênuos dogmáticos que não questionavam a validade do seu conhecimento. Para eles o conhecimento válido seria uma reprodução da realidade; a verdade do conhecimento consistia na concordância do conteúdo do pensamento com o objeto sobre o qual se foca. Tinham um **conceito transcendente de verdade**, tal como os filósofos naturalistas e empiristas mais ligados às Ciências da Natureza e que consideravam que o conhecimento tinha sua origem na experiência. Por outro lado, os pensadores racionalistas viam no rigor da Matemática o modelo da verdadeira Ciência; com base nela, na coerência lógica e no raciocínio dedutivo atingir-se-ia a verdade acerca da essência dos fenômenos. Trata-se de um **conceito imanente de verdade**, sustentado na coerência interna do conhecimento, em que a verdade do pensamento está na sua concordância com as leis que o regem (Valadares, 2007).

Atualmente, considera-se que a validade da Ciência assenta, quer em critérios de verdade imanente, resultado da sua coerência interna e da partilha de ideias de quem a constrói, quer em critérios de verdade transcendente referentes à adequabilidade dos modelos físicos aos objetos/acontecimentos para os quais foram construídos (Idem).

As instituições sociais têm um papel estabilizador e regulador do conhecimento científico, designadamente na discussão sobre o que é e não é Ciência – o problema da demarcação da Ciência –, pontuando um percurso conceptual cujos marcos importa assinalar (Canavarro, 1999).

Historicamente o primeiro grande critério que demarca a Ciência da não-Ciência ou da pseudociência é o da **racionalidade intrínseca**. Já os filósofos gregos, como foi dito anteriormente, defendiam um cosmos racional e ordenado onde os fenômenos não aconteciam ao sabor do acaso, mas de acordo com uma certa ordem; cada corpo estaria

em mudança, em transformação, consoante a sua natureza, pelo que o Universo patentearia um constante dinamismo, porém suscetível de ser conhecido.

Tal não significa que se considere a razão a origem do conhecimento ou a mente capaz de apreender a verdade absoluta. O que se pretende traduzir é a Ciência vista como uma construção da mente humana coerente com os dados empíricos num esforço de tornar racional e compreensível o mundo físico, sem ter a pretensão de o conhecer totalmente.

A estratégia da investigação científica não pode, pois, continuar a ser definida à maneira da filosofia clássica, invocando normas lógicas consideradas imutáveis e procurando fixar para sempre as condições de possibilidade e coerência científicas.

Outro critério que contribui para a demarcação do conhecimento é o da **objetividade**, cujas origens remontam à filosofia de Francis Bacon e que ainda hoje continua a influenciar a distinção entre Ciência e não-Ciência. Com base no trabalho daquele filósofo e de outros nele inspirados, divulgou-se a ideia de que a interpretação dos dados, dos factos fornecidos pela experiência sensível, desde que feita de maneira correta, segundo as regras e a sequência de passos de um método dito “científico”, conduzirá ao conhecimento científico garantindo a sua objetividade. O “método científico” surge muitas vezes apresentado como uma prescrição infalível para a descoberta de novos conhecimentos. O cientista observa, formula hipóteses, recolhe dados, transforma-os, tira conclusões e descobre qualquer coisa, como se o conhecimento já se encontrasse pronto a ser descoberto (Moreira e Buchweitz, 1993). Não existe um método único de fazer ciência, e embora a descoberta possa ter uma função na produção de novo conhecimento, ela será apenas uma das actividades envolvidas na sua produção (Novak e Gowin, 1999).

Outros critérios surgiram na demarcação da Ciência da não-Ciência: um deles é um **critério imanente de validade** baseado na consensualidade fundamental das teorias científicas dentro das respetivas comunidades. Ao contrário do que sucede noutras, os membros de uma comunidade científica na sua grande maioria estão de acordo quanto aos factos, teorias e previsões.

A **universalidade** das leis é uma outra característica da Ciência, talvez a sua marca

mais profunda e mística (Valadares, 2007)).

Outros dois critérios de demarcação entre Ciência e não-Ciência são a **positividade** e a **flexibilidade**. Enquanto o primeiro consiste num total e profundo respeito pelos dados da observação experimental e uma adaptação escrupulosa a eles, para o segundo considera-se que a ciência se vai adaptando aos novos dados recolhidos da observação.

Com Auguste Comte reforçou-se a visão positivista da Ciência. Esta passou a ser vista como um saber fundamentado em factos reais e verdadeiros, bem definido e organizado, constituindo um modelo para toda a forma de conhecimento. A *validade* da ciência alcançou, assim, um carácter *transcendente*, baseando-se essencialmente na verdade dos factos, como foram revelados ao sujeito pela natureza de modo objetivo. O conhecimento só é válido se sustentado em factos experimentais.

Como afirma Bronowski (1992), a cultura do século XX não se deixa caracterizar com facilidade, mas “o princípio fundamental que impulsiona a nossa sociedade (...) é a exigência de que o ponto de partida dos nossos atos tem de ser o conhecimento verificável”.

Com este **critério da verificabilidade**, o neopositivismo procurou desqualificar toda e qualquer proposição metafísica, por não ser experimentalmente verificável. Mas este critério, só por si, tem um valor limitado por partir de um equívoco: o de que é possível fazer corresponder a uma teoria científica um número finito de situações verificáveis pela experiência.

Face ao problema da demarcação, **Popper** sustentou como critério, a *falsicabilidade* como resposta aos problemas suscitados pelo critério da verificabilidade. Defendeu que no centro da atividade científica se encontrava o que ele chamava “Conjeturas e Refutações”: imaginam-se experiências para testar as conjeturas feitas, que ou são corroboradas ou são refutadas.

“Estas conjeturas ou *antecipações*, esplendidamente imaginativas, ousadas, são, contudo, cuidadosamente controladas por testes sistemáticos. Uma vez elaborada, nenhuma dessas *antecipações* é dogmaticamente defendida. O nosso método de pesquisa não se orienta no sentido de defendê-las para provar que tínhamos razão. Pelo contrário, procuramos contestar essas *antecipações*.” (Popper, 1972: 306)

Para Popper, as teorias científicas são teorias potencialmente falsificáveis, geradoras de um maior número de observações potencialmente capazes de refutá-las e

contribuem, dessa maneira, muito mais para o progresso da Ciência do que as teorias que procuram dar resposta a todos os problemas. Ainda que não se possa dispor de métodos para provar a verdade dos enunciados científicos, existem meios para provar se são falsos. O progresso científico dependeria fundamentalmente da revisão crítica das nossas conjeturas prévias e decorreria dos sucessivos desmoronamentos por falsificação das teorias e da sua substituição por outras mais satisfatórias. Por outras palavras, a Ciência é entendida como progredindo pela eliminação de erros, e não pela acumulação de confirmações, e cresce por sucessivas conjeturas e refutações. Tal tarefa não tem fim, pois pode ser sempre continuada.

Popper, à semelhança de Bachelard, encara os erros como positivos, pois é a partir/ou com base na correcção desses erros que aumentamos o nosso conhecimento. Contudo, para Bachelard, ao contrário de Popper, não se trata apenas de reconstituir a lógica da descoberta, mas, também, a psicologia da descoberta.

A cientificidade de uma teoria, segundo Popper, resultará da sua disponibilidade para se submeter a testes empíricos “severos” e a experiências “cruciais”, capazes de a refutar se não for verdadeira.

Popper gostava de se chamar um *dedutivista*, porque o tipo de raciocínio que usamos, segundo ele, é dedutivo. Afastou-se dos empiristas lógicos, que defendiam um tipo muito diferente de raciocínio – a indução (Hacking, 1999). Considerava a impossibilidade de provar positivamente qualquer teoria, atendendo a que a generalização se faz forçosamente a partir de um número limitado de observações.

De acordo com Popper (1972: 308), “o velho ideal científico da *episteme* – do conhecimento absolutamente certo, demonstrável – mostrou não passar de um «ídolo». A exigência da objetividade científica torna inevitável que todo o enunciado científico permaneça *provisório para sempre*”.

Segundo Gieryn (1995, citado por Canavarro, 1999), os construtivistas apresentam como principal crítica ao trabalho de Popper a questão da reprodução no quadro lógico da falsicabilidade. Para esses críticos, a falsicabilidade é considerada como uma condição lógica, mas a falsificação, que lhe subjaz, é tida como um ato, como uma ação prática, o que a pode tornar um pouco ambígua. Além disso (Valadares, 1995), Popper apenas se

preocupou com a forma como são testadas as hipóteses, não se interessando pelo modo como são geradas, aspecto esse tido como importante no construtivismo humano.

O consenso paradigmático constitui, para **Kuhn** (1970), um critério de separação entre a Ciência e a não Ciência.

Para este epistemólogo e historiador da Ciência, a noção de *paradigma* como um conjunto de crenças, valores e técnicas partilhados e aceites por uma comunidade científica introduz a noção de uma Ciência não linear, mas descontínua (Gieryn, 1995 citado por Canavarro, 1999).

Segundo Kuhn, existem períodos de Ciência *normal* em que domina um determinado paradigma. O paradigma determina quais os aspetos do mundo que o cientista estuda e os tipos de explicações que aceita. Mais ainda, inclui o modo como vê os dados, as leis e as teorias. Durante este período, há acordo na orientação a dar à investigação, nos métodos e nos instrumentos a utilizar, assim como nos tipos de explicações plausíveis.

Na maior parte do tempo, os cientistas estão envolvidos numa ciência a que Kuhn chama “ciência normal”: a comunidade científica põe todo o seu esforço na resolução de problemas tipo «puzzle», na verificação das previsões, na articulação do paradigma, actividades que reforçam e dão consistência ao paradigma vigente. Contudo, ocorrem por vezes anomalias que não são explicáveis pelo paradigma prevalecente e torna-se necessário alterar as suas convicções, para acomodar algumas novas observações.

Sobrevêm, então, *enigmas* que se transformam em *anomalias* e que, por consenso, provocam uma *situação de crise*.

Do confronto entre paradigmas resulta um período de *revolução* que culminará num novo período de acalmia, graças ao surgimento de um novo paradigma, mais consistente e com maior capacidade para resolver os problemas do que o anterior.

A mudança de paradigma dar-se-ia em momentos de crise, mais por reconstrução – o que implica novos pressupostos – do que por acumulação ou ampliação do antigo paradigma. Ao partir de pressupostos distintos, os sucessivos paradigmas não seriam suscetíveis de comparação. O progresso científico decorre na medida em que um dado

paradigma é substituído por outro, capaz de resolver incoerências surgidas com o precedente e de suscitar um consenso alargado quanto à sua capacidade explicativa.

Dos instrumentos mais característicos da atividade científica no contexto da educação são os livros de texto. Kuhn (1972) critica a maneira como os livros de texto apresentam a História da Ciência, fazendo com que esta pareça linear e acumulativa, tendência esta que afeta, inclusivamente, os cientistas que se debruçam retrospectivamente sobre a própria Ciência.

“Os livros de texto tratam as diversas experiências, conceitos, leis e teorias da ciência normal, separadamente um por um. (...) são grandes as probabilidades de que se produza a seguinte impressão: a ciência alcançou o seu estado atual por meio de uma série de descobertas e inventos individuais que, ao reunir-se, constituem o caudal moderno de conhecimentos técnicos. (...) Num processo comparado frequentemente ao assentar de ladrilhos num edifício, os cientistas foram justapondo um por um factos, conceitos, leis e teorias” (Kuhn, 1972: 219).

O ensino da Ciência, segundo Kuhn, é dogmático e monoparadigmático. A ciência é ensinada como um conhecimento verdadeiro, que se tem de aprender obrigatoriamente como vem nos livros de texto. Estas observações de Kuhn têm grande interesse na medida em que realçam que, no contexto da educação científica, se privilegia a obrigatoriedade de aprender os conteúdos, deixando de fora o fomento de um espírito crítico.

Kuhn, segundo Mintzes e Wandersee (2000), é visto como sendo um proponente da chamada “nova filosofia da ciência”. Esta visão rejeita a posição lógico-positivista de que a observação, pedra de toque da ciência, é uma atividade neutra e adota o conceito de observação baseada na teoria. A ideia fundamental é que a perceção dos objetos ou dos acontecimentos do mundo natural está muito dependente da nossa armazenagem de conhecimento anterior. Estes “filtros”, a que Kuhn chama “paradigmas”, determinam o tipo de perguntas que os cientistas fazem, estabelecem a legitimidade do método que usam e orientam-nos em descobertas experimentais avaliáveis.

Segundo Miller (1996), é importante reconhecer que Kuhn prestou um grande serviço à história e filosofia das ciências. A sua mensagem “consistia na necessidade de

ter em linha de conta a história da Ciência quando se quer estudar o seu desenvolvimento em geral e, muito particularmente, quando se trata dos seus aspetos filosóficos.” (Miller, 1996: 157).

De acordo com Giere (1990), **Lakatos** assume-se como um dos principais críticos de Kuhn. Tal como Popper, Lakatos entende que a demarcação da Ciência se apresenta como o problema principal de qualquer teoria do pensamento científico. No entanto, considera o critério de falsificabilidade de Popper demasiado forte. A adoção desse critério poderia provocar o constante adiamento do progresso científico, na medida em que à luz dele toda a teoria pode ser rejeitada. Para evitar o poder da falsificabilidade, Lakatos propõe agregar à teoria hipóteses auxiliares, tidas como muito convenientes, no sentido de se impedir a rejeição. Como forma de não cair no convencionalismo, consequência desta ideia de se anexar hipóteses que convenientemente evitem a rejeição, Lakatos avançou com o conceito de *programa de investigação científica*, que ordena uma sucessão de teorias combinadas com regras metodológicas.

O programa de investigação científica integra três componentes:

- um núcleo duro, constituído por teorias-base, defendido por um «cinturão» protetor de hipóteses auxiliares.
- Uma heurística negativa, proibitiva da utilização de argumentos que rejeitem as teorias-base do núcleo duro.
- Uma heurística positiva, que permita formular hipóteses auxiliares úteis que apontem direções para um desenvolvimento futuro do programa.

O *núcleo duro* de um programa de investigação é, então, infalsificável por *decisão metodológica dos seus protagonistas*, defendido por um *cinturão de proteção* maleável e evolutivo de hipóteses auxiliares e por uma *heurística* que, ao superar anomalias, vai aperfeiçoando esse cinto protetor (Almeida e Pinto, 1999).

Lakatos refere-se aos programas como progressivos ou degenerativos. Um programa progressivo utiliza a sua heurística positiva duma maneira capaz de prever novos fenómenos, antes dos factos. Um programa degenerativo apenas será capaz de formular hipóteses explicativas de novos factos não previstos.

No sentido do exposto (Canavarro, 1999), uma evolução na Ciência traduzir-se-á pela superação de um programa de investigação por um outro de maior capacidade preditiva avaliada por um método quase empírico – metametodologia – que permitirá dizer se o programa é ou não progressivo. Este último conceito tem-se revelado bastante controverso e muito criticado por conduzir ao relativismo (Valadares, 1995).

Referimos vários critérios que emergiram ao longo do tempo e foram considerados como importantes para demarcar a Ciência da não Ciência, mas alguns deles, pese alguns aspectos positivos, são hoje postos em causa. Um deles é o da *objectividade* da Ciência no sentido de a considerar completamente isolada de qualquer aspecto subjectivo. Estudos recentes, levados a cabo por diversos pensadores de diferentes áreas, mostram como a *objetividade* da ciência vingou, não uma objetividade forte, substancialista, retratista, hoje inaceitável, mas uma *objetividade fraca*, garantida por um pensamento intersubjetivo dos membros da mesma comunidade científica (Valadares, 2007). Outro é a *positividade* da Ciência, ao perspectivá-la totalmente subjugada aos factos experimentais. A sua *operacionalidade* é também criticada quando restringe a Ciência apenas aos conceitos científicos que possam ser definidos mediante uma série de operações físicas envolvendo medidas e experiências que possam ser realizáveis.

O ponto de vista **construtivista**, que encara o conhecimento como um processo dinâmico, reforçando o papel ativo do sujeito na sua construção, enfatizando a importância da Psicologia e da Sociologia nesse processo, acarretou uma visão mais subjetiva, humanística e social da Ciência (Valadares, 2001). Como modo de conhecimento, a Ciência é uma representação, intelectualmente construída, da realidade, com objetivos e características sobre os quais existe algum consenso e que, se articulados, a individualizam de outras formas de conhecimento (Silva e Pinto, 1999). Todas as teorias científicas têm temporariamente uma coerência interna e uma correspondência com um certo corpo de experiências. De modo análogo, o construtivismo considera um processo semelhante na construção do conhecimento pelos indivíduos num contexto social, tendo em conta o conhecimento existente (Mellado e Carracedo, 1993).

Partilhamos da opinião de Valadares (2007) de que a validade da Ciência assenta em diversos critérios e tem fundamentos normativos e axiológicos, mas a questão da sua demarcação é mais complexa do que parece à primeira vista; na demarcação da Ciência da não-Ciência devemos optar por uma análise à luz dos vários critérios e não nos cingir apenas a um.

2.2 - Contributos da Psicologia Educacional

As teorias clássicas sobre o conhecimento diferenciam-se numa pluralidade de problemas relativos à sua origem, natureza e validade, mas partilham do postulado comum de que o conhecimento é um facto e não um processo. Daí o considerarem que mesmo que as nossas diferentes formas de conhecimento sejam incompletas e que a Ciência ainda seja imperfeita, aquilo que está sabido está sabido e pode, portanto, ser estudado estaticamente.

Um importante conjunto de estudos, citados por Mahoney (1991), permitiu ultrapassar a noção empirista de que o mundo nos é revelado em toda a sua autenticidade a partir dos nossos sentidos e de que determina, por isso, as nossas experiências.

Um dos mais importantes contributos para a visão epistemologicamente contrutivista da Ciência foi a substituição da ideia de conhecimento-facto pela de conhecimento-processo, em que a concepção de um conhecimento científico estático deu lugar à noção de um conhecimento científico dinâmico, sempre em devir, sempre em construção e reconstrução.

A visão histórico-epistemológica do construtivismo é acompanhada de uma visão psicológica predominantemente cognitivista. Os teóricos cognitivistas veem a aprendizagem como uma reorganização de perceções (Sprintall e Sprintall, 2000). Esta reorganização permite que quem aprende perceba novas relações e, a partir daí, resolva novos problemas.

Na Psicologia da Aprendizagem evidenciam-se duas grandes perspectivas: o *behaviorismo* e o *cognitivismo*.

O **behaviorismo** ou **comportamentalismo** surge no início do século XX como

afirmação da Psicologia enquanto disciplina autónoma, baseando-se no estudo de comportamentos observáveis, na tentativa de ultrapassar o subjetivismo dos meios introspetivos (Cachapuz, Praia e Jorge, 2002).

Os psicólogos que trabalharam no âmbito deste paradigma estavam interessados no efeito do reforço, da prática e da motivação externa numa rede de associações e comportamentos aprendidos. Neste contexto behaviorista, a mente é representada pela metáfora da tábua rasa, onde ficarão gravadas as impressões derivadas dos sentidos, ou a do espelho que reflecte passivamente a realidade. O *behaviorismo* não nega a existência dos processos mentais, mas por não serem observáveis e mensuráveis não lhes atribui importância. Tem em conta apenas os estímulos e os comportamentos, constituindo o objetivo principal estabelecer ligações sistemáticas entres eles.

A natureza prescritiva rígida da Psicologia associacionista era consistente e suportada pelas concepções positivistas e empiristas da natureza do conhecimento, de tal modo que, aliada à hegemonia do positivismo, nos primeiros anos do século XX, relegou, nesse período, para segundo plano outras teorias da aprendizagem (Novak, 1988a).

A transição para uma orientação cognitivista teve percursos diferentes nos Estados Unidos da América (EUA) e na Europa (Cachapuz, Praia e Jorge, 2002).

Na década de 70, nos EUA, fortemente suportada pela revolução tecnológica resultante da II Guerra, surgiu um novo modelo de aprendizagem que considerava a mente como uma unidade de **processamento de informação**, na qual o armazenamento de conhecimentos e o processador dessa informação eram componentes separados, sendo o último relativamente estável no tempo, ao passo que o armazenamento de conhecimento variava com a entrada de novas informações e *retroalimentação* (Novak, 1988a). A metáfora da mente ou do cérebro passou a ser a do computador. Apesar de ainda se basear numa epistemologia objetivista, reconheceu, porém, que *conhecer* envolve um processamento ativo, individual e assente no conhecimento previamente adquirido. Neste sentido, a aprendizagem não é apenas um processo passivo de absorção de informação, mas transforma-se num processo mais ativo, que inclui a selecção, processamento e assimilação de informação de acordo com o estado mental do indivíduo.

Porém, esta concepção da aprendizagem continua a minorizar a importância do contexto sociocultural, da afetividade ou de fatores ontogénicos e a valorizar os aspetos da aprendizagem baseada em mecanismos associativos, daí a designação que por vezes se dá de associativismo computacional (Cachapuz, Praia e Jorge, 2002).

A revolução cognitiva constituiu um processo cuja emergência foi ocorrendo ao longo de algumas décadas. Ainda segundo Mahoney (1991), desenvolvimentos recentes no quadro da Ciência cognitiva fizeram surgir duas outras revoluções. Uma delas substituiu o modelo computacional clássico por um potente circuito de distribuição paralela de informação no quadro de uma estrutura em matriz, à imagem dos supercomputadores. A outra, a terceira revolução cognitiva, enquadrada no *construtivismo*, vem rejeitar todo e qualquer modelo cibernético e alicerça a compreensão do desenvolvimento em processos ativos e explicativos.

Na Europa, os trabalhos de Freud no início do século XX chamaram a atenção para o papel das emoções e dos afetos no desenvolvimento humano e, conseqüentemente, na aprendizagem; posteriormente, no período entre as duas guerras, desenvolveram-se várias teorias de aprendizagem que tinham pressupostos cognitivistas, na medida em que se preocupavam com a compreensão das estruturas e processos da mente (*idem*).

Ainda que com diferenças acentuadas, assumiram particular importância no cognitivismo europeu, as obras de Vygotsky e de Piaget.

Vygotsky, sem deixar de reconhecer a importância da atividade individual, chamou a atenção para o facto de o indivíduo progredir pela apropriação da cultura através das interações sociais, cuja vivência promove a sua interiorização; sustentava que os conceitos científicos não chegam à criança de uma forma já acabada, dependendo da capacidade desta para compreender o modelo do adulto. Para este psicólogo passa-se gradualmente de um processo interpessoal para um processo de natureza intrapessoal. Por outras palavras, a aprendizagem ocorre primeiro entre indivíduos antes de se interiorizar num plano pessoal. Vygotsky socorreu-se do conceito de *mediação* para explicar como em cada indivíduo as relações sociais se convertem em funções psicológicas. O desenvolvimento assenta nessa relação entre o homem e o mundo

mediada pelos sistemas simbólicos, em que o sujeito é ao mesmo tempo ativo e interativo, construindo o seu conhecimento com base em instrumentos e sinais próprios do seu meio cultural, em duas fases, uma externa, social e outra interna (Valadares, 2007).

A interação social, assegurada pelos adultos que ajudam e apoiam as crianças a pensar e a resolver os seus problemas, proporciona a estas últimas uma maior possibilidade de serem bem-sucedidas. Este tipo de interação leva a que a criança interiorize as ações realizadas por ela e pelos adultos. O desenvolvimento cognitivo da criança ocorre quando lhe são facultadas situações que esta não resolveria sozinha, mas nas quais é bem-sucedida com a ajuda de outros.

Para Vygotsky, a aprendizagem da criança e o seu desenvolvimento intelectual, embora diretamente ligados, não se produzem de modo paralelo, ainda que exista uma dependência complexa entre eles. Estabeleceu a distinção entre o que considerava conceitos *espontâneos* e conceitos *científicos*. Os primeiros correspondiam àqueles conceitos que a criança desenvolve naturalmente a partir da sua experiência quotidiana; os conceitos científicos, por seu lado, tinham origem na atividade estrutural da instrução da sala de aula e impunham à criança abstrações mais formais e eram mais logicamente definidos do que os conceitos espontâneos (Fosnot, 1996). Um conceito científico só adquire significado pela sua relação com outros conceitos, implicando processos de reestruturação ou reorganização do sistema conceptual (Praia, Cachapuz e Jorge, 2002).

Estes tipos de tarefas configuram o que Vygotsky designou por *zona de desenvolvimento próximo* (Canavarro, 1999).

De acordo com a caracterização de Vygotsky, é na zona de desenvolvimento próximo que podem surgir novas formas de entender e encarar as tarefas e os problemas por parte dos participantes menos competentes, graças à ajuda e aos recursos disponibilizados por outros mais competentes, no discurso da interação. O processo de construção, modificação e enriquecimento dos esquemas de conhecimento, pela atuação na zona de desenvolvimento próximo, leva a que aquilo que primeiro se consegue realizar no plano do social e do interpessoal possa, mais tarde, ser dominado e realizado, autonomamente, pelo participante inicialmente menos competente (Onrubia, 2001).

O significado de um dado conceito é o resultado da interação com os outros mediada pela linguagem, cuja função, que importa valorizar, é a de um instrumento de aprendizagem. Este psicólogo russo defendeu a tese de que o discurso egocêntrico² é o começo da formação do discurso interno, que será posteriormente usado como uma ferramenta do pensamento. Procurou estudar o diálogo, não se interessando apenas pelo papel desempenhado pelo discurso interno na aprendizagem de conceitos, mas também pelo papel do adulto e dos alunos quando entre si conversam, questionam, explicam e ajustam o significado (Fosnot, 1996). A linguagem desempenha, pois, um papel essencial, visto que é motor de desenvolvimento do pensamento ao funcionar como um instrumento de intermediação psicológica entre os indivíduos e a realidade onde estão inseridos. É também um fator de desenvolvimento no aspeto intrapsicológico, na medida em que permite a reflexão pessoal, a fala interna e o desenvolvimento da consciência (Praia, Cachapuz e Jorge, 2002).

Quer a linguagem verbal, quer a linguagem matemática – esta última com uma simbologia muito própria – ganham, assim, um papel fundamental por serem sistemas simbólicos. Estabelecendo a relação direta entre a linguagem e o uso de instrumentos, conseqüentemente entre a interação social e a atividade prática, concluiu-se que, quanto mais complexa for a ação exigida e menos direta a solução, maior será a importância que a linguagem adquire (Valadares, 2007).

A abordagem feita por Vygotsky da progressão do pensamento e do discurso compreende quatro estádios de desenvolvimento (Pressley e Cormick, 1995, citados por Canavarro, 1999). O primeiro ocorre nos primeiros dois anos de vida, em que o pensamento é não verbal e o discurso é não conceptual e não existe qualquer relação entre eles. Com o desenvolvimento da linguagem, pensamento e discurso convergem, através da capacidade de designar objetos e nomear pessoas. O terceiro estádio caracteriza-se pelo aparecimento do discurso egocêntrico e do papel do discurso interno no estabelecimento do pensamento e do comportamento da criança, para no último estádio se verificar a preponderância do discurso interno.

² Piaget considerava que muita da linguagem das crianças em idade pré-escolar era, por natureza, egocêntrica e que falavam alto, mas mais para si mesmo do que por qualquer objetivo social de comunicação.

Enquanto Vygotsky valoriza a compreensão de situações e contextos socioculturais em que a aprendizagem tem lugar, **Piaget** enfatiza o que se aprende e como se aprende, realçando os processos funcionais de como se pensa. Piaget focava a sua investigação na compreensão da sequência do desenvolvimento que ocorre na criança individual. As experiências por ele realizadas com crianças e jovens permitiram-lhe concluir que a sua lógica de pensamento era qualitativamente diferente da lógica dos adultos, ou seja: uma criança não é um adulto em miniatura (Praia, Cachapuz e Jorge, 2002). As suas preocupações tinham como objetivo a compreensão da gênese e do desenvolvimento do conhecimento, pelo que designou esta importante teoria psicológica do processo de conhecimento de *epistemologia genética*.

De acordo com esta teoria, os sujeitos “assimilam” a realidade aos conceitos que já possuem e, através de operações, vão construindo representações que lhes permitem “acomodar-se” aos objetos. É destas interações que resultam sucessivos “estados de equilíbrio” mental, cada vez mais estáveis. A inteligência não é contemplativa, antes transformadora; assim, o conjunto de estruturas cognitivas de que cada ser dispõe, nas diversas fases do seu desenvolvimento, é progressivamente construído através da sua ação. As estruturas cognitivas do sujeito vão-se transformando com o decorrer do tempo, na medida em que se vai adaptando ao seu ambiente. Por exemplo, a lógica de uma criança é bastante diferente da lógica de um adulto. Consequentemente, a imagem do mundo da criança é distinta da imagem que o adulto tem do mundo; e, em nenhum dos casos, a imagem do mundo é uma cópia da realidade que «está ali», pronta para ser assimilada como uma impressão fotográfica. A dimensão construtivista da epistemologia piagetiana refere-se à construção, por parte do sujeito, das suas sucessivas versões do mundo, ao mesmo tempo que constrói as suas próprias estruturas cognitivas (Armella e Waldegg, 1998).

Um ponto de vista filosófico e científico subjacente à obra de Piaget consiste em chamar a atenção para a natureza dinâmica e mutável das coisas. O trabalho de Piaget, ao tentar descobrir a maneira como evoluem as representações acerca do mundo no ser humano desde que nasce, revelou-se determinante para a mudança epistemológica, substituindo a ideia de ciência-facto pela de ciência-processo (idem).

Ao encarar o conhecimento científico como uma realidade que não se revela apenas pelo seu estudo e pelo seu desenvolvimento, mas pelo modo como foi construído ao longo da história, Piaget tornou-se um construtivista também no campo epistemológico (Valadares, 1995).

A epistemologia bachelardiana é convergente, neste ponto, com a epistemologia genética piagetiana, ao admitir um paralelismo não redutor, nem simplista, entre a evolução psicogenética do indivíduo e a história das Ciências. Como refere Santos (1998), poderíamos ser levados a pensar que **Bachelard**, pela sua particular incidência nas novidades epistémicas da Ciência contemporânea, não desse tanto realce à história da Ciência, no seu projeto epistemológico. Contudo, ela constitui um aspeto importante de tal projeto, desde que entendida como uma reconstrução racional das várias áreas do saber. Bachelard recusa a visão da história da Ciência como uma justaposição de biografias ou enumeração de doutrinas. Despromove a tradicional perspectiva da continuidade histórica, isto é, a busca sistemática de ligações entre acontecimentos, que, a seu ver, levam a menosprezar a importância dos obstáculos epistemológicos que foi necessário superar ao longo dos tempos. Propõe, ao invés, que a história da Ciência seja vista como a busca da origem e persistência de erros que se foram constituindo como obstáculos ao progresso do saber. É a atenção prestada aos obstáculos epistemológicos que vai permitir à história da Ciência tornar compreensível a construção difícil, contrariada e aperfeiçoada da Ciência, de tal maneira que se torne verdadeiramente uma história do pensamento e não uma cronologia de produtos do pensamento. A compreensão do valor racional das retificações por que vai passando um conceito científico é, para Bachelard, demonstrativo do carácter progressivo do conhecimento científico.

A existência de um certo paralelismo quanto a mecanismos e algumas noções subjacentes à evolução das ideias no decorrer da História da Ciência e no desenvolvimento psicogenético de cada indivíduo é também defendida por Novak (1990b) e Valadares (1995).

Segundo Gil (2000), apesar de se considerar a psicologia piagetiana a mais elaborada das teorias do desenvolvimento, admite-se que algumas críticas podem ser-lhe

feitas: o conhecimento não é unicamente aquisitivo e cumulativo; é também “inegável que as concepções de um desenvolvimento por estádios tendem a deixar na sombra a autonomia da «execução» perante a «competência», a eventualidade principal de desenvolvimentos divergentes, a malha ligando invenção e conhecimento, a existência de mecanismos de selecção. (...) E observam-se, por fim, infirmações transculturais e contraexemplos que parecem pôr em causa a sequência inalterável dos estádios” (Gil, 2000: 276).

Um outro aspeto que a teoria de Piaget não considera no desenvolvimento cognitivo do aluno é a influência da componente afetiva, onde se destacam os sentimentos, as paixões e as emoções. Esta componente do ser humano, outrora considerada não intelectual, é hoje tida como muito importante.

Um outro psicólogo que contribuiu para o desenvolvimento da psicologia cognitivista foi Jerome **Bruner**. É um cognitivista que considera a aprendizagem como um processo que ocorre internamente na mente, e não um produto desencadeado como resposta a um estímulo externo a quem aprende.

Bruner (1960) sugeriu que muito do desenvolvimento intelectual é caracterizado por um conjunto único e sucessivo de representações cognitivas, correspondentes a outros tantos estádios de desenvolvimento, que o ser humano utiliza para construir significados: do tipo ativo, do tipo icónico e do tipo simbólico. Ou seja: o conhecimento do mundo baseia-se num modelo representacional da realidade que se desenvolve em três processos: a ação sobre o mundo, em que o sujeito representa os objetos pela ação que exerce sobre eles, a construção de imagens acerca dele e a representação simbólica, que possibilita a abstração e a compreensão, em que o sujeito utiliza sistemas simbólicos, como a linguagem, sem necessidade de imagens ou ações.

Considerava que as crianças aprendiam melhor através da manipulação física de objetos concretos e que a maturidade é o resultado de tentativas cada vez mais bem-sucedidas da utilização de sinais e símbolos abstratos para representar objetos e acontecimentos.

Outro princípio em que assenta a sua conceção de desenvolvimento e do conhecimento do mundo é o de que os modelos da realidade progridem em função da informação com origem no meio e em função da superação que o sujeito lhes traz devido à sua atividade mental própria (Valadares, 2011).

Todos estes psicólogos, sobretudo os cognitivistas com destaque para Piaget e Vygotsky, deram um importante contributo para a compreensão do processo da aprendizagem e para que esta deixasse de ser vista como uma atividade regida por uma simples mudança comportamental como resposta a estímulos externos.

2.3 - Os Quatro Lugares Comuns da Educação

2.3.1 - Professor/Ensino

O ensino sempre foi uma atividade complexa e, à medida que a escola foi assumindo uma maior responsabilidade social, o papel do professor tornou-se cada vez mais exigente e difícil.

Em Portugal, na primeira metade do século XVIII, o ensino das primeiras letras continuava a assentar nos mestres particulares e nos colégios das congregações religiosas; porém, na segunda metade do século, as reformas pombalinas instituíram a rede de escolas públicas, estabelecendo o mapa de distribuição das escolas pelo reino, bem como o número de lugares para mestres e professores do ensino secundário; contudo, no documento não havia qualquer referência à formação dos professores.

Durante a maior parte do século XIX, não era esperado que a maioria dos jovens frequentasse a escola primária³ e esta apenas assegurava uma alfabetização ou literacia mínima que praticamente se resumia ao “saber ler, escrever e contar”. Outras instituições sociais como a família, a igreja e organizações profissionais tinham a seu cargo a socialização da criança e a transmissão de alguns conhecimentos úteis para o processo de transição do jovem da família para o mundo do trabalho.

³ Em 1844 a instrução primária foi considerada obrigatória, multando os pais que não enviassem os filhos às escolas, exceto os que, por razões económicas, não o pudessem fazer que era a esmagadora maioria. A situação persistiu até meados do século XX.

Devido às modificações verificadas na sociedade e ao alargamento dos objetivos do processo educativo nos finais do século XIX e início do século XX, o papel do professor revestiu-se de características diferentes (Arends,1995).

Educa-se e ensina-se para determinados fins e, conseqüentemente, na educação e no ensino há objetivos subjacentes.

Durante os anos 30 do século passado, iniciou-se uma importante reflexão sobre o papel dos objetivos no ensino, como reação às medições mentais por meio de testes. Este realce dado aos objetivos em termos de comportamentos viria a prevalecer na educação até aos anos 60 na América e até pelo menos aos anos 70 em muitos outros países, exercendo um predomínio expressivo nos mais diversos sistemas educativos.

Ao longo das últimas décadas, quatro grandes perspectivas de encarar o ensino, que decorrem e se fundamentam em quadros teóricos diferentes, têm imperado. Cada uma dessas perspectivas não ocorre, contudo, isolada das outras, antes corresponde a uma evolução, quer gradual, quer de rutura; num verdadeiro pluralismo metodológico, a cada perspectiva correspondem diversas metodologias e estratégias de sala de aula, não obstante a visão epistemológica subjacente a cada uma delas (Cachapuz, Praia e Jorge, 2002).

2.3.1.1 - Ensino por Transmissão

Provavelmente o ensino por transmissão é o mais vulgar e o que tem uma tradição mais enraizada nas escolas. Este ponto de vista pressupõe que existe um conjunto finito de conhecimentos bem estudados, dos quais o professor seleciona determinados factos e conceitos para passar aos alunos (Sprinthall e Sprintall, 1990).

Na perspectiva do ensino por transmissão, o conhecimento é visto como sendo cumulativo, absoluto e linear e pressupõe-se que o professor pode transmitir ideias, os conteúdos, que o aluno armazena e reproduz encarando a aprendizagem sob um ponto de vista behaviorista.

Este modelo de ensino está associado a uma visão positivista do conhecimento, considerado exterior ao aluno, que é de uma grande passividade cognitiva e cujo papel é

acumular, armazenar e reproduzir informações enquanto respostas aos estímulos a que foi sujeito pelo professor.

A atividade na sala de aula centra-se quase exclusivamente nos conteúdos de um currículo formal e no professor, que assume, frequentemente, uma postura dogmática, impositiva, assente numa autoridade que lhe é conferida pela sua competência científica. O instrucional sobrepõe-se ao educacional (Cachapuz, Praia e Jorge, 2002).

O discurso didático é repetitivo, marcado por exposições orais, apela-se à memorização, inibe-se o espírito crítico e as conceções erróneas manifestadas pelos alunos são tidas como falta de estudo, de atenção, no fundo um desastre conceptual. Trata-se de um ensino do tipo «livresco», em que o professor explica o que está no manual, muitas vezes da mesma forma que os autores, e quase sempre esse manual adotado concretiza e simboliza o programa que há que «tratar» na sala de aula (Valadares, 2007).

O trabalho experimental, quando existe, tem como finalidade confirmar conteúdos já ensinados, com protocolos quase sempre muito fechados, e é encarado de modo circunstancial, desintegrado do currículo e desenquadrado do processo de ensino-aprendizagem.

A avaliação eminentemente sumativa e normativa surge separada do processo de ensino-aprendizagem, assente sobretudo nos comportamentos observáveis; o trabalho é predominantemente individual e não há a preocupação de dar feedback, no sentido da deteção de dificuldades com vista à sua superação.

Como afirmam Cachapuz, Praia e Jorge (2002), segundo esta perspectiva, a educação é retórica, não havendo a preocupação com atitudes de cooperação ou entreajuda entre alunos; a sala de aula surge isolada da escola, do mundo natural e da comunidade; a imagem da Ciência que o professor passa aos alunos é a de um corpo objetivo de conhecimentos, repleta de certezas e marcada por um realismo ingénuo.

2.3.1.2 - Ensino por Descoberta

Nesta perspectiva de ensino, que se impõe por volta dos anos 70, considera-se que qualquer aluno é capaz de aprender por ele próprio e que desse modo aprende melhor.

Este movimento, constituído em oposição a uma abordagem centralizada nos conteúdos, foca-se na aprendizagem dos processos da Ciência, defendendo que esta forma de ensinar se torna mais interessante para os alunos e desenvolve-lhes competências relevantes para a sua formação e transferíveis para outros contextos.

Por oposição ao ensino por transmissão, o professor não deverá impor os conceitos, serão os alunos a descobri-los em actividades organizadas de acordo com o chamado “método científico”.

O “método científico” surge muitas vezes apresentado como uma prescrição infalível para a descoberta de novos conhecimentos. O cientista observa, formula hipóteses, recolhe dados, transforma-os, tira conclusões e descobre qualquer coisa, como se o conhecimento já se encontrasse pronto a ser descoberto (Moreira e Buchweitz, 1993).

Com esta ênfase nos processos e atitudes científicas, alicerçado numa aprendizagem por “descoberta”, o ensino das Ciências tornar-se-ia uma coleção de actividades centradas sobre a descoberta de conceitos e leis a partir da aplicação do referido método.

O conhecimento não está acabado, à espera de ser descoberto; embora a descoberta possa ter uma função na produção de novo conhecimento, ela será apenas uma das actividades envolvidas na sua produção (Novak e Gowin, 1999). “Seguindo os manuais de laboratório como se fossem um livro de receitas, sem um conhecimento adequado dos princípios metodológicos e substantivos relevantes envolvidos, os alunos obtêm tanta compreensão genuína do método científico (...) como se fizessem um anúncio comercial na TV” (Ausubel, Novak e Hanesian, 1980, p. 437).

No ensino por descoberta, a atividade do aluno limita-se, regra geral, à constatação de factos decorrentes de trabalhos experimentais que ele realiza seguindo um protocolo que conduz aos resultados esperados, excluindo a conflitualidade cognitiva e qualquer problematização; transpondo para o V de Gowin é como se o lado esquerdo, a vertente conceptual, fosse esquecida e apenas se atribuisse importância ao lado metodológico. Todo o conhecimento deriva exclusivamente da experiência e para atingi-lo é suficiente seguir o método científico (Cachapuz, Praia e Jorge, 2002).

Dá-se a primazia à percepção em detrimento da reflexão, na suposição de que os alunos aprendem, descobrem por si qualquer conteúdo científico por indução a partir dos dados observados. Presume-se que os alunos podem vivenciar os processos da Ciência a fim de desenvolver conceitos antes de lerem ou ouvirem qualquer informação, quer de livros, quer do professor.

Para combater o artifício das experiências que apenas confirmam o conhecimento teórico, a utilização do método da descoberta cai noutra exagero, ao considerar que as estruturas teóricas podem emergir dos dados experimentais por um processo de generalização indutiva. Todo o processo se desenrola através de um exercício altamente organizado de modo a que o aluno descubra a resposta correta, configurando sobretudo práticas ritualísticas.

Assente numa visão empírico-indutivista, esta forma de ensino sobrevaloriza o poder da experiência fazendo dela o garante da verdade científica; leva a que o aluno pense que as teorias científicas surgem como sendo essencialmente o resultado da observação das regularidades da natureza, que o conhecimento científico é não-problemático e que traduz a realidade tal como ela é. Transmite a ideia de que só o conhecimento dos factos, do que é observável e verificável é importante, fazendo crer que a observação e a experimentação, só por si, permitem aceder a um conhecimento acabado, inquestionável e fidedigno sobre a natureza e de que a análise da experiência é fortemente objetiva, ou seja: conduzirá à atribuição do mesmo significado, levará às mesmas conclusões e às mesmas interpretações todos aqueles que a realizarem; o conhecimento científico é, então, visto como sendo acumulativo, linear, invariável e universal e tal não é necessariamente verdade, quer em termos científicos, quer, sobretudo, em termos educacionais (Valadares, 2011).

Ao invés do que o modelo de ensino por descoberta sugere, não há um método único, universalmente produtivo, especial, mecânico e permanente a que os cientistas recorrem para chegar à verdade. É, pois, um mito o método que serve de referência a este modelo de ensino e pretende fazer dos alunos pequenos cientistas (Santos, 1998).

Tendo o mérito de deslocar o centro da aprendizagem do professor para o aluno, também esta perspectiva não tem em conta aquilo que o aluno já sabe quando chega à

sala de aula e, não tendo em conta um importante fator de aprendizagem que é a estrutura cognitiva do aluno, este poderá descobrir conhecimento factual, algumas regularidades ou leis empíricas, mas sem apreender o significado daquilo que descobriu (Valadares, 2011).

Apesar dos aspetos negativos já aqui referidos, há, contudo, a realçar que o ensino por descoberta teve o efeito positivo de alertar para a importância de um ensino centrado no aluno, bem como para a importância da componente experimental no ensino, e desencadeou uma reflexão sobre a natureza da Ciência e da atividade científica (Cachapuz, Praia e Jorge, 2002).

2.3.1.3 - Ensino para a Mudança Conceptual

Nos finais dos anos 70, a par do desapontamento resultante da análise dos resultados alcançados com o modelo de aprendizagem por descoberta, a divulgação dos trabalhos de Ausubel, entre outros, acerca da importância de se conhecerem as concepções prévias dos alunos, esteve na base do chamado **movimento das concepções alternativas** (Valadares, 2011).

Numerosos trabalhos de investigação revelaram que os alunos, mesmo antes do ensino formal, constroem espontaneamente ideias, muitas vezes relacionadas com a explicação de fenómenos naturais, que são transportadas para a sala de aula e que podem colidir com as explicações de momento aceites, para um dado nível de ensino (Driver, 1988, 1995; Cachapuz, 1993; Valadares, 1995).

Por detrás da ideia aglutinadora, partilhada por teóricos e investigadores, de que as crianças trazem para a escola um considerável número de conhecimentos sobre o mundo natural e tecnológico, que tem impacto na aprendizagem escolar, há divergências quanto às expressões designatórias de tais conhecimentos. Por constituírem autênticos conhecimentos estruturados de maneira diferente, como construções alternativas dos alunos a versões científicas aceites, tais ideias são vulgarmente designadas por *concepções alternativas* (Cachapuz, 1993; Valadares, 1995). Vários termos têm sido propostos em substituição de “concepções alternativas”. Wandersee, Mintzes e Novak (1994) referem, como resultado de uma pesquisa efetuada, várias designações que surgem na literatura,

tais como: crenças ingénuas, ideias erróneas, concepções prévias, modelos pessoais da realidade, equívocos persistentes, isto para nomear apenas algumas. Independentemente do termo adotado, por vezes com significados diferentes, o importante é que estamos perante formas pessoais de entender certas crenças espontâneas, intuitivas, formas muito idiossincrásicas e cientificamente pouco evoluídas de ver e interpretar os fenómenos; contudo, tais concepções são esquemas dotados de coerência interna, fundamentadas em critérios diferentes da coerência científica que os alunos ainda não interiorizaram e daí que se afastem desta. Não são, portanto, simples distrações, lapsos de memória ou erros de cálculo (Cachapuz, 1995; Valadares, 1995; 2011). Os erros não têm um carácter sistemático, não possuem qualquer fundamento psicológico ou epistemológico, nem estão relacionados com os chamados “obstáculos epistemológicos” referidos por Bachelard; são desprovidos de qualquer poder explicativo para quem os comete, resultam de aprendizagens memorísticas, da incúria, do estudo incorreto e das fontes de estudo que contêm erros grosseiros (Valadares, 2007, 2011).

Pessoalmente, preferimos usar os termos *concepções prévias* e *concepções erróneas*, sendo esta última designação geral e a primeira atribuída apenas às concepções que os alunos possuem ao partir para a aprendizagem dos temas que a elas dizem respeito. Como Santos (1998), falamos de “concepções” para designar representações pessoais, mais ou menos espontâneas, de certo modo dependentes do contexto e partilhadas por um grupo de alunos. Quando falamos de *concepções erróneas*, fazemo-lo no sentido atribuído por Griffiths (1994), sem nenhuma posição filosófica implícita, referindo-nos a divergências conceptuais relativamente a conceitos hoje tidos como consensuais, não as considerando, de maneira alguma, imperfeições no sistema cognitivo do aluno ou afirmações gratuitas, desprovidas de coerência ou qualquer poder explicativo.

O ensino por mudança conceptual tem raízes epistemológicas racionalistas e recusa a conceptualização da aprendizagem centrada apenas na aquisição de conceitos (Cachapuz, Praia e Jorge, 2002).

Nesta perspectiva de ensino, o aluno já não é considerado uma “tábua rasa” de conhecimentos e, pelo contrário, é visto como um sujeito com ideias prévias, construções pessoais que são as suas formas de representar o mundo e que são muito importantes no

modo como os objetos de estudo são encarados, ao discriminarem de modo pessoal os aspetos que são tidos ou não em linha de conta, razão pela qual a problemática das concepções prévias constitui um dos seus aspetos fulcrais.

Como consequência do desenrolar da pesquisa, à mudança conceptual têm sido atribuídos vários significados. É possível que o termo se preste a algumas imprecisões e também algum debate, entre os quais a maneira como esta mudança ocorre. Um dos pontos assentes é que a apropriação dos conceitos científicos está estreitamente condicionada pelas concepções prévias dos alunos (Ausubel, Novak e Hanesian, 1980; Hewson, Beeth e Thorley, 1998; Duit e Treagust, 1998). Há, porém, diferentes pontos de vista acerca do papel a desempenhar pelo *conflito cognitivo* na mudança conceptual. Enquanto alguns autores o encaram como uma maneira de ajudar os alunos a reconhecer que as suas concepções podem ser problemáticas, outros encaram as concepções dos estudantes como o alicerce para futuras aprendizagens, minimizando a importância do conflito cognitivo (Hewson, Beeth e Thorley, 1998).

A designação genérica de *mudança conceptual* engloba um conjunto de processos e de resultados desses processos, introduzidos por decisões de empreender mudanças, não só nos conteúdos da estrutura conceptual, mas também na organização estrutural desses conteúdos.

Os modelos de mudança conceptual, nas suas várias manifestações, têm subjacentes teorias de aprendizagem que consideram que é a atividade dos alunos que permite organizar ou reestruturar os conhecimentos, ou seja cognitivo-construtivistas (Santos, 1998, Cachapuz, Praia e Jorge, 2002).

Alguns modelos de aprendizagem por mudança conceptual consideram que o novo conhecimento se constrói no prolongamento do familiar – os modelos de *captura conceptual*. Outros consideram que a construção do novo conhecimento se faz rompendo com o familiar – são modelos de *troca conceptual* (Santos, 1998).

Os caminhos da aprendizagem podem, por isso, ser descritos como contínuos ou descontínuos. Uma perspectiva continuista do ensino/aprendizagem parte das concepções prévias dos alunos, considerando-as, pelo menos em parte, compatíveis com a concepção científica. É o caso do modelo de captura conceptual, que tem subjacente teorias de

aprendizagem que se baseiam no pressuposto de que, nas representações dos alunos, há sempre “qualquer coisa” que permite a ancoragem. O novo conhecimento será, pois, construído no prolongamento do familiar, por incorporação de novos elementos (Santos, 1998; Duit e Treagust, 1998).

É uma epistemologia continuista da Ciência que fundamenta os modelos de captura conceptual. Esta epistemologia considera a Ciência como um tipo de conhecimento que cresce continuamente de forma unívoca (Santos, 1998).

Em contraste com esta abordagem, os modelos de troca conceptual centram a atenção nas representações dos alunos que são incoerentes com os conceitos científicos a aprender. Deliberadamente, estimula-se o conflito cognitivo. Para tal, estes modelos preconizam fazer surgir as *concepções erróneas* dos alunos, a fim de promover a sua desorganização. É esta desorganização estrutural que possibilita a troca das concepções pessoais dos alunos por conceitos científicos, que posteriormente se reconciliam com as estruturas conceptuais existentes. Segundo Duit e Treagust (1998), há três maneiras básicas de estabelecer o conflito cognitivo: as concepções dos alunos são postas em causa pelos resultados de uma experiência; estabelece-se um conflito entre as previsões das ideias do aluno e os factos que ressaltam da experiência; ocorre, então, um conflito cognitivo na mente do aluno. Pode estabelecer-se, também, um conflito entre as ideias do professor e as dos alunos e, ainda, entre as ideias de vários alunos. Contudo, um aspeto crucial nas estratégias que usam o conflito cognitivo é que o aluno tem que “sentir” este conflito. O que para um professor pode apresentar uma inquestionável discrepância pode ser perfeitamente aceitável, sob o ponto de vista do aluno.

Os modelos de troca conceptual encontram os seus fundamentos na epistemologia descontinuista da Ciência, que acentua a disjunção, a rotura e não a homogeneidade. Trata-se de uma epistemologia que procura caracterizar o conhecimento científico, não pela identidade, mas pela diferença (Santos, 1998).

Enquanto para os modelos de aquisição conceptual a questão fundamental é como se adicionam os conceitos, para os modelos de mudança conceptual, o fulcro da questão é como mudam os conceitos sob o impacto de novas evidências.

Quando se compara a mudança conceptual por troca ou por captura é importante,

segundo Duit e Treagust (1998), que as duas perspetivas sejam vistas como complementares. No dia-a-dia, a transposição do que é familiar para as conceções da Ciência revela facetas desta complementaridade. Vários estudos sobre o processo de aprendizagem demonstraram que este é muito complexo e não pode ser descrito, apenas, por um ou por outro dos modelos.

Nesta perspectiva, ao referirmo-nos à mudança conceptual, fazemo-lo segundo a designação de Hewson (1981), que considera que uma nova conceção pode substituir outra e ser reconciliada com as remanescentes por um processo de troca conceptual ou ser reconciliada com as conceções existentes por um processo de captura conceptual.

Do que se trata é de o professor ajudar a transformar estruturas conceptuais e assim contribuir para que os alunos reorganizem os seus conceitos; o professor deverá ser um organizador de estratégias intencionais que numa atitude reflexivo-investigativa promova o conflito cognitivo nos alunos, ajudando-os a construir representações mais ajustadas à forma como deverão pensar (Cachapuz, Praia e Jorge, 2002).

Segundo a perspectiva do ensino por mudança conceptual, a aprendizagem é uma construção pessoal, levada a cabo pelo aluno, com a ajuda de outras pessoas, muito particularmente do professor. Este desempenha um papel imprescindível, ajudando o aluno a detetar um eventual conflito entre o que já sabe e o que se pretende que saiba. Para isso, apresenta os novos conteúdos de forma a que surjam como um desafio interessante, intervindo de maneira adequada em relação aos progressos e dificuldades que o aluno vai demonstrando, apoiando-o, tendo sempre em vista a sua realização autónoma (Mauri, 2001; Valadares, 2011). Este novo papel do professor pressupõe que ele tenha uma adequada compreensão do significado atribuído aos conhecimentos dos alunos, quer implícitos, quer explícitos; que possua um conhecimento aprofundado dos conteúdos, bem como da história do pensamento científico que a eles conduziram e que valorize a função cognitiva da linguagem e não apenas a sua função comunicativa, de forma a fazer emergir o erro para que possa ser erradicado (Cachapuz, Praia e Jorge, 2002).

A teoria mais influente sobre mudança conceptual foi desenvolvida por um grupo de autores, educadores e filósofos da Ciência, pertencentes à Universidade de Cornell. A

partir da filosofia racionalista contemporânea da Ciência, este grupo, constituído por Posner, Stike, Hewson e Gertzog, fundamenta as mudanças conceptuais na aprendizagem em decisões racionais (Duit e Treagust, 1998; Santos, 1998; Valadares, 2011).

Perante a pergunta «como se dá a transição de uma conceção para outra?», esta teoria considera que tal transição ocorre em termos piagetianos de equilibração da assimilação e da acomodação. Estabelece analogias entre o desenvolvimento conceptual na Ciência e no indivíduo aprendente (Duit e Treagust, 1998).

As quatro condições referidas por Posner, Stike, Hewson e Gertzog (1982; Posner e Gertzog, 1982) como importantes para a mudança conceptual derivam da análise do trabalho de historiadores e filósofos da Ciência, nomeadamente, Kuhn, Lakatos e Toulmin, e são as seguintes:

- Os conceitos que o indivíduo possui devem mostrar-se não satisfatórios na resolução dos problemas que se lhe põem.
- A nova conceção deve ser inteligível.
- A nova conceção deve parecer plausível.
- A nova conceção deve apresentar-se como prometedora na resolução de novos problemas.

Outra característica chave deste modelo é designada por “ecologia conceptual” (Duit e Treagust, 1998; Hewson, Beeth e Thorley, 1998), que significa, no contexto desta teoria, que a estrutura cognitiva que o aluno já possui é um sistema em que as diversas partes estão intimamente relacionadas, muito à semelhança das interações que se estabelecem nos ecossistemas. Partindo da ideia de que a aprendizagem é uma atividade racional, para Posner, Strike, Hewson e Gertzog (1982: 212), “aprender é, fundamentalmente, compreender e aceitar ideias, porque estas são vistas como compreensíveis e racionais. (...) A afirmação de que a aprendizagem é uma atividade racional significa que devemos centrar a nossa atenção naquilo que é a aprendizagem e não naquilo de que ela depende”.

É precisamente esta ênfase no racional e o negligenciar dos aspetos social e afetivo uma das principais críticas à teoria inicial de mudança conceptual proposta por Posner *et al* (1982). A mudança conceptual tem de ser vista (Duit e Treagust, 1998) como um

processo complexo e dependente de diversas variáveis intimamente relacionadas, que incluem a motivação, os interesses e as crenças, quer de alunos, quer de professores, bem como o ambiente na sala de aula.

Esta crítica é, posteriormente, partilhada pelos próprios autores Strike e Posner (1992, citado por Duit e Treagust, 1998), que também propõem que a ecologia conceptual deva ser vista mais em termos de um sistema dinâmico.

Por outro lado, a investigação tem demonstrado que não é possível «exterminar» as conceções erróneas dos alunos e substituí-las pela visão adotada pela Ciência (Driver, 1986; Driver e Bell, 1986; Duit, 1995).

De entre os fatores que fundamentam a não extinção das conceções prévias dos alunos, Duit (1995) realça o facto dessas conceções se terem revelado válidas em vários contextos da vida quotidiana, defendendo a coexistência dessas conceções com as científicas, em vez da substituição. Para a mesma investigadora, esta coexistência é fundamental, porque é a partir da concorrência entre os constructos pessoais e os constructos científicos que o indivíduo (re)constrói o seu próprio conhecimento acerca dos fenómenos científicos.

Para além disso, há uma crescente crítica à tendência de sobrestimar a aprendizagem centrada no indivíduo, negligenciando os aspetos sociais no processo de construção do conhecimento (Hewson, Beeth e Thorley, 1998).

Ao analisar estas diferentes perspectiva, Hewson, Beeth e Thorley (1998) defendem uma posição conciliadora entre elas, considerando que é o aluno, situado num determinado contexto social e físico, o principal responsável pela sua aprendizagem.

Para Duschl e Hamilton (1998), o cerne da mudança conceptual consiste em compreender a maneira como os indivíduos escolhem, entre pontos de vista alternativos, modelos ou teorias sobre o mundo natural.

A compreensão da forma como o conhecimento se desenvolve e dos fatores que causam essas modificações no conhecimento são importantes para o desenvolvimento e implementação da mudança conceptual no ensino.

O ensino por mudança conceptual representa um progresso em relação às perspetivas de ensino por transmissão e de ensino por descoberta na conceptualização

do ensino das Ciências. Contudo, para além das razões atrás referidas, Cachapuz, Praia e Jorge (2002) reconhecem outros motivos ligados à formação de professores que podem explicar o seu pouco impacto a nível do trabalho desenvolvido pelos professores e a necessidade de uma nova visão e novas formas de pensar a Educação em Ciência, em que os alunos não adquiram apenas conceitos, princípios e teorias, mas também compreendam a Ciência enquanto construção humana que não vive à margem da sociedade.

2.3.1.4 - Ensino por Investigação

Parece consensual que a educação científica deve adaptar-se às exigências da sociedade e permitir aos indivíduos pensar e agir de maneira independente. Deve passar a ser um processo dinâmico, que acompanha o indivíduo ao longo da vida, possibilitando-lhe fazer face ao desenvolvimento progressivo do conhecimento, às inovações tecnológicas e à mobilidade social que caracterizam o mundo atual. Deve, ainda, apresentar ideias novas e treinar competências de investigação, de molde a permitir a autorregulação das aprendizagens, a satisfação pessoal e a responsabilização social (Canavarro, 1999).

Os conteúdos científicos devem, portanto, ser considerados, não como um produto acabado do saber, mas meios necessários ao exercício do pensar e do desenvolvimento de competências. Procura-se envolver os alunos, não só sob o ponto de vista cognitivo, mas também afetivamente na resolução de problemas reais que congregam para a sua solução contributos de várias disciplinas.

Nesta ótica, vários investigadores apresentaram novos modelos de ensino, conhecidos como modelos de ensino por investigação (Gil Pérez, Carrascosa, Furió e Torregosa, 1991, Furió, Azcona e Guisasola, 2006, Rodrigues e Borges, 2008, citados por Valadares, 2011), com especial incidência no ensino das Ciências. Estes modelos têm por base a pesquisa, o debate e a discussão, por parte dos alunos, de problemas de resposta aberta com múltiplas soluções, numa perspectiva que permite aos alunos integrarem novos conhecimentos e competências na sua estrutura cognitiva.

As ideias propostas como tema para investigação nascem de problemáticas mais abertas com origens ou repercussões sociais; podem surgir de experiências pessoais, de artigos de jornais ou revistas, de revistas científicas ou temas de conferências, etc.

Os estudantes devem ser capazes de pesquisar nova informação, planificar a investigação, usar uma variedade de instrumentos e técnicas científicas e comunicar os resultados da sua investigação. Tal pressupõe competências para analisar um problema, planear uma abordagem apropriada ao mesmo, desenvolvê-la e adequá-la e avaliar os resultados. Embora centrado no trabalho dos alunos, quer individual, quer em grupo, o professor assume um papel determinante, na medida em que lhe compete ajudar os alunos a superarem dificuldades, a promover e a incentivar a criação de situações de dilema, de esclarecimento de valores que apoiem a reflexão partilhada e a tomada de posições consensuais.

Trata-se de encarar a Educação em Ciência considerando, não só o *aprender* Ciência, como também *sobre* e *através* da Ciência, não restringindo o seu ensino apenas às teorias e conceitos científicos, mas também tendo em conta a compreensão da natureza da Ciência e da prática científica, as relações entre Ciência, tecnologia e sociedade e a aquisição de competências que permitam aos alunos usar métodos e processos científicos na compreensão e investigação de fenómenos e na resolução de problemas (Hodson, 1992).

Pretende-se um ensino assente numa visão externalista da Ciência que conviveu e convive com as ideologias, os valores, as convulsões sociais, as polémicas, os debates, as conjeturas e as refutações, que valorize contextos de descoberta e não apenas de justificação, que não se centre apenas nos produtos do saber, mas que também possibilite a reflexão sobre os processos da Ciência e da tecnologia e as suas interligações com a sociedade e o ambiente (ensino CTSA), capacitando os alunos para o exercício de uma cidadania consciente e responsável (Cachapuz, Praia e Jorge, 2002; Valadares, 2011).

Durante o desenvolvimento de actividades de investigação, à semelhança do que acontece numa comunidade científica, os alunos têm oportunidade de negociar, o que implica a argumentação, a partilha de ideias, a aceitação por parte dos pares de que aquele conhecimento é válido e a comunicação dos resultados, num processo essencial

para levá-los à compreensão da importância de uma comunidade científica e como se processa a construção do conhecimento científico.

Nesta perspectiva de ensino que advoga um pluralismo metodológico ao nível das estratégias de trabalho, a reconceptualização do trabalho experimental surge de uma abordagem holística da educação em Ciência, fundamentada na inter-relação dinâmica entre os conteúdos e os processos da Ciência.

Também a avaliação é encarada noutra abordagem: o mais possível integrada no processo de ensino/aprendizagem, envolvendo todos os seus intervenientes e de cariz fortemente formativo e formador.

Trata-se (Cachapuz, Praia e Jorge, 2002) de mudar e reestruturar atitudes e comportamentos antigos, mas sem nos deixarmos cair num relativismo pedagógico, ou seja, no vale tudo e em que tudo é aceite sem consequências e sem que haja uma orientação e princípios orientadores de valores e de ação.

2.3.1.5 - Reflexões acerca do papel do professor

A atividade letiva de grande parte dos professores centra-se no informar e fazer perguntas. Modificar este estado de coisas implica uma modificação do relacionamento dos professores com a própria profissão e a adoção, por parte destes, de novas estratégias.

Uma perspectiva construtivista do ensino, com a qual nos identificamos, “envolve muito mais do que a aplicação de uma nova estratégia ou receita; ela implica uma mudança nas crenças (e na prática profissional) do professor acerca do conhecimento e do seu papel no processo de ensino/aprendizagem” (Ritchie, 1994).

Os professores que adotam uma pedagogia baseada no construtivismo procuram apoiar a aprendizagem, em vez de controlá-la. Assumem uma posição de colaboradores com os seus alunos e encorajam-nos a fazer o mesmo entre si. Tornam-se planificadores, guias, observadores e facilitadores do conhecimento. Neste papel torna-se necessário encontrar o meio-termo entre uma dinâmica onde sejam dadas pormenorizadas indicações, no sentido do aluno executar determinada tarefa, mas sem definir a finalidade dessa tarefa, contribuindo para a dependência do aluno, e outra em que o

professor se encarrega exclusivamente da realização dela e o aluno não necessita de se empenhar em compreender o que se faz.

O papel do professor, quer em palavras como em ações, deverá ser o de encontrar meios para que os alunos, tanto quanto possível, sejam capazes de expressar as suas opiniões, de revelarem as suas concepções e de refletirem sobre elas, proporcionando-lhes maneira de se desenvolverem intelectual, social e emocionalmente.

Uma visão construtivista do ensino considera que os conceitos e as relações conceptuais são estruturas mentais que não podem passar de uma mente para a outra. Os conceitos têm que ser construídos individualmente por cada aluno, ainda que sob a orientação do professor que, obviamente, terá facilitada esta tarefa se tiver alguma ideia das estruturas conceptuais dos alunos.

A realização de testes diagnósticos deveria constituir, na minha opinião, uma ocasião privilegiada para detetar algumas das concepções prévias que os alunos possam ter acerca dos temas que vão aprender, bem como as competências que possuem na Língua Portuguesa ou de linguagem matemática, como interpretação de gráficos, etc., que permita revelar onde residem as dificuldades dos alunos; contudo, frequentemente quando é feito é sobretudo como um «teste de revisões».

É necessário que a avaliação se integre no próprio processo de ensino-aprendizagem, de forma a proporcionar aos alunos a oportunidade de fornecer ao professor elementos sobre a sua aprendizagem.

Para além da avaliação formativa há que ter em conta, sem prejuízo da avaliação sumativa, a avaliação formadora, permitindo a cada aluno a regulação da sua própria aprendizagem através da reflexão, da autoavaliação e da autocorreção.

A avaliação dos alunos efetuada pelos professores é um outro indicador daquilo que é valorizado na sala de aula. A avaliação deve ter carácter sistemático e contínuo, incidindo nos vários domínios da aprendizagem que demonstrem os conhecimentos e as competências adquiridas pelos alunos bem como as capacidades e atitudes por eles desenvolvidas.

Esta preocupação está expressa no currículo formal. No *Currículo Nacional do Ensino Básico – Competências Essenciais* (2001), nas *Competências Específicas para a Literacia Científica dos Alunos no Final do Ensino Básico*, pode ler-se

Preconiza-se o desenvolvimento de competências específicas em diferentes domínios como o do conhecimento (substantivo, processual ou metodológico, epistemológico), do raciocínio, da comunicação e das atitudes.

Embora no mesmo documento se explicita, neste contexto, quais as atitudes a desenvolver

“Apela-se para a implementação de experiências educativas onde o aluno desenvolva atitudes inerentes ao trabalho em Ciência, como sejam a curiosidade, a perseverança e a seriedade no trabalho, respeitando e questionando os resultados obtidos, a reflexão crítica sobre o trabalho efectuado, a flexibilidade para aceitar o erro e a incerteza, a reformulação do seu trabalho, o desenvolvimento do sentido estético, de modo a apreciar a beleza dos objectos e dos fenómenos físico-naturais, respeitando a ética e a sensibilidade para trabalhar em Ciência, avaliando o seu impacto na sociedade e no ambiente.”

tem havido uma apropriação por parte dos professores/Escola no sentido de as identificar como sinónimo de “bom comportamento”. Numa consulta aos *Critérios de Avaliação* de diversas escolas, é frequente depararmo-nos com: “não perturba o normal funcionamento da aula”, “cumprimento das regras de conduta” e, ainda, “pontualidade e assiduidade” como descritores do que será avaliado naquele domínio. Sustento que estes aspetos têm que ser trabalhados e valorizados (e muito!) por todos os educadores, mas, ao traduzi-los quantitativamente na avaliação, não se correrá o risco de parecer que se entra numa quase contrapartida: “tu portas-te bem, eu dou-te boa nota”? Principalmente quando muito raramente se faz referência ao desenvolvimento do espírito crítico ou do sentido estético.

Alguns estudos (Afonso *et al*, 2011) referem que os alunos terminam a escolaridade básica com uma perceção muito limitada do que é a Ciência e com um desenvolvimento de conhecimentos e de capacidades que não os habilita a lidar satisfatoriamente com situações mais complexas do dia-a-dia. E isto porque a educação científica no ensino não promove, com profundidade e frequência, relações entre conhecimentos, cingindo-se em grande maioria ao desenvolvimento de capacidades cognitivas gerais, de capacidades

investigativas e conhecimentos científicos simples, de baixo grau de abstração e de complexidade.

Uma explicação possível para a baixa exigência no ensino das Ciências reside na ideia generalizada de que, para promover o sucesso de todos os alunos, designadamente daqueles que pertencem a grupos sociais desfavorecidos, se deve baixar o nível de complexidade e de abstração no ensino. Contudo, resultados de vários trabalhos de investigação (Morais *et al.*, 2000; Pires, 2001; Pires, Morais e Neves, 2004 citados por Afonso *et al.*, 2011) defendem a promoção de uma elevada exigência conceptual na escola com base em princípios de igualdade entre alunos de diferentes grupos sociais, pois o contrário não favorece os alunos, como prejudica precisamente os que pertencem a grupos socialmente mais desfavorecidos, impedindo-os de acederem a conhecimentos e a capacidades que serão essenciais na sua vida futura.

Consideramos que o ensino deve ser conduzido de modo a colocar problemas com um nível que se adiante ligeiramente ao nível de desenvolvimento atual do aluno e que ele vai ultrapassando com a ajuda do professor, num desafio às suas capacidades, de acordo com o princípio adotado por Vygotsky que, segundo ele e seus seguidores, contradiz exatamente aquilo que é uma orientação facilitista: “O único bom ensino é o que se adianta ao desenvolvimento” (Vygotsky, 1991: 46).

Os modelos mais tradicionais de ensino – essencialmente transmissivo e assente em conteúdos fundamentalmente conceptuais – usam o manual como principal recurso didático. A conceção construtivista da aprendizagem, ao considerar que o ensino deve desenvolver as várias capacidades da pessoa, preconiza que o professor tenha em atenção a diversidade dos alunos e lhes preste ajuda adequada. Tal implica (Zabala, 2001) que os recursos e materiais didáticos sejam o mais possível diversificáveis, em função das necessidades de cada situação e momento, ajustando-se, quais peças de uma construção, permitindo que cada professor possa elaborar o seu projeto específico de intervenção, de forma adaptada à sua realidade educativa. Salientamos o uso dos mapas conceptuais e diagramas em "Vê" que evidenciam a estrutura cognitiva dos alunos e facilitam a metacognição.

O uso de tecnologia, que permite a representação de ideias sob diferentes formas,

com especial destaque para o computador, coloca o aluno num imenso centro de investigação. Oferece, também, ao professor ocasiões únicas de individualizar o ensino, ao mesmo tempo que modifica o papel habitualmente por ele assumido, o de instrutor, transformando-o num mentor e co-aprendente (Harper e Hedberg, 1997).

Verifica-se que muitos dos instrumentos fornecidos pelas novas tecnologias de informação são extremamente adequados ao desenvolvimento de atitudes de curiosidade e investigação por parte do aluno; o computador pode tornar-se um instrumento privilegiado para modelar a aprendizagem, já que se presta excepcionalmente bem à simulação de experiências que dificilmente seriam observáveis em laboratório, dispõe de potencialidades gráficas notáveis, disponibiliza base de dados, etc. (Pereira, 1993; Valadares, 2011). Concordamos com esta visão, mas consideramos igualmente que a tecnologia, em si só, não constitui o fundamental da mudança. Uma aula pode ser o exemplo perfeito de um ensino por transmissão recorrendo ao uso do computador, na apresentação por exemplo de *PowerPoint*.

Tal como Cachapuz, Praia e Jorge (2002), consideramos a História da Ciência um outro importante recurso didático, que ajuda os estudantes a compreender melhor o significado dos conceitos e das teorias, pois tomaram consciência das dificuldades da sua génese, que contribui para uma melhor ligação e articulação entre os conhecimentos e permite criar oportunidades para que os alunos se consciencializem da natureza do conhecimento científico.

Quer pela diversidade de propósitos pretendidos, quer pela pluralidade de contextos, advogamos o pluralismo metodológico e o acesso pelos alunos a múltiplas representações do mesmo fenómeno, características de um modelo de ensino por investigação.

Porém, tal como Valadares (2011) adverte, não basta concebermos um bom modelo de ensino. Há que o pôr em prática.

2.3.2 - Aluno/Aprendizagem

A aprendizagem dos estudantes depende muito da forma como se encara a produção do saber e, porque “aprendizagem” pode significar muita coisa, existem

também, por isso, várias teorias ou perspectiva da aprendizagem.

Porém, como advertem Cachapuz, Praia e Jorge (2002), apesar de preciosos desenvolvimentos teóricos, estamos longe de dispor de uma metateoria que dê sentido, unidade e coerência à grande quantidade de informação sobre como se aprende e que permita aos professores orientar a sua prática no sentido da excelência e sirva de quadro teórico de referências para o desenvolvimento da investigação. Essa metateoria seria necessariamente interdisciplinar agregando contributos da Psicologia e de outras áreas do conhecimento, como as Neurociências, a Epistemologia, a Didática e as Ciências Cognitivas.

Ainda que o estudo da aprendizagem tenha constituído uma área fulcral da Psicologia, o seu desenvolvimento não foi propriamente pacífico, com debates vivos sobre a sua natureza e o processo como se desenrola (Sprinthall e Sprinthall, 1990).

Durante os finais dos anos 60 e nos anos 70, emergiu o que se poderá designar por “batalha dos paradigmas educacionais”. O behaviorismo (ou psicologia comportamentalista) tinha grande supremacia e as ideias da aprendizagem cognitiva, a “revolução cognitiva”, eram praticamente excluídas (Novak, 2000).

Enquanto os defensores da teoria comportamentalista vêem a aprendizagem como o resultado de conexões ou associações entre estímulos e respostas, os teóricos cognitivistas encaram a aprendizagem como uma reorganização de perceções e é esta reorganização que permite a quem aprende perceber novas relações e resolver novos problemas.

2.3.2.1 - Aprendizagem por Condicionamento

Alguns psicólogos comportamentalistas inflexíveis, como **Watson**, consideravam que a aprendizagem envolvia a formação de padrões de resposta observáveis. Para Watson, cujos trabalhos decorreram nos anos 20 do século passado, a aprendizagem não é uma qualidade intrínseca do aluno. As ocorrências externas é que servem de modelo à mente; os estímulos externos provocam no aluno respostas internas ou comportamentais e obtêm-se novos comportamentos pela repetição das associações estímulo-resposta numa aprendizagem que podia ser explicada com base no

condicionamento; para tal contou com um poderoso aliado, Ivan Pavlov, que na mesma altura desenvolvia o seu trabalho sobre o reflexo condicionado. Na mesma linha de Watson, **Thorndike** defendia que o intelecto não é a soma de características gerais, mas o resultado de uma acumulação de várias capacidades específicas, praticamente independentes umas das outras, e que se desenvolvem através de exercícios específicos da mente numa determinada área disciplinar; achava que a aprendizagem era, fundamentalmente, um empreendimento de tentativas e erros e pouca atenção prestou à formação de conceitos ou de pensamento.

Apesar de considerar as crianças e os animais semelhantes a autómatos, Thorndike teve, porém, o mérito de ser o primeiro psicólogo a chamar a atenção para a importância da motivação: quando uma pessoa é recompensada por aprender, então é mais provável que a aprendizagem ocorra. Formulou também um outro conceito marcante, o da transferência, ou seja: quem aprende consegue resolver melhor novos problemas se estes possuírem elementos semelhantes aos que já tenham sido resolvidos anteriormente com sucesso (Sprinthall e Sprinthall, 1990). A prática, ainda bastante frequente, de resolver muitos exercícios do mesmo tipo como estratégia de aprendizagem tem aqui as suas raízes (Cachapuz, Praia e Jorge, 2002).

Skinner, que deu relevância ao behaviorismo no ensino, tem como conceito-chave da sua teoria o comportamento operante onde o reforço continua a ser um requisito para a aprendizagem, que considera como uma modificação no comportamento do indivíduo consequência da experiência a que é sujeito. Todo o estímulo que sucede a um comportamento e lhe aumenta a frequência é um reforço positivo; se, pelo contrário, inibe esse comportamento é um reforço negativo. Skinner centra-se no observável; a liberdade, a respeitabilidade, a autonomia, etc., são exemplos do que Skinner designa por constructos mentalistas, que por não serem observáveis são inúteis para a psicologia científica (Valadares, 2011).

Contudo, o condicionamento operante pode-se adequar ao treino de técnicas, como por exemplo, no ensino experimental das Ciências, e tais aspetos não devem ser minimizados; a matriz behaviorista que lhe está subjacente é, todavia, inadequada para a compreensão e explicação de aprendizagens mais abstratas e complexas requeridas no

âmbito das Ciências (Cachapuz, Praia e Jorge, 2002).

Resumindo, a aprendizagem por condicionamento típica do behaviorismo reduz os comportamentos mais complexos a uma série de associações mais simples do tipo estímulo-resposta e não tem em conta os processos e estados mentais; de acordo com ela, a mente – no caso de se aceitar a sua existência – é uma cópia da realidade, resultado de uma correspondência linear entre os processos mentais e as variáveis observáveis, e não são valorizadas as condições em que a aprendizagem decorre (Cachapuz, Praia e Jorge, 2002).

A aprendizagem encarada sob este ponto de vista coaduna-se com a ideia do aluno como “tábua rasa” defendida pelo behaviorismo, cuja orientação é claramente marcada pelo empirismo e pelo realismo ingénuo. Esta concepção revelou-se cada vez mais incapaz de ultrapassar as suas próprias dificuldades e muitos dos autores behavioristas foram adotando uma posição intermédia aproximando-se de pressupostos cognitivistas (idem).

2.3.2.2 - Aprendizagem Hierárquica e Cumulativa

A partir dos primórdios dos estudos realizados sobre a inteligência artificial, com o aparecimento do computador, surgiram os modelos semi-behavioristas de que Gagné é um emblemático representante.

Com **Gagné**, a aprendizagem continuou a ser encarada como uma mudança na disposição ou na capacidade humanas estimulada, com carácter de relativa permanência, mas passou-se a valorizar a alteração no estado interno da mente de quem aprende. Há, portanto, em relação à perspectiva behaviorista, um avanço no que diz respeito à valorização do papel do aluno enquanto sujeito psicológico.

Não são os processos de aprendizagem a principal preocupação de Gagné, mas sim as condições de aprendizagem, que podem ser de dois tipos: condições externas e condições internas, estas últimas próprias do aluno e relacionadas com as suas capacidades. Valoriza os estímulos externos por serem desencadeadores da motivação interna. Considera igualmente muito importante a retroinformação, o *feedback* que se vai dando ao aluno acerca do que ele vai conseguindo para que a aprendizagem saia

reforçada e persista, assim como a expectativa que o aluno tem das suas capacidades obtidas com a aprendizagem (Valadares, 2011).

Para Gagné, o processamento da mente ocorre por fases sequenciais a que correspondem determinados processos internos. Os vários tipos de aprendizagem organizam-se desde os mais simples, como por exemplo o estímulo-resposta, até aos mais complexos, como a aprendizagem de conceitos e, sobretudo, a resolução de problemas. A noção fulcral desta abordagem é a de que a aprendizagem das capacidades e dos comportamentos complexos depende da aprendizagem bem-sucedida de uma hierarquia de capacidades cada vez mais complexas; Gagné hierarquizou oito tipos de aprendizagem, desde os sinais até à resolução de problemas, sendo cada uma um pré-requisito da seguinte. Por exemplo, a resolução de problemas depende da aprendizagem de regras de ordem superior, que requer uma compreensão de conceitos definidos. Isto, por sua vez, assenta num conjunto de conceitos concretos, que exigem uma capacidade para distinguir assuntos e acontecimentos semelhantes (Mintzes e Wandersee, 2000). Esta hierarquização implica que os currículos estejam muito bem estruturados para que possa ocorrer uma boa aprendizagem.

Tais hierarquias são organizadas segundo a estrutura lógica do conteúdo a ensinar; é, portanto, necessário que se estabeleça para um dado conteúdo a sequência lógica dos pré-requisitos que lhe estão subordinados logicamente na hierarquia e, porque se trata de uma organização lógica e não psicológica, tais pré-requisitos não devem ser tomados como conceitos prévios dos alunos (Cachapuz, Praia e Jorge, 2002).

Uma vez que conhece a matéria a lecionar, os pré-requisitos lógicos podem ser significativos para o professor, mas não significa que o sejam para o aluno. Este modelo, que, segundo Cachapuz, Praia e Jorge (2002), se aproxima mais de uma conceção de instrução do que de aprendizagem, pressupõe que a sequência psicológica que o aluno segue se subordina à sequência lógica de conceitos, não tendo em conta as diferenças entre os alunos e, conseqüentemente, a maneira como aprendem.

Esta ideia de aprendizagem foi apropriada nos anos setenta pela chamada pedagogia por objetivos que, à semelhança da gestão de empresas, procurava a racionalização de meios e dos fins, pretendendo dotar o ensino de princípios

metodológicos precisos e de técnicas pedagógicas rígidas, tendo em vista a máxima eficácia. Apesar de um número considerável de investigações levadas a cabo durante os anos setenta ter incidido na validação das hierarquias de aprendizagem, os resultados não foram convincentes.

Para além desta, outras críticas têm sido feitas a esta perspectiva de aprendizagem de cariz marcadamente empirista, como, por exemplo, a desvalorização de aspetos da aprendizagem no domínio das atitudes e dos valores e também a sua incapacidade de introduzir e ajudar as crianças a construírem estruturas de conceitos interligados (Mintzes e Wandersee, 2000).

Porém, apesar de ser uma visão tecnicista da aprendizagem, a teoria de Gagné teve o mérito de chamar a atenção para a necessidade de organização do processo de ensino, ainda que centrado na estrutura do conteúdo a instruir, e para a importância do *feedback*; representou um esforço para a clarificação por parte do professor – para si e para os alunos – do que se propõe ensinar e do modo como o articula com a avaliação.

2.3.2.3 - Aprendizagem por descoberta

O psicólogo cognitivista Bruner, que enfatizou a capacidade para aprendermos sem que tal implique a manifestação de comportamentos observáveis, realçou a importância que a formação de conceitos globais tem na aprendizagem; sustentou que para um bom ensino é fundamental a “estrutura do assunto” a ensinar, isto é, promover a compreensão geral da estrutura de uma matéria de modo a que o aluno a veja como um todo relacionado de maneira a permitir que muitas outras coisas se relacionem significativamente com esse assunto.

Bruner chama à sua posição uma teoria de instrução, mais *prescritiva*, e não uma teoria da aprendizagem, isto é *descritiva* (Sprinthall e Sprinthall, 1990).

A teoria de ensino ou método de Bruner assenta em quatro pontos fundamentais: motivação, estruturação, sequência e reforço.

A *motivação* especifica as condições que desencadeiam no indivíduo uma predisposição para a aprendizagem.

Bruner privilegia a motivação intrínseca na vontade de aprender em oposição ao que estima ser um efeito transitório da motivação externa; um dos principais exemplos que considera em termos de motivação intrínseca é a curiosidade. Sustenta igualmente que o material de aprendizagem, quando apresentado de um modo conveniente, é suficiente para motivar os alunos e, por isso, defende que as actividades a desenvolver devem situar-se num meio-termo entre o marasmo e uma desenfreada excitação, desafiando as capacidades dos alunos sem desincentivar os menos bons.

A *estruturação* do conhecimento preconiza que qualquer assunto ou tema pode ser organizado de modo a ser o mais facilmente compreendido pelos alunos; daí a emblemática afirmação de que é possível ensinar efetivamente qualquer assunto, de um modo intelectualmente honesto, a qualquer criança em qualquer estado de desenvolvimento (Bruner, 1994).

A “*estrutura do assunto*” a ensinar é um pilar forte desta teoria, ou seja: qualquer assunto pode ser compreendido por praticamente qualquer criança, desde que apropriadamente apresentado. Quando a aprendizagem se baseia numa estrutura é muito mais duradoura e menos facilmente esquecida.

A escolha da *sequência* deve ser a mais eficaz para diminuir o grau de dificuldade experimentado pelo aluno na apreensão de um dado assunto. Como referido anteriormente (pág. 42-43), Bruner defende que o desenvolvimento intelectual ocorre sequencialmente da representação ativa para a icónica até à simbólica; então, muito provavelmente esta será a melhor *sequência* a adotar.

E de acordo com o quarto ponto de Bruner, a aprendizagem requer *reforço*, através de estímulos externos, como por exemplo, elogios, prémios ou punições, mas sempre orientando o aluno no sentido da valorização dos estímulos internos. O *feedback* deve ser adequado e dado na altura certa para que o aluno possa avaliar o seu próprio desempenho; se for dado precocemente ou tardiamente, poderá ser ineficaz.

Segundo este psicólogo educacional, para se poder ensinar com qualidade, os assuntos deverão ser apresentados aos alunos sob a forma de situações com algo de novo para eles que envolvam a *resolução de problemas*, ou seja, que impliquem a exploração

de alternativas com um “*nível ótimo de incerteza*” ou com lacunas no assunto que eles têm de preencher ou ainda com algumas relações que eles têm de resolver. Considera a intuição essencial na produção de conhecimento. Para a estimular, defende o recurso baseado em hipóteses, em que o aluno aprende formulando suposições, tomando decisões, explorando exemplos e descobrindo os conceitos e princípios que dizem respeito a determinado assunto. O ensino baseado em hipóteses implica uma aprendizagem por descoberta (Valadares, 2011). A aprendizagem do aluno tem de envolver descoberta por parte dele, ainda que sempre controlada pelo professor e pelos próprios materiais de ensino – *aprendizagem por descoberta guiada*.

Outra ideia importante proposta por Bruner foi a do *currículo em espiral*, um sistema que ensina às crianças os mesmos tópicos, com um aprofundamento crescente, ao longo de toda a escolaridade.

Bruner admitiu aspetos ambientais e culturais como fatores fundamentais na transição da imaturidade para a competência (Valadares, 2011). Torna-se importante que o professor relacione aquilo que ensina com o que é familiar para o aluno, saiba explorar os contextos culturais para atingir determinados objetivos de ensino e evidencie a utilidade daquilo que o aluno aprende.

2.3.2.4 - Aprendizagem Significativa

Uma teoria que se centra na construção pelos indivíduos dos seus próprios significados idiossincrásicos é a que foi proposta por Ausubel, cujo conceito fulcral é o de *aprendizagem significativa* (Novak e Gowin, 1999; Moreira, 1999b; Valadares, 2011).

A perspectiva ausubeliana da aprendizagem apareceu como uma primeira tentativa coerente de desenvolver uma teoria da aprendizagem escolar (Cachapuz, Praia e Jorge, 2002).

Segundo Ausubel, aquilo que um indivíduo conhece – a sua estrutura cognitiva – influencia extraordinariamente aquilo que ele procura conhecer ou que outros procuram que ele conheça. Para que a estrutura cognitiva pré-existente influencie e facilite a aprendizagem subsequente, é preciso que o seu conteúdo tenha sido aprendido de forma significativa (Moreira, 1999b). Para além deste aspecto, que evidencia o carácter

cognitivo desta teoria, Cachapuz, Praia e Jorge (2002) destacam-lhe também a sua índole aplicada, uma vez que se foca nos problemas de aprendizagem em situação de sala de aula, valorizando a linguagem verbal como sistema de comunicação e transmissão de conhecimentos.

De acordo com Ausubel, o aluno aprenderá significativamente novas ideias apenas se estas forem incorporadas de modo não arbitrário e substantivo na sua estrutura cognitiva.

Não-arbitrariedade e substantividade são as características principais da aprendizagem significativa. *Não-arbitrariedade* significa que o material potencialmente significativo se relaciona de forma não aleatória com o conhecimento que já faz parte da estrutura cognitiva de quem aprende; trata-se de um processo que não ocorre ao sabor do acaso, já que a integração se dá especificamente com alguns aspetos relevantes que estão presentes nessa estrutura. Neste processo, a nova informação interage com conceitos e proposições relevantes, claras e inclusivas presentes na mente do aluno, a que Ausubel chama *subsumers*, que, de acordo com Valadares (2011), traduziremos por *subsunçores*, mas que por vezes aparecem na literatura com a designação de *ideias integradoras* ou *ideias-âncora*; este último termo será o menos adequado (Valadares, 2011), pois a aprendizagem significativa não consiste numa simples junção ou colagem entre os conhecimentos novos e aqueles que o aprendente já possui. O subsunçor já existente na estrutura cognitiva, ao interagir com a nova informação, vai dotá-la de significado, ao mesmo tempo que se modifica quando os novos conhecimentos são incorporados nessa estrutura (Moreira, 1999b; Valadares, 2011). Nesta perspectiva, o conhecimento prévio torna-se, por isso, determinante para a aprendizagem significativa.

Substantividade significa que o que é incorporado à estrutura cognitiva é a substância do novo conhecimento, das novas ideias, e não simplesmente as palavras usadas para expressá-las (Moreira, 1999b).

A essência do processo da aprendizagem significativa está, portanto, no relacionamento não arbitrário e substantivo de ideias, conceitos ou proposições que são significativos e adequados para interagir com a nova informação.

O tipo mais elementar de aprendizagem significativa é a *aprendizagem representacional*, do qual os outros tipos de aprendizagem dependem. Refere-se à atribuição de significados a determinados símbolos, especialmente palavras. A *aprendizagem significativa de conceitos*, ou aprendizagem conceptual, envolve a aprendizagem representacional, uma vez que os conceitos são representados por símbolos individuais. Contudo, neste caso, tais representações são genéricas ou categorias, dado que representam abstrações dos atributos essenciais dos referentes, quer dizer, descrevem regularidades em objetos ou acontecimentos.

Um aspeto interessante, relativo à formação de conceitos, é que, assim como o símbolo do conceito pode preceder o conceito em si, também o contrário pode acontecer. Convém distinguir entre aprender o que traduz a palavra referente a um conceito e o significado do mesmo.

Na aprendizagem proposicional, o objetivo não se reduz a aprender significativamente o que representam as palavras isoladas ou combinadas, mas sim o significado das ideias, expressas através de conceitos, na forma de proposições. Ou seja: a aprendizagem significativa de cada proposição implica a aprendizagem significativa dos conceitos nela relacionados, mas "o significado da proposição não é simplesmente a soma dos significados das palavras componentes" (Ausubel, Novak e Hanesian, 1980, p.40). Portanto, para que os significados de uma proposição possam ser compreendidos, torna-se necessário aprender antes o significado dos conceitos que a compõem e associar a cada conceito o signo adequado. Daí que as aprendizagens representacional e conceptual possam ser consideradas como fundamentais, como pré-requisitos da aprendizagem proposicional (Moreira, 1999b).

Na realidade, ainda que a aprendizagem significativa das proposições seja mais complexa que a aprendizagem representacional e a de conceitos, estes dois processos são semelhantes, na medida em que os significados emergem quando a nova proposição está relacionada e interatua com proposições ou conceitos relevantes, existentes na estrutura cognitiva.

Assim, a aprendizagem significativa caracteriza-se por uma interação, e não por uma simples associação, entre aspetos específicos e relevantes da estrutura cognitiva e a

nova informação.

Esta repetida interação acarreta uma transformação dos subsunçores; estes estão continuamente a ser modificados e a adquirir novos significados, ou seja: nunca estão definitivamente aprendidos. Eles vão sendo permanentemente enriquecidos e tornados mais explícitos e inclusivos à medida que vão sendo progressivamente diferenciados (Novak e Gowin, 1999; Valadares, 2011).

De acordo com esta teoria aprende-se significativamente através da conjugação sistemática de dois mecanismos: *diferenciação progressiva* de conhecimentos, que se vão diferenciando e especificando cada vez mais; e *reconciliação integradora* entre conhecimentos distintos já suficientemente diferenciados e especificados para originarem ideias mais gerais (Valadares, 2011).

O princípio da diferenciação progressiva estabelece que a aprendizagem significativa é um processo contínuo, no qual os conceitos adquirem maior significado à medida que se atingem novas ligações; este princípio sugere uma organização sequencial, uma estrutura hierárquica dos conceitos, à semelhança do que Ausubel presume ser a organização estrutural da mente, com os conceitos e as proposições menos inclusivos, mais específicos, subordinados aos conceitos e proposições mais gerais e abrangentes. Consequentemente, a emergência de significados para os materiais de aprendizagem reflecte uma relação de subordinação à estrutura cognitiva. Os conceitos e proposições potencialmente significativos ficam subordinados a ideias mais abstratas, mais gerais e inclusivas. Este tipo de aprendizagem é designado por *aprendizagem significativa subordinada*. É o tipo de aprendizagem mais vulgar e pressupõe que é mais fácil aprender aspetos diferenciados de um todo do que apreender esse todo a partir dos seus elementos diferenciados. Pode-se, ainda, distinguir duas formas de aprendizagem significativa subordinada: a *derivativa* e a *correlativa*. No primeiro caso, o material de aprendizagem é considerado como mais um reforço ou um exemplo de um conceito já estabelecido na estrutura cognitiva ou que está implícito numa proposição mais geral, já aprendida significativamente. Na *aprendizagem subordinada correlativa*, o novo conteúdo é uma extensão, modificação ou uma determinada qualificação de conceitos ou proposições adquiridas anteriormente (Ausubel, Novak e Hanesian, 1980).

À medida que os novos significados vão surgindo, alguns conceitos que já existiam na estrutura cognitiva podem ser reconhecidos como interligados; ou, podem surgir significados em conflito: designações diferentes para o mesmo conceito ou a mesma designação para conceitos diferentes. Torna-se, então, necessária a *reconciliação integradora*, que permite a identificação de afinidades significativas entre ideias aparentemente contrastantes, responsáveis pela recombinação de elementos da estrutura cognitiva, que podem reorganizar-se e adquirir outros significados. Toda a aprendizagem que resulta na reconciliação integradora resultará também na posterior diferenciação dos conceitos ou proposições.

Enquanto a aprendizagem subordinada está diretamente ligada à diferenciação progressiva, a reconciliação integradora conduz à *aprendizagem superordenada*. Esta ocorre fundamentalmente na aprendizagem conceptual e ocorre “no curso do raciocínio ou quando o material apresentado é organizado indutivamente ou envolve a síntese de ideias compostas” (Ausubel, Novak e Hanesian, 1980).

Por outras palavras, o que se aprende é um conceito que engloba outros já existentes na estrutura cognitiva.

Quando a nova informação não é, nem mais abrangente, nem mais específica do que outras ideias estabelecidas e não subsume nem é subsumida por estas tem lugar a *aprendizagem combinatória*. A aprendizagem de muitas proposições novas, assim como de conceitos, é combinatória. Ao contrário da aprendizagem subordinada ou superordenada, não ocorre uma subsunção a ideias particulares de uma estrutura cognitiva. Este facto torna a proposição combinatória menos relacionável ou subordinada ao conhecimento anteriormente adquirido e, portanto, pelo menos inicialmente, mais difícil de lembrar do que as proposições subordinadas ou superordenadas (idem).

É vulgar confundir-se aprendizagem significativa com aprendizagem por descoberta ou aprendizagem ativa. Uma forma não implica a outra. Pode haver aprendizagem recetiva que seja significativa, do mesmo modo que a aprendizagem por descoberta e ativa não é necessariamente significativa. O oposto de aprendizagem significativa é a aprendizagem mecânica (Ausubel, Novak e Hanesian, 1980; Valadares, 2011; Moreira,

1999b).

A *aprendizagem mecânica* ocorre se os novos conhecimentos forem associados à estrutura cognitiva de forma puramente arbitrária, mediante memorização, sem interagir com essa estrutura, portanto, com os conhecimentos que a pessoa já possui. Assim, a nova informação permanece isolada do restante conhecimento e para poder ser retida na memória recorre-se a uma repetição mecânica ou automática.

Obviamente, a aprendizagem mecânica não se processa num vazio cognitivo, visto que existe algum tipo de associação, mas não no sentido de interação como na aprendizagem significativa. Ausubel não estabelece a distinção entre significativo e mecânico como uma dicotomia, mas antes como um "*continuum*". As aprendizagens mecânica e significativa "não são completamente dicotomizadas" (Ausubel, Novak e Hanesian, 1980: 20). Embora sejam qualitativamente descontínuas em termos dos processos psicológicos subjacentes a cada uma, ambos os tipos de aprendizagem podem ocorrer concomitantemente.

A *aprendizagem por recepção* caracteriza-se por o conhecimento ser apresentado ao aluno na sua forma final, por comunicação direta. Nesta aprendizagem, quando significativa, o aluno é confrontado com um conteúdo que lhe é exposto de modo totalmente explícito e, numa atitude recetiva mas ativa, associa-o a subsunçores adequados que possui. A experiência, ainda que importante, é neste caso secundária. Do aluno exige-se somente internalizar ou incorporar a informação que lhe é apresentada, de maneira a tornar-se acessível e poder ser reproduzida numa ocasião futura. Ausubel defendia este tipo de aprendizagem estando ligado a um método de ensino que podia ser bastante eficiente: "os estudantes (...) gastaram muitas horas preciosas coletando dados empíricos que, na pior das hipóteses, apenas mostravam o óbvio, e na melhor delas, lhes permitia redescobrir princípios que poderiam ser facilmente apresentados verbalmente em questão de minutos" (Ausubel, Novak e Hanesian, 1980: 436).

De notar que a aprendizagem por recepção de Ausubel difere da aprendizagem por recepção skinneriana, pois não se reduz a um mero comportamento observável, diferindo de qualquer aprendizagem animal (Ausubel, Novak e Hanesian, 1980).

Na *aprendizagem por descoberta*, o conteúdo a ser aprendido deve ser descoberto

pelo aluno. A tarefa prioritária deste tipo de aprendizagem é descobrir algo. Numa primeira fase, o aprendente deve reagrupar informações, integrá-las na sua estrutura cognitiva, reorganizar e transformar a combinação integrada, de tal forma que dê origem ao produto final desejado ou à descoberta de uma relação. Contudo, depois da descoberta em si, a aprendizagem só será significativa se o conteúdo descoberto estabelecer relações com subsunçores relevantes já existentes na estrutura cognitiva.

A aprendizagem recetiva e a aprendizagem por descoberta são dois tipos de processos bastante diferentes, mas tanto um como outro pode ser significativo ou mecânico, dependendo da maneira como a nova informação é armazenada na estrutura cognitiva. Em ambos os casos, a aprendizagem é significativa quando relaciona de forma não arbitrária e substantiva uma nova informação a outras com as quais o aluno está familiarizado.

Tal como afirmam Ausubel, Novak e Hanesian, “a aprendizagem significativa não deve ser interpretada simplesmente como a aprendizagem de material significativo” (1980: 42). Uma das condições para que ocorra a aprendizagem significativa é, sem dúvida, que o material a ser aprendido seja incorporável ou relacionável com a estrutura cognitiva do aprendente, o que quer dizer que seja um material potencialmente significativo. Mas a aprendizagem significativa pressupõe que o aluno esteja disposto a aprender significativamente. Portanto, se a intenção do aluno é memorizar uma determinada proposição, fá-lo-á de maneira mecânica, independentemente de quão potencialmente significativa for essa proposição. O mesmo assunto pode, por isso, ser aprendido significativamente por um aluno e não sê-lo por outro.

Da mesma maneira, ainda que a disposição do aluno esteja orientada para a aprendizagem significativa, “nem o processo nem o produto da aprendizagem serão significativos se aquilo que ele vai tentar aprender não for potencialmente significativo – isto é, se não puder ser incorporado na sua estrutura cognitiva através de uma relação não arbitrária e substantiva” (Ausubel, Novak e Hanesian, 1980: 34). Tem-se, assim, dois fatores importantes a considerar num material potencialmente significativo: a sua própria natureza e a sua relação com a estrutura cognitiva do aluno, o que leva a distinguir o *significado lógico* do *significado psicológico*. Enquanto o primeiro depende

apenas da “natureza do material”, o significado psicológico de um dado conteúdo para um determinado aluno exige, por parte do aluno, que este possua subsunções adequados para transformar o significado lógico em psicológico e que esse aluno se disponha psicologicamente a desenvolver um esforço no sentido de o aprender significativamente.

O significado psicológico é uma experiência cognitiva idiossincrásica. Porém, convém salientar que a natureza idiossincrásica do significado psicológico atribuído a um dado assunto por cada indivíduo não exclui a possibilidade da existência de significados sociais, compartilhados por diferentes indivíduos. Os vários significados que os diferentes membros de uma cultura atribuem aos mesmos conceitos e proposições são suficientemente semelhantes para permitirem a compreensão e comunicação interpessoal. No caso da comunidade científica, são os significados partilhados pelos membros dessa comunidade que constituem uma Ciência (Ausubel, Novak e Hanesian, 1980).

E quando o aluno não dispõe de subsunções? Ou, posta a questão de outra maneira, como surgem os primeiros subsunções?

As crianças, desde muito cedo, aprendem a identificar regularidades nos acontecimentos ou nos objetos, que lhes permitem construir conceitos. Esta capacidade para discriminar as regularidades que observa à sua volta e para reconhecer ou utilizar os signos correspondentes possibilita à criança a aquisição da linguagem. A construção deste primeiro conjunto de significados, a partir da experiência, permite desenvolver uma rede de conceitos e de regras de linguagem. Aprende também a organizar acontecimentos ou objetos, o que lhe permite ver novas regularidades e, por sua vez, reconhecer os termos que as representam e assim sucessivamente (Novak, 1997; Novak e Gowin, 1999).

Portanto, os primeiros subsunções são adquiridos por um processo designado por formação de conceitos, criando, assim, condições para a assimilação de outros conceitos (Moreira, 1999b).

Quando as crianças chegam à escola, estão em condições de aprender por recepção,

mas podem não dispor de subsunçores necessários para aprender significativamente determinado assunto. Como superar esta situação?

Segundo Novak (1977, citado por Moreira, 1999b), a aprendizagem mecânica é sempre necessária quando um indivíduo adquire novas informações numa área de conhecimento que para ele é completamente nova. Isto significa que a aprendizagem mecânica ocorre até que alguns conhecimentos nesse tema passem a existir na estrutura cognitiva e se tornem relevantes para a nova informação, podendo servir de subsunçores, ainda que pouco elaborados. À medida que a aprendizagem começa a tornar-se significativa, estes subsunçores vão-se tornando cada vez mais refinados.

Ausubel, por outro lado, propõe o uso de *organizadores prévios* que sirvam de ancoradouro para o novo conhecimento e levem ao desenvolvimento de conceitos subsunçores que facilitem a posterior aprendizagem. Os organizadores prévios são materiais introdutórios, apresentados antes do próprio material a ser aprendido, mas de um nível de abstração, de generalidade e inclusão superior à desse material (Moreira, 1999b). Embora se possam diferenciar dois tipos de organizadores prévios em função da familiaridade da nova informação para o aluno, em qualquer caso eles têm a função de um quadro conceptual mais alargado onde se integraria a nova informação, fazendo a ponte entre o que o aluno já sabe e o que precisa de saber (Cachapuz, Praia e Jorge, 2002).

Uma das maiores críticas feitas à aprendizagem significativa por receção é a de que ela enfatiza os métodos expositivos, que Ausubel considera que têm sido mal aplicados. Para Ausubel, a aprendizagem faz-se por transferência entre a estrutura de conteúdo da disciplina e a estrutura cognitiva do aluno, promovida pelo professor. Acaba por reforçar perspectivas de ensino de carácter transmissivo, que se têm vindo a mostrar ineficazes na superação das ideias prévias dos alunos, em parte devido ao facto de não ter em conta outros fatores que intervêm na aprendizagem para além daqueles do tipo meramente cognitivo (Cachapuz, Praia e Jorge, 2002).

A teoria da aprendizagem significativa de Ausubel assumiu, porém, grande importância, pois foi a partir dela que se passou a conhecer melhor a função que os conhecimentos prévios dos alunos desempenham na regulação da sua própria

aprendizagem.

O conceito de aprendizagem significativa é hoje considerado um conceito suprateórico, já que está atualmente mais bem fundamentado e conhecido, numa base conceptual mais ampla, apoiando-se em diversas teorias ligadas à epistemologia, à psicologia cognitiva e às ciências da cognição, graças à pesquisa realizada por um grupo de investigadores tendo como base este “constructo” de Ausubel, (Valadares, 2011).

O conceito de aprendizagem significativa é também o conceito central da teoria de educação e do construtivismo humano de Novak.

2.3.2.4.1 - O contributo da teoria da educação de Novak para a teoria da aprendizagem significativa

A predisposição para aprender, como condição proposta por Ausubel para que haja aprendizagem significativa, para Novak está intimamente relacionada com a experiência afetiva que o aluno tem em cada acontecimento educativo. Se Ausubel concebeu a ideia do importante papel que tem o aprendiz no processo de aprendizagem significativa, Novak, por sua vez, tornou este conceito fundamental em algo menos estritamente cognitivista e mais humanista, ao considerar o carácter transdimensional do ser humano, porque pensa, sente e atua (Valadares, 2011).

Toda a prática educativa que não tenha em conta que o aluno deve captar o significado da tarefa de aprendizagem falha no sentido em que não lhe proporciona o sentimento de confiança nas suas capacidades e em nada contribui para aumentar a sua sensação de domínio sobre os acontecimentos. A aprendizagem, como experiência afetiva, engloba tanto a decepção e a angústia da confusão, como a emoção de reconhecer que se adquiriram novos significados (Novak, 1991). O pensamento baseado na compreensão leva a ações mais eficientes e o ser capaz de atuar com mais confiança aumenta a autoestima (Novak e Gowin, 1999).

Convicto do importante papel das emoções e dos sentimentos na aquisição de novos conhecimentos, Novak (1991: 218) sustém que “a aprendizagem significativa é a base sobre a qual assenta a integração construtiva do pensamento, os sentimentos e os principais atos que conduzem ao enriquecimento humano”.

Para os defensores da teoria da aprendizagem significativa na sua forma atual, a aprendizagem humana conduz a uma mudança no significado da experiência e esta envolve, não só o pensamento e a ação, mas também os sentimentos. Só quando se consideram os três fatores conjuntamente é que os indivíduos são capazes de enriquecer o significado da sua experiência.

“Estamos interessados no pensamento, nos sentimentos e na acção – todos estes ingredientes estão presentes em qualquer experiência educativa e transformam o significado da experiência.” (Novak e Gowin, 1999: 21).

Construir significados consiste em ligar os conhecimentos prévios com novas regularidades, construir princípios mediante o estabelecimento de relações entre conceitos, para formar um novo enunciado sobre algo. Mas neste processo não intervém apenas a integração construtiva do pensamento.

Segundo Novak, uma teoria da educação deve ter em conta a unidade entre o pensar, o sentir e o agir do ser humano. Assim, qualquer acontecimento educativo é, de acordo com Novak, uma ação para trocar significados e sentimentos entre professor e aluno (Moreira, 1997).

É no facto de se poderem partilhar significados que se baseia a possibilidade da própria educação, tal como a possibilidade da existência de valor educativo. Os significados partilhados são construções sociais que permitem exercer a capacidade de inferência, auto-compreensão e atuação racional.

O ensino da Ciência é, ainda segundo Novak (1991), conceptualmente opaco. Isto significa que os alunos raras vezes visualizam a estrutura dos conceitos e as relações entre conceitos que dão sentido a enunciados que memorizam ou a problemas que resolvem pela aplicação de uma “fórmula”. Para que possam ser apreendidos significativamente, os conteúdos devem ser conceptualmente transparentes. Os estudantes necessitam de ajuda para construir e aplicar as estruturas conceptuais hierarquizadas à interpretação dos factos, enunciados e regras que memorizam.

Os mapas conceptuais e outros instrumentos metacognitivos, como o "Vê" epistemológico, podem desempenhar um importante papel no sentido de auxiliarem os alunos a aprender a aprender e a facilitar a tarefa dos professores de avaliar os conhecimentos prévios dos alunos (Novak, 1988b, 1990a, 1990b, 1991; Novak e Gowin,

1999).

A interação entre pensamento, sentimentos e ações, defendida por Novak na sua teoria da educação, tem sido confirmada por trabalhos como o de Goleman sobre a *inteligência emocional* (Valadares, 2011). Também Damásio (1994: 14) refere esta interdependência entre corpo e mente, ao afirmar que

“as emoções e os sentimentos podem não ser de todo uns intrusos no bastião da razão, podendo encontrar-se, pelo contrário, enredados nas suas teias para o melhor e para o pior. (...) Certos aspectos do processo da emoção e do sentimento são indispensáveis para a racionalidade”.

Damásio defende, baseando-se em estudos que envolvem a análise de tomografia por emissão de positrões, não apenas o reconhecimento das emoções e a sua coexistência com os mecanismos da razão, mas sim o papel intrínseco das emoções nos processos da razão. Para Damásio não pensamos apenas com o cérebro, mas sim com todo o corpo ou, dito de outro modo: sem as emoções, a razão não é possível (Cachapuz, Praia e Jorge, 2002).

Esta visão cognitiva-humanista de Novak vem também na mesma linha de pensamento de vários trabalhos sobre a inteligência humana, como o de Gardner sobre as *inteligências múltiplas*.

A **Teoria das Inteligências Múltiplas**, com raízes em trabalhos na área da neurobiologia, advoga o pluralismo da inteligência, defendendo que seja vista de forma plurifacetada e multidimensional.

Segundo Nogueira (2002), citado por Cachapuz, Praia e Jorge (2002), há três aspetos essenciais nesta teoria. O primeiro é, como referido anteriormente, uma visão pluralista da mente, contrariando o determinismo biológico da inteligência e do seu reducionismo lógico-matemático; na sua versão inicial esta teoria considera oito tipos de capacidade ou de “inteligência”. O segundo aspeto é de que o domínio de uma capacidade não significa a capacidade de dominar todas as outras. E o terceiro diz respeito à possibilidade das diferentes capacidades interagirem de maneira a apoiarem-se mutuamente.

O interesse da Teoria das Inteligências Múltiplas para a educação é o de permitir aos alunos o desenvolvimento das suas competências para além do previsto

curricularmente, explorando e valorizando as diferenças de cada um.

2.3.2.4.2 - A aprendizagem significativa e a moderna Psicologia Cognitiva

Alguns dos últimos trabalhos no âmbito da aprendizagem significativa têm-se apoiado em teorias do campo da psicologia cognitiva cujo objectivo é o estudo pela via psicológica da maneira como cada individuo constrói o seu conhecimento. Entre essas teorias contam-se as dos *modelos mentais*, como a **teoria de Johnson Laird** e a dos **Campos Conceptuais de Gérard Vergnaud** (Valadares, 2007).

Quando um aluno é confrontado com uma situação que lhe é familiar, ele reage a essa situação recorrendo a um esquema que já possui. Mas, quando é colocado perante uma situação nova, ele constrói uma representação interna do tipo *modelo mental*. Enquanto um modelo físico tem a ver com uma representação externa, o conceito de modelo mental assenta no de representação interna ou mental, que é uma forma de representar internamente o mundo externo.

De acordo com a teoria de Johnson Laird, se uma pessoa é capaz de explicar e fazer previsões acerca do funcionamento de um sistema físico, então é porque construiu um modelo mental do sistema. Mas isto também significa que a pessoa aprendeu significativamente, pois houve uma interiorização de algo à luz da sua estrutura cognitiva, e, à medida que vai pondo à prova os seus modelos mentais, vai-os modificando exactamente para que funcionem segundo o seu ponto de vista. Por isso evoluem com naturalidade, ao sabor da experiência e conhecimento de cada um (Moreira, 2004).

Para este psicólogo, os modelos mentais funcionam sob a forma de modelos de trabalho que são usados e descartados. Mas é natural esperar que, com a experiência, desenvolvimento e maturação, haja um enriquecimento mental do sujeito, passando então os seus modelos mentais a funcionar de modo bastante mais estável e a revelarem-se mais consistentes em muitas situações, integrando a memória a longo prazo da pessoa. Isto fará com que os modelos mentais não surjam do zero e sejam construídos a partir de outros modelos mentais prévios, que se vão aproximando cada vez mais dos modelos físicos (Valadares, 2007, 2011).

Podemos, então, reinterpretar a aprendizagem significativa subordinada como uma situação em que o aprendiz constrói modelos de trabalho para dar significado às novas informações.

Por sua vez, a aprendizagem mecânica a que Ausubel se refere pode perfeitamente ser interpretada como uma situação em que o aluno aprende sem construir qualquer modelo mental do que aprende (*idem*).

Outra teoria que tem contribuído para o enriquecimento do conceito de aprendizagem significativa é a **teoria dos campos conceptuais de Vergnaud**.

A sua intenção é explicar o modo pelo qual se gera o conhecimento, no sentido do «*saber dizer*» e o «*saber fazer*». Para tal, debruça-se sobre os mecanismos que conduzem à *conceptualização* da realidade (Valadares, 2011).

A *conceptualização* é, pois, para Vergnaud, o cerne do desenvolvimento cognitivo. Segundo este, o conhecimento está organizado em campos conceptuais, cuja apropriação, por parte do sujeito, ocorre ao longo de um longo período de tempo, através de experiência, maturidade e aprendizagem. Por *campo conceptual*, ele entende

“um conjunto informal e heterogéneo de problemas, situações, conceitos, relações, estruturas, conteúdos e operações de pensamento, conectados uns aos outros e, provavelmente, entrelaçados durante o processo de aquisição (1982, cit. Moreira, 2004, p. 8).

A ideia de *campo conceptual* nasceu do facto de Vergnaud considerar absurdo abordar em separado o estudo de conceitos, já que estes estão sempre interligados.

A organização da ação do indivíduo perante um mesmo tipo de situações é feita na base de um *esquema* a que Vergnaud dá grande importância, mas considera-os mais complexos do que Piaget, já que os *esquemas* incluem conteúdos na forma de **invariantes operatórios**. Estes são o resultado da função representacional e simbólica do pensamento que inclui *conceitos em ação* – conceitos considerados relevantes para essa situação – e os *teoremas em ação* – crenças e proposições que considera verdadeiras e que integram o que Vergnaud designa por conhecimento em ação e que o aluno mobiliza face a uma nova situação. Os *conceitos-em-ação* e os *teoremas-em-ação* deverão, progressivamente, explicitarem-se, tornando-se verdadeiros *conceitos* e *teoremas científicos*. Quando o

conhecimento é explicitado e deixa de estar totalmente imerso na acção pode passar a ser comunicado a outros e discutido.

Os esquemas referem-se sempre a situações, de tal modo que Vergnaud prefere falar na interação *esquema-situação* do que na interação *sujeito-objeto*, como preferia Piaget (Valadares, 2007, 2011).

Para além dos invariantes operatórios no funcionamento dos esquemas, Vergnaud atribui também importância às *metas* e *antecipações* que o sujeito confere às situações em que se envolve, bem como as *possibilidades de inferência* das próprias regras e antecipações a partir das informações e dos invariantes de que dispõe.

As *antecipações* permitem que o sujeito possa descobrir um possível objetivo para a sua atividade ou esperar certos efeitos ou fenómenos.

As *regras de ação* constituem a parte geradora dos esquemas e da continuação das ações, da recolha de informação e do controle dos resultados da ação. São elas que permitem a cada um atingir o êxito da sua atividade num contexto que pode estar em permanente mudança.

As *inferências* são raciocínios que antecipam situações a partir das informações e dos invariantes operatórios de modo a fazer com que o esquema seja um instrumento de adaptação da atividade em cada situação particular.

Os esquemas nem sempre são eficazes. Quando alguém enfrenta uma situação com um esquema ineficaz, a experiência leva-o a mudar de esquema ou a modificá-lo.

Os processos cognitivos e as respostas cognitivas de um sujeito são determinados pelas situações com que se confronta e pelo maior ou menor domínio que vai tendo das mesmas. O significado que ele atribui a cada situação é o produto da interação com esta e a consequente representação acerca da mesma (idem).

A *teoria dos campos conceptuais* proporciona uma nova maneira de atribuir significado ao conhecimento e, portanto, de encarar a aprendizagem significativa. Vem alargar a ideia de *conceito*, ao considerá-lo mais do que um significado traduzido por um nome ou outro símbolo que só tem sentido nas situações envolvidas num determinado campo conceptual, logo na sua relação estreita com outros conceitos desse campo e para ficar definido exige um conjunto de invariantes – objetos, propriedades e relações, sobre

os quais repousa a sua operacionalidade, assim como um conjunto de representações simbólicas – linguagem natural, gráficos, diagramas, etc., que são usados para representar esses invariantes.

Os pressupostos de Vergnaud, sendo fundamentos psicológicos da cognição, ajudam a compreender como é e como se produz a aprendizagem significativa. Ou seja: ampliam as capacidades da psicologia ausubeliana e as suas potencialidades tanto para o ensino como para a investigação em educação (Valadares, 2011).

O desenvolvimento cognitivo é, no fundo, o desenvolvimento de um vasto conjunto de esquemas. Entre estes, os esquemas sociais têm um papel importante no dia-a-dia, incluindo obviamente a atividade profissional, o convívio pessoal ou a gestão de um conflito. Se pretendemos uma educação projetada para a preparação de futuros cidadãos críticos, devemos procurar desenvolver nos educandos um conjunto amplo e diversificado de esquemas não estereotipados.

2.3.2.5 - Reflexões sobre a aprendizagem

Como vimos, *os modelos de aquisição conceptual* centram-se nos conhecimentos que o professor deve transmitir, não se preocupando com a natureza, nem com a origem do conhecimento que o aluno já possui. Ainda que a nível teórico seja quase unanimemente rejeitada, concordamos com vários autores, como Santos (1998), Cachapuz *et al.* (2000), Cachapuz, Praia e Jorge (2002) e Valadares (2011) (para apenas referir alguns investigadores portugueses), que a aquisição conceptual, sendo o mais tradicional como modelo de aprendizagem, continua a ser, contudo, o de uso mais frequente.

Novak, Gowin e Johansen (1983) encontraram evidências de que os estudantes, mesmo os bons, aprendem memorizando e acabam por esquecer, pouco tempo depois, aquilo que tinham decorado. Este facto fica a dever-se, pelo menos em parte, a uma estratégia que pressiona o aluno no sentido de identificar e memorizar um elevado número de conteúdos, impedindo a organização de uma rede de informação com significado.

A sobrevalorização dos conteúdos científicos faz com que estes sejam encarados

mais como fins em si e não tanto como meios instrucionais para, a partir deles, se atingirem metas educacionais e socialmente relevantes. A esta visão instrumental e academista opõe-se uma outra, mais ligada aos interesses quotidianos e pessoais dos alunos, capaz de os motivar intrinsecamente (Cachapuz *et al.* 2000).

Numa **perspectiva construtivista**, com a qual nos identificamos, a aprendizagem não é conceptualizada como resposta a estímulos, nem é apenas um processo de absorção passiva de informação, antes um processo mais ativo, que envolve a integração, modificação e estabelecimento de relações e coordenação entre novos esquemas de conhecimento e aqueles que o aprendente já possui (Driver, 1988; Fosnot, 1999; Novak e Gowin, 1999; Valadares, 1995; Coll, 2001). Neste processo, não só se modifica o conhecimento que se possui, mas também cada um interpreta o novo conhecimento de uma forma própria, de modo a que o possa integrar como seu.

A aprendizagem aceite como uma atividade pessoal e idiossincrásica de cada aluno, a desenvolver num ambiente de diálogo e cooperação em que o professor é um mediador, um apoiante e facilitador dessa aprendizagem (Valadares, 2001), faz com que o papel a desempenhar pelo professor assumira uma particular importância neste processo que, não só contribui para que o aluno aprenda determinados conteúdos, mas também que aprenda a aprender.

Ajudar a aprender consiste em tornar possível a prática de um processo que é próprio de cada um (Novak, 1991); contudo, quem aprende poucas vezes está consciente dos seus processos cognitivos. Essa descoberta, pelo aluno, da sua maneira de aprender, pode ser facilitada pelo professor ao proporcionar situações de aprendizagem que constituam ocasiões para uma reflexão sobre a maneira de perceber e relacionar conceitos. Esta tomada de consciência, por parte dos alunos, dos processos que utilizam para aprender, permite-lhes adotar, progressivamente, formas de estudar em conformidade com o seu próprio funcionamento cognitivo. Há que proporcionar aos alunos oportunidades para pensar, para se questionarem sobre os processos por que aprendem, tornando-se conscientes deles, e também, quando não aprendem, sobre as causas das suas dificuldades (Cruz e Valente, 1993).

Identificamo-nos com a posição assumida por Cachapuz *et al.* (2000) de que a valorização da construção do conhecimento pelo aluno, considerado como sujeito idiossincrásico, inserido em situações contextuais concretas, transportando informação e saberes a ter em conta e valorizados, passa a ser crucial para a aprendizagem desse mesmo aluno, cabendo-lhe uma responsabilidade acrescida e cujo envolvimento é indispensável para a mudança de ideias através de (re)construções sucessivas.

Deparamo-nos, ao longo dos anos, com alunos que frequentemente se demitem dessa responsabilização pelo seu processo de aprendizagem. De certo modo, a Escola tem vindo a criar a ideia, a meu ver errada, de que aprender não exige esforço por parte dos estudantes. Pessoalmente, defendo que o aluno deve estar consciente de que aprender requer empenho da sua parte e de que, por vezes, terá que fazer opções entre a diversão e o estudo e tem que ter essa liberdade. Ao professor caberá ajudá-lo a superar dificuldades, motivá-lo, apresentar os assuntos de uma maneira interessante, demonstrar-lhe que vale a pena!

Bruner (1996), que dá grande importância à motivação na aprendizagem como atrás já se referiu, sugere que o nível adequado para o desenrolar de actividades na sala de aula não pode ser, nem de apatia, nem um clima de grande excitação. Actividades a um ritmo frenético, alimentadas pela competição, não deixam tempo para refletir, para generalizar ou avaliar. Por outro lado, uma excessiva disciplina, com cada estudante à espera, passivamente, pela sua vez, cria um ambiente de tédio e marasmo, que conduz ao desinteresse.

Vários estudos, em diversas escolas e em várias áreas, revelaram que os alunos que trabalham em cooperação tendem a atingir melhores desempenhos a nível académico, apresentando mais soluções às questões e de grau cognitivo mais elevado, desenvolvem a autoestima e um maior número de atitudes sociais positivas, assim como uma maior compreensão dos conteúdos programáticos que estudam (Humpheys, Johnson e Johnson, 1982; Slavin, 1991, entre outros). Segundo Arends (1995), um efeito importante na aprendizagem cooperativa é, precisamente, o de possibilitar aos alunos o desenvolvimento de competências de colaboração, cada vez mais decisivas na sociedade atual, em que muito do trabalho realizado decorre em organizações alargadas e

interdependentes.

Contudo, para que os estudantes sintam interesse pelas aulas de Ciência, não basta que estas sejam acerca de assuntos tidos como potencialmente relevantes. Quando os alunos querem discutir acerca do assunto que lhes ensinaram, fundamentar os seus pontos de vista acerca dele, então, aí sim, temos um envolvimento que demonstra bem como eles consideraram o tema motivador e cativante.

As situações de aprendizagem devem ser mobilizadoras do desenvolvimento cognitivo, mas também afetivo e social do aluno e, ao permitirem-lhe que desenvolva curiosidade e interesse relativamente aos conteúdos a aprender, serem fator de promoção do sucesso escolar, contribuindo para o desenvolvimento global do aluno.

2.3.3 - Currículo

Ao longo de toda a história da educação, um dos problemas com que se têm debatido as instituições escolares é a adaptação por parte da Escola às novas necessidades educativas tendo em conta a realidade envolvente.

As tecnologias de informação e comunicação e o acesso fácil à informação, tornado disponível sob várias formas, caracterizam a sociedade dos nossos dias; tais meios assumem um importante papel cultural e informativo e permitem aprendizagens significativas numa realidade exterior à Escola.

As mudanças educacionais devem ser programadas tendo em vista a sua eficácia. Para que o ensino possa acompanhar o ritmo das modificações na sociedade, essa transformação não pode ser deixada ao acaso ou às iniciativas pontuais e dispersas dos professores, mas necessita de ser orientada; ao desenvolvimento curricular pertence cumprir essa exigência.

Nos últimos anos, o termo currículo tem-se vulgarizado na linguagem educativa, ao mesmo tempo que se utiliza com muitas e diferentes aceções, ou seja, não possui um sentido unívoco; consoante as perspetivas que se adoptam, assim assume uma diversidade de funções e de conceitos, o que se traduz, por vezes, em alguma imprecisão acerca da natureza e âmbito do currículo (Ribeiro, 1990).

É consensual considerar-se Bobbitt como o «pai» do desenvolvimento curricular e a sua obra *The Curriculum*, publicada em 1918, como o marco do nascimento dessa nova ciência. Atravessava-se, então, um período de reconstrução mundial. Tornava-se, pois, necessário a formação acelerada de mão-de-obra para a indústria e de técnicos capazes de utilizar tecnologias cada vez mais sofisticadas, com vista à reorganização do mundo do trabalho e ao crescimento económico. Neste contexto, a educação deveria desempenhar um papel fundamental preparando as pessoas de modo a promover o desenvolvimento social e tecnológico. Consoante a época, verifica-se a procura dos meios e as orientações que se afiguram mais adequados para a construção do tipo de homem que a sociedade e o momento histórico exigem.

A partir da década de 60, a investigação e o desenvolvimento da teoria curricular aparecem associados às reformas dos sistemas educativos, primeiro nos EUA, estendendo-se depois à Europa.

Os avanços da psicologia, a evolução da Ciência e dos seus paradigmas, a história do pensamento, as orientações políticas são outros tantos fatores que vão influenciar toda a investigação e o desenvolvimento da teoria curricular.

Todos estes aspetos variam de sociedade para sociedade, dependendo da cultura que perfilham. Por isso, numa primeira abordagem poder-se-á dizer que o currículo

“é uma construção permanente de práticas, com um significado marcadamente cultural e social, e um instrumento obrigatório para a análise e melhoria das decisões educativas. (...) (Pacheco, J. 1996: 19)

...o currículo corresponde a um conjunto de intenções situadas no *continuum* que vai da máxima generalidade à máxima concretização, traduzidas por uma relação de comunicação que veicula significados social e historicamente válidos” (Pacheco, J. 1996: 18).

De acordo com os interesses de cada autor encontram-se na literatura diferentes abordagens do currículo. E também o currículo, conforme a época e o momento histórico duma dada sociedade, pode apresentar ênfases diferentes.

Em meados do século XX, Tyler, um dos precursores do estudo do currículo cujos trabalhos constituíram uma referência indispensável na história do desenvolvimento curricular, definia-o como “toda a aprendizagem planeada diretamente pela escola de modo a atingir os objetivos educacionais” (1949: 126-128). O currículo é concebido como o conjunto de resultados de aprendizagem pelo qual a Escola é responsável.

Nesta mesma linha, afirma Taba que “currículo é um plano de aprendizagem”(citado por Pacheco, 1996: 36). Está-se na época em que impera o paradigma da eficiência e em que a psicologia comportamentalista se afirma, o que terá reflexos na construção curricular, que se perspectiva como o conjunto de conteúdos a ensinar organizados por disciplinas, temas, áreas de estudo.

Estas primeiras definições de currículo, a que se podem juntar as de Phenix, Johnson e D’Hainaut, consideram-no como um plano de estudos ou um programa, muito estruturado e organizado na base de objetivos, conteúdos e actividades de acordo com as disciplinas (Pacheco, 1996: 16).

Mesmo nos nossos dias, esta é uma aceção bastante comum de currículo, assim como a que o identifica com programa de ensino num determinado nível escolar.

Esta conceção tem subjacente a ideia de que o currículo se caracteriza por transmitir o conjunto acumulado do saber humano, organizado sistematicamente e consagrado em matérias e disciplinas fundamentais (Ribeiro, 1990).

Uma reacção à ênfase posta pelo currículo na transmissão do conhecimento científico veio de Schwab, em 1969, num escrito intitulado “The Practical: a Language for Curriculum”, onde reclamava um maior empenho na prática quotidiana, de tal modo que a teoria fosse um diálogo com as questões reais: “... o movimento curricular tem sido inveteradamente teorético, e isso tem-no atraído”.

Nesta linha, a Pedagogia para a Mestria, de que Bloom é uma referência, exerceu uma enorme influência prática, sobretudo na década de 70.

“Assim, pode-se justificar a Pedagogia para a Mestria em termos de criar interesse para aprendizagens posteriores e possibilitar o desenvolvimento de uma atitude positiva para com a escola e a aprendizagem escolar, bem como um sadio autoconceito. Há provas de que a saúde mental é promovida pelo sucesso na escola, enquanto que fracassos sucessivos são fonte de ansiedade e, depois de um certo período, uma fonte de perturbação no que diz respeito a doenças mentais.

Tudo isto sugere que as ideias da Pedagogia para a Mestria são relativamente fáceis de compreender e aceitar quando a sobrevivência e o bem-estar do indivíduo na sociedade estão em causa. Só se as escolas e os autores dos currículos não estiverem realmente convencidos da importância do que têm de ensinar é que terão dificuldade em decidir os padrões a alcançar e ficarão satisfeitos se um pequeno número de alunos aprender realmente o que está a ser ensinado.(...)

Cada vez mais autores de currículos e professores serão julgados em termos do número de alunos que «dominam» as tarefas de aprendizagem na escola, tal como

do número de estudantes que desenvolvem um autoconceito positivo através da sua interação com o meio escolar” (Bloom, B., 1971: 106).

Outras definições de currículo propostas por Tanner e Tanner, Stenhouse e Zabalza associam-no a experiências dos alunos, isto é, os planos e programas escolares não se definem apenas como meras propostas de ensino-aprendizagem, mas incluem experiências formativas ou aprendizagens que realmente acontecem, ficando assim alargado o âmbito dos planos de estudo e programas para além das matérias ou conteúdos, entrando aqui em jogo a importância de actividades e processos formativos.

Se, por um lado, o currículo assumiu uma crescente relevância na educação, concomitantemente deu azo a uma grande confusão terminológica, em parte consequência dos modelos adotados consoante o aspeto mais enfatizado pelos diversos teóricos na matéria.

O termo de raiz latina *curriculum* significa caminho, carreira, trajetória, correr, que inclui também o ato de correr, o modo de fazê-lo, o que ocorre durante o percurso até à completa execução da corrida. Transmite, portanto, uma ideia de «todo» que compreende não só o ato, mas também tudo o que com ele se relaciona.

Aplicando esta ideia à educação, como afirma Pacheco, “manifesta-se, assim, um conceito de currículo definido em termos de projeto, incorporado em planos/planos de intenções que se justificam por experiências educativas, em geral, e por experiências de aprendizagem, em particular” (1996: 16).

A grande diversidade que o conceito de currículo pode apresentar está relacionada com o ponto de vista segundo o qual pode ser analisado, ou seja, a sua definição não é neutra.

Gaspar e Roldão (2007: 21-25) apresentam um conjunto de definições de currículo que passamos a referir.

“Currículo é o conjunto de todas as experiências que os alunos têm sob os auspícios da escola” (Doll, 1970).

“Currículo é o conjunto de aprendizagens desenvolvidas tanto dentro como fora da escola, sempre que tenham sido planificadas e guiadas por esta” (Lodini, 1985).

“Currículo é uma sequência de objetivos; o currículo está ligado com os objetivos” (Johnson, 1971).

“Currículo é o conjunto de aprendizagens alcançadas dentro ou fora da escola, como consequência da intervenção direta e indireta da escola” (Zabalza, 1997)

As duas primeiras definições restringem o currículo às actividades desenvolvidas pela escola, enfatizando a diretividade desta.

Johnson faz uma abordagem dualista do conceito de currículo, colocando a ênfase nos resultados de aprendizagem que se pretendem. O currículo define os resultados do ensino, sem ter qualquer preocupação com os meios como estes serão atingidos. Esta visão restringe o conceito de currículo, reduzindo-o a um simples plano de instrução; ou melhor, a uma lista de objetivos.

A definição proposta por Zabalza inclui, não apenas as experiências que ocorrem em situação de sala de aula, mas também o que os aprendentes fazem, pesquisam, leem e escrevem, o que pensam e como atuam para resolver problemas. Desta maneira, o espaço de ação educativa torna-se mais abrangente, englobando aprendizagens que podem ou não ter sido planificadas pela escola. A esta competirá torná-las possíveis, reforçá-las e dar sentido às experiências extraescolares dos alunos. O foco é o aluno, o ambiente sociocultural a que pertence e o ambiente organizado para o desenvolvimento das experiências desejadas.

Ribeiro (1990: 11-13) faz uma sùmula da diversidade de conceitos de currículo, distinguindo duas perspetivas diferentes na sua definição: aceções comuns e conceções típicas.

A primeira identifica-o como “o elenco e sequência de matérias ou disciplinas”, ou seja, como um determinado plano de estudos que inclui a organização das matérias de ensino e respetivas cargas horárias, referentes a um determinado ciclo ou curso de estudos. É também uma aceção bastante vulgar, identificar currículo com “programa de ensino num determinado nível ou área de estudo do sistema escolar”. O currículo, assim considerado, seria traduzido “numa listagem, esquema ou sumário, de temas e tópicos”, por vezes acompanhados de indicações metodológicas para abordagem dos conteúdos programáticos. Estas aceções mais correntes têm como elemento comum o facto de

caracterizarem o currículo mais pelos “aspectos visíveis do que pelos elementos intrínsecos e «substantivos» que o definem e conferem significado àqueles.”

Ao analisar várias concepções típicas de currículo, Ribeiro (1990: 16) considera que prevalecem duas dimensões: uma em que é considerado como uma intenção ou objetivo; outra, como algo que se experiencia, como interação e processo em curso. Na primeira, o currículo define-se como «plano», que antecede e estabelece as regras de aprendizagem, enquanto na segunda, a tónica recai na “interação e experiência atual da aprendizagem, coincidindo com a situação efetiva de ensino, não parecendo haver lugar à distinção entre plano anterior e o que se executa e pode descrever.”

O aspeto que aqui assume maior destaque prende-se com a função do currículo: estática no primeiro caso, dinâmica, com observação dos produtos e *feedback*, no segundo.

Uma outra tentativa para ordenar e sistematizar a variedade de definições de currículo, apresentadas por diversos autores, deve-se a Gimeno (1988) que põe em evidência cinco aspetos fundamentais na análise do currículo, nomeadamente:

- como *projeto ou plano educativo pretendido*, que engloba intenções, objetivos, conteúdos, que interessa realizar;
- como *expressão formal e material desse projeto* ou plano educativo, que compreende a sequência de conteúdos a abordar, orientações metodológicas, etc.;
- como uma *função eminentemente social*, uma vez que pode ser entendido como estabelecendo uma ligação entre a escola e a sociedade;
- como um *campo prático* que possibilita a análise dos processos e práticas educacionais;
- como um *campo de investigação* que justifica o aprofundamento de conhecimentos no âmbito curricular.

Poder-se-ia dizer que Gimeno reforça a ideia de que o currículo comporta um aspeto prático e acentuadamente educativo dependendo da própria realidade, dos problemas práticos resultantes de intervenções com essa mesma realidade.

Como sistematização do que foi dito anteriormente, pode-se concluir que o currículo depende do contexto em que se situa e de todo um conjunto de fatores que o influenciam. Expressa-se através de comportamentos vários e numa interação entre alunos, professores, pais e outros agentes da comunidade, traduzindo o conflito de interesses e de valores dominantes que regem os processos educativos numa dada sociedade.

Outra questão que requer atenção é a de saber se se deve impor algum limite aos tipos de atividade escolar que venha a considerar-se como fazendo parte do currículo. De novo, a palavra pode ser encontrada em vários e diferentes contextos.

Kelly (1981: 4) estabelece a distinção entre o *currículo formal* e o *currículo informal*, fazendo corresponder ao primeiro “as actividades formais às quais a escola dedica períodos específicos de tempo de ensino ou que são incluídas no programa de trabalho a ser cumprido nas horas normais de ensino escolar”, enquanto o segundo se reporta àquelas “actividades informais que se realizam, usualmente em bases voluntárias durante o almoço ou depois do horário escolar, em fins-de-semana ou durante as férias.” São exemplos dessas actividades os clubes de ciência, campeonatos desportivos, jornais de escola, etc.

Em Ribeiro (1990), encontra-se uma distinção semelhante entre *currículo formal* e *currículo informal*, associando-os às experiências curriculares e extracurriculares, respetivamente, ou seja, no que consta do horário letivo de alunos e professores e o que nele não figura. O facto de esta caracterização incidir muito nos aspetos extrínsecos, leva Ribeiro a propor uma outra, onde a diferença estaria “entre o que é formalmente planeado e organizado para promover aprendizagens explicitamente definidas e aquelas actividades estruturadas – por exemplo, clubes escolares e desportos – (ou mesmo não estruturadas) que não se orientam por intenções explícitas de aprendizagem planificada e sistemática” (1990: 18-19).

Outros autores, nomeadamente Pacheco (1996), consideram o currículo *formal* como um plano de ação pedagógica, previamente planificado a partir de fins e finalidades e a que corresponde um conjunto de conteúdos a ensinar; o currículo

informal é entendido como um processo que decorre da aplicação do referido plano, como um conjunto de experiências educativas e como um sistema dinâmico, probabilístico e complexo, sem estrutura predeterminada.

Para além do currículo formalmente considerado e do currículo informal, um outro possível é o designado por **paralelo** e que diz respeito a formas e conteúdos de educação e aprendizagem situados fora da escola, “provenientes de múltiplos contactos e influências – a família, a comunidade local, os colegas, os meios de comunicação social e outras agências educativas.” (Ribeiro, 1990:18)

Porcher (1974) considera o *currículo paralelo* – ou a *escola paralela* – constituído pelo conjunto dos circuitos através dos quais os alunos têm acesso, fora da escola, a informações e conhecimentos nos mais variados domínios, que se vão traduzir numa certa formação cultural.

Os seus instrumentos são os da comunicação de massas: a imprensa, a rádio, o cinema e sobretudo a televisão, a que se veio juntar a internet.

O currículo formal não deve ignorar o conhecimento não científico com o pretexto de que ele possa interferir nas aprendizagens; pelo contrário, a relação entre os dois poderá ajudar os alunos a compreender melhor o que estão a aprender nas aulas de Ciências.

Neste contexto, de um mundo em rápida mutação, o currículo paralelo adquire uma particular importância. Urge repensar as propostas que a Escola, através do currículo formal, tem para oferecer, tendo em vista a sua adequação a uma “sociedade de informação”. Ou, dito de outro modo, comparar o conhecimento proveniente dos currículos formal e paralelo, descobrir como se poderão conciliar e como se influenciam mutuamente.

2.3.3.1 - Reflexões sobre o currículo

Em Portugal, a educação em Ciência já é para todos, pelo menos ao nível do ensino formal e obrigatório. Mas, como questionam Cachapuz, Praia e Jorge (2002), a discussão deve ser *para quê?*

No mundo atual, em constante mudança, onde a Ciência e a tecnologia assumem grande destaque, há que dar prioridade à formação de cidadãos cientificamente cultos, capazes de intervir ativamente e responsabilmente em sociedades que se desejam abertas e democráticas (Cassot, 2000, citado por Cachapuz, Praia e Jorge, 2002). Tal significa que se torna necessário que o aluno adquira também atitudes, valores e competências que o capacitem para uma cidadania responsável; os documentos curriculares que veiculam um conjunto de significados e valores socialmente aceites (Fernandes, 2011; Pacheco, 1996, 2011; Ribeiro, 1990) devem, por isso, traduzir essa adequação às exigências da vida moderna.

A partir dos anos 90, as reformas curriculares em Portugal passaram a incluir a noção de competência o que significa (Leite, 2003) organizar e desenvolver o currículo com o compromisso de criar situações onde estão presentes questões pessoais e sociais nas quais os alunos possam integrar os seus conhecimentos, articulando a compreensão dos conhecimentos a partir de situações reais.

Perrenoud (2000) considera *competência* como a capacidade para resolver eficazmente uma série de situações que requerem a mobilização de vários saberes. Este autor defende que se deve trabalhar a transferência e a mobilização das capacidades e dos conhecimentos; e acrescenta que, na Escola, os alunos acumulam saberes, passam nos exames, mas não conseguem com o que aprenderam resolver situações problemáticas do quotidiano. Ou seja, adquirir conhecimentos é uma condição necessária, mas não é suficiente para que alguém se torne bom a resolver problemas. É preciso saber mobilizar atitudes e estratégias e saber quando e como as utilizar.

Os currículos atuais lançam desafios que vão muito para além da memorização de conhecimentos e de procedimentos rotineiros. São muitíssimo mais exigentes do que há 30 anos atrás, quer na diversidade e profundidade de conhecimentos que se exigem, quer na complexidade das tarefas que se propõem aos alunos, quer ainda na preocupação explícita com a integração, relação e mobilização de conhecimentos e aprendizagens que, tanto quanto possível, se devem desenvolver em contextos com real significado para os alunos.

Pode ler-se no documento emanado do Ministério da Educação *Currículo Nacional do Ensino Básico - Competências Essenciais* (2011) para as Ciências Físicas e Naturais

“O conhecimento científico não se adquire simplesmente pela vivência de situações quotidianas pelos alunos. Há necessidade de uma intervenção planeada do professor, a quem cabe a responsabilidade de sistematizar o conhecimento, de acordo com o nível etário dos alunos e dos contextos escolares.

... advoga-se o ensino da Ciência como fundamental. Este, na educação básica corresponde a uma preparação inicial (a ser aprofundada, no ensino secundário, apenas por uma minoria) e visa proporcionar aos alunos possibilidades de:

- Despertar a curiosidade acerca do mundo natural à sua volta e criar um sentimento de admiração, entusiasmo e interesse pela Ciência;
- Adquirir uma compreensão geral e alargada das ideias importantes e das estruturas explicativas da Ciência, bem como dos procedimentos da investigação científica, de modo a sentir confiança na abordagem de questões científicas e tecnológicas;
- Questionar o comportamento humano perante o mundo, bem como o impacto da Ciência e da Tecnologia no nosso ambiente e na nossa cultura em geral.”

A questão que a meu ver se coloca é: o número de tempos letivos (3x45 minutos/semana) será suficiente para o professor concretizar tão bons propósitos e orientações que os documentos oficiais preconizam? Ultrapassando o aspeto de uma tão grande abrangência sugerida pelos mesmos, da minha experiência ao longo de quatro décadas de ensino, a resposta é “não”. Defendo que um currículo deve ser conceptualmente exigente para poder preparar os alunos para se integrarem com sucesso numa sociedade que enfrenta variados desafios, mas tal tem que ser concretizado em sala de aula, para que os alunos não fiquem com uma imagem da Ciência como um conjunto de nomes, factos, mais ou menos avulsos, descontextualizados e sem ligação aparente; corroboro, por isso, a interrogação “quando é que se levará a sério que *menos é melhor?*” (Cachapuz, Praia e Jorge, 2002).

O documento *Competências Essenciais* serve de referência às *Orientações Curriculares para o 3º ciclo* (2011)⁴, onde são sugeridas diversas actividades, colocando a ênfase na articulação dos temas organizadores numa perspectiva da relação entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA). As propostas apresentadas parecem-

⁴Quando este estudo foi realizado as Orientações Curriculares ainda estavam em vigor.

me, contudo, dificilmente exequíveis se pensarmos no tempo disponível para a sua concretização. Por outro lado, nem sempre é muito perceptível a relação entre o tema unificador e o que se estuda. Veja-se o exemplo para o desenvolvimento da Unidade “Som e Luz” inserido no tema aglutinador a *Sustentabilidade na Terra*.

A ambiguidade do currículo formal pode ser a origem para a disparidade entre este e o ensino e a aprendizagem, segundo vários estudos (Ribeiro, 1999); essa falta de explicitação de justificações, critérios, exemplos, etc., pode proporcionar múltiplas interpretações por quem o utiliza, nomeadamente, os autores de manuais e os professores.

Deve, por isso, ser dada grande atenção à qualidade dos manuais, pois é a estes que os professores se socorrem como suporte da sua prática pedagógica, apesar dos documentos curriculares formais serem a referência para o processo de ensino. A qualidade dos manuais escolares de ciências em Portugal tem sido objeto de muitas críticas. Diversos autores têm apontado lacunas a este recurso didático: desde a baixa valorização do trabalho investigativo, baixo nível de abstração, ausência de qualquer referência à História da Ciência, até aos erros científicos.

Restringindo a minha apreciação apenas aos manuais de Ciências Físico-Químicas (Ensino Básico), em contradição com a recusa da assunção de um ensino memorístico, verificámos que muitos apresentam caixas de texto com definições, enunciados de leis, etc., sugerindo que só aquilo interessa saber (ou memorizar); a linguagem, com o pretexto de ser acessível, é pouco rigorosa; na tentativa de facilitar tornam, a meu ver, mais confusos determinados conceitos ou até mesmo induzem em erro, como é o caso de “pH igual a 7 é neutro”, “no movimento acelerado a aceleração é positiva”, para citar alguns; nem o pH é neutro, básico ou alcalino, mas sim a solução e só a 25^o C; como no 9^o ano só são estudados movimentos no sentido considerado como positivo, a aceleração tendo o mesmo sentido também o é, mas a ideia que o aluno retém vem reforçar uma conceção errónea bastante vulgar; do mesmo modo, “bonequinhos” em gráficos de velocidade ou posição-tempo reforçam a ideia que se trata da representação da trajetória.

Para além da interpretação e recontextualização do discurso pedagógico dos documentos oficiais por parte dos autores de manuais, acresce-se que os professores também interpretam e utilizam os manuais escolares de acordo com as suas ideologias e conceções pedagógicas, o que significa que o ensino praticado na sala de aula pode diferir bastante daquele que os documentos curriculares explicitam (Afonso, 2011).

2.3.4 - Meio/Governança

O **meio** é o contexto no qual a experiência de aprendizagem tem lugar e influencia a forma como o professor e o aluno compartilham o significado do currículo (Novak e Gowin, 1999). Gowin considerou, em vez do *meio*, o conceito mais profundo de **governança**, que engloba os vários fatores, desde os manuais até aos decisores de dentro e de fora das escolas que controlam o esforço daqueles que, em face de um currículo, pretendem atribuir significado a uma experiência educativa (Valadares, 2007).

A **governança**, no sentido que Gowin (1981) lhe atribui, é tudo o que controla o ato educativo e que não se restringe apenas a uma influência exterior à escola ou mesmo à sala de aula.

Vamos, em primeiro lugar, rever sumariamente como, em Portugal, ao longo dos anos, os decisores políticos encararam a educação e o ensino.

Com as reformas pombalinas, o ensino tornou-se público em Portugal. Em 1822, a Constituição que saiu da Revolução Liberal reconheceu o direito à educação, mas a instabilidade social e política desse período dificultou a implementação das reformas nesse campo; a maioria da população não sentiu como uma obrigação as crianças frequentarem a escola. O Decreto de 15 de Novembro de 1836, de Passos Manuel, apelava à obrigação moral dos pais mandarem os filhos à Escola e quando se previram multas para os pais que não o cumprissem, em 1844, excetuaram-se aqueles que o não podiam fazer por razões económicas; essa reforma dividiu a instrução primária em dois graus e organizou as Escolas Normais de formação de professores. Ainda que em 1888 tenham sido criados os primeiros liceus femininos, só bastante mais tarde seriam implementados.

A proclamação da República, em 1910, iria marcar a educação e o ensino. Por detrás da reforma do ensino primário de 29 de Março de 1911, que englobava o ensino infantil e o ensino normal primário, destacam-se João de Barros e João de Deus, dois pedagogos que preconizavam uma educação integral – uma educação nova – que possibilitasse o desenvolvimento harmonioso de todas as faculdades da criança, onde as primeiras noções de liberdade, civismo e solidariedade eram ministradas. Durante o período republicano, grande parte da legislação publicada concebida de forma ideal ficou longe de ser cumprida devido à instabilidade política e social que se vivia no país, bem como à sua difícil situação económica.

Com o início da ditadura, em 1926, o ensino irá sofrer grandes mudanças, principalmente de cunho ideológico. Os programas foram reduzidos à aprendizagem escolar de base, proibiu-se a coeducação, reduziu-se o ensino primário, extinguindo-se o complementar e as escolas normais superiores e criaram-se nas regiões rurais os “postos de ensino”, cujos “mestres” – os regentes escolares – em muitos casos apenas sabiam ler e escrever, sendo-lhes, no entanto, exigida uma comprovada idoneidade moral e política. O combate ao analfabetismo deixou de ser considerado uma prioridade, já que a ignorância da leitura e da escrita evitava o contacto com doutrinas consideradas perniciosas e desestabilizadoras, na perspectiva vigente (OIE - Ministério da Educação de Portugal).

A década de 50 ocupou um lugar relevante no processo educativo; é nesse período que foi lançado o Plano de Educação Popular de combate ao analfabetismo, bem como a Campanha de Educação de Adultos. A escolaridade obrigatória passou a ser de quatro anos, exceção para as crianças do sexo feminino que só serão abrangidas pela medida em 1960.

Nos anos 60 aumentou-se para seis anos a escolaridade obrigatória e, mais tarde, a obrigatoriedade é estendida aos dois sexos. As crianças que não pretendessem prosseguir os seus estudos faziam as seis classes obrigatórias e as que quisessem continuá-los frequentavam apenas as quatro primeiras, que, depois de aprovação em exame, dar-lhes-iam acesso aos liceus ou ao ensino técnico.

Em 1971, o então Ministro da Educação, Veiga Simão, apresentou o Projecto do Sistema Escolar e as Linhas Gerais da Reforma do Ensino Superior, em que uma vasta legislação apontava para profundas alterações do sistema anterior.

A reforma de Veiga Simão não chegou, contudo, a ser totalmente implementada, devido ao golpe militar de 25 de Abril de 1974, que repôs o estado democrático.

No período que se seguiu ao 25 de Abril, pese embora o ambiente revolucionário, estabeleceram-se consensos quanto à importância da educação no desenvolvimento e na modernização do país, sendo de assinalar algumas transformações significativas.

O currículo foi experimentando alterações um pouco ao sabor das sucessivas mudanças governativas. Os vários governos que se foram sucedendo nunca permitiram um processo eficiente de avaliação curricular, com recolha de informações credíveis, formulação de juízos de valor bem fundamentados e introdução de melhorias efetivas com base nestes. Porém, os programas deixaram de ser uma mera lista de conteúdos para passarem a ter orientações metodológicas, definição de objetivos e indicação de bibliografia (Valadares, 2013).

Acabou a adoção por parte de todas as escolas de um livro único escolhido e aprovado pelo Ministério da Educação. A livre concorrência entre autores e editoras veio beneficiar de um modo geral a qualidade dos manuais, que passaram a ter melhor apresentação gráfica, apresentando situações reais e não meramente académicas, com menos incoerências lógicas (idem).

Alargou-se a possibilidade de estágio a um maior número de professores; entretanto, a diversificação que ocorreu no tipo de formação de base dos futuros professores, assim como no seu processo de profissionalização, conferiu diferentes níveis de competência profissional (idem).

A fase de normalização democrática (1976-1986) é (OEI-Ministério da Educação) marcada por três características:

- 1) acabado o ciclo revolucionário, privilegiam-se os aspetos curriculares, técnicos e profissionais, em detrimento das ideologias;

- 2) toma-se consciência de que a expansão do sistema educativo pode criar efeitos perversos, nomeadamente em relação à qualidade desse ensino;

3) o bloqueio estrutural da economia portuguesa vai impedindo sucessivamente a reforma do sistema educativo.

A 14 de Outubro de 1986, foi publicada a Lei de Bases do Sistema Educativo, onde se pode ler como um dos *Princípios gerais* (Art.2º 5)

“A educação promove o desenvolvimento do espírito democrático e pluralista, respeitador dos outros e das suas ideias, aberto ao diálogo e à livre troca de opiniões, formando cidadãos capazes de julgarem com espírito crítico e criativo o meio social em que se integram e de se empenharem na sua transformação progressiva.”

Esta lei é alterada pelas Leis n.º 115/97, de 19 de Setembro, 49/2005, de 30 de Agosto e 85/2009, de 27 de Agosto. As duas primeiras alterações referiram-se a questões relacionadas com o acesso e financiamento do ensino superior (1997 e 2005) e a última, em 2009, com o estabelecimento do regime da escolaridade obrigatória para as crianças e jovens que se encontram em idade escolar e a consagração da universalidade da educação pré-escolar para as crianças a partir dos 5 anos de idade⁵.

Atualmente, o ensino básico é universal, obrigatório e gratuito e compreende três ciclos sequenciais, sendo o primeiro de quatro anos, o segundo de dois e o terceiro de três. O ensino secundário é obrigatório e compreende um ciclo de três anos (10.º, 11.º e 12.º anos de escolaridade).

Para além deste documento, muitos outros têm influência direta na organização e vida das escolas, como por exemplo o Estatuto da Carreira Docente, o Estatuto do Aluno e Ética Escolar, só para mencionar alguns mais significativos.

Assumindo o sentido atribuído por Gowin (1981), a governança inclui fatores sociológicos importantes que contribuem para a melhoria do ensino, entre os quais se podem contar os ambientes na sala de aula, que desempenham papel importante na aprendizagem dos alunos.

Ao mesmo tempo que os alunos constroem significados sobre os conteúdos programáticos, constroem também representações sobre a própria situação didática e sobre si próprios, em que tanto podem surgir como pessoas competentes ou como inábeis. Além disso, o modo de encarar os outros elementos presentes na situação de

⁵ A Lei n.º 65/2015 altera a educação pré-escolar a partir dos 4 anos

aprendizagem pode ir desde o considerá-los como pessoas que partilham dos mesmos objetivos a rivais e sancionadores. Tudo isto acontece no decurso das interações que se estabelecem na turma, no decorrer das tarefas quotidianas, entre alunos e entre os alunos e o professor (Coll, 2001).

O modo como o professor ouve e fala com os alunos ajuda-os a pensarem criticamente sobre aquilo que estão a aprender e proporciona um ambiente onde é possível fazer perguntas, tanto ao professor, como aos colegas. Por outro lado, as questões colocadas pelos alunos são importantes para, através delas, os professores poderem detetar em que nível de desenvolvimento se encontram e o modo como operam enquanto aprendentes (Gould, 1996).

A análise da relação educativa, enquanto relação interpessoal, mostra que os processos de comunicação e de influência entre professor e aluno dependem da maneira como a relação se estrutura e do modo como se desenvolve. Por outro lado, essa interação é afetada pelas representações mútuas dos seus intervenientes. Quando um professor entra na sala de aula possui uma ideia acerca dos seus alunos que vai influenciar o que lhes vai propor, a forma de o propor e avaliar; de modo análogo, a percepção que os alunos fazem do professor fará com que interpretem essas propostas de uma ou de outra maneira. A atribuição de significado ao que uns e outros fazem ou devem fazer depende, não só da imagem que cada um tem de si próprio, mas também da imagem que tem do seu interlocutor e da forma como acredita que o outro o vê a ele (Solé, 2001).

A falta de um corpo teórico sólido sobre ambientes de aprendizagem, acrescida à tradicional separação entre a teoria e a prática da educação, fez com que os professores, durante muito tempo, no que respeita ao ambiente na sala de aula, atuassem muito mais por intuição e por força das suas conceções pessoais, em grande parte resultantes das suas próprias experiências como alunos, do que com base num suporte teórico.

Este suporte teórico consolidou-se apenas a partir dos anos 60 (Fraser, 1986, *in* Sebela, 2001) quando dois educadores, H. J. Walberg e Moos, começaram a debruçar-se sobre o problema da criação de bons ambientes de aprendizagem. Foi a partir de então que começou uma reflexão sistemática sobre as características dos ambientes de sala de

aula capazes de se adequar a um ponto de vista construtivista acerca da aprendizagem, ambientes esses que vários investigadores designam como construtivistas, confrontando-as com as características dos ambientes tradicionais. Esta reflexão envolveu diversos autores (Cunningham, Duffy e Knuth, 1993; Savery e Duffy, 1995; Jonassen e Tessmer, 1997 citados por Harper e Hedberg, 1997; Brooks e Brooks, 1997; Solé e Coll, 2001; Solé, 2001; Valadares, 2014). Num ambiente construtivista, predomina o respeito mútuo e o sentimento de confiança, em que a busca das razões do erro constitui um processo formativo. Há lugar para o esforço e a solidariedade, para a exigência e a responsabilidade, de modo a garantir uma maior autonomia dos alunos e fomentar a autoestima e a motivação para continuar a aprender.

2.3.4.1 - Reflexões sobre a governança

Com o 25 de Abril deu-se uma inestimável expansão do ensino, que se democratizou perdendo o carácter elitista que o caracterizava. As escolas proliferaram por todo o país para facilitar o acesso de todos à educação, num processo que se foi consolidando ao longo dos anos.

Como referem Cachapuz, Praia e Jorge (2002), o foco da questão passou de *mais acesso* para o da *mais qualidade*; o que significa redefinir o papel da escola, os saberes e competências que os alunos devem adquirir.

Concordamos com os mesmos autores quando apontam o desfasamento entre os currículos de Ciências e o mundo real onde vivem os alunos como uma das razões possíveis para explicar o grande desinteresse dos jovens pela cultura científica. Trata-se de contextualizar e humanizar a Ciência. Uma tal abordagem requer do professor o desenvolvimento de novas competências e, por conseguinte, necessita de uma formação diferenciada da formação centrada apenas nos conteúdos de uma determinada disciplina.

A formação de professores afigura-se-nos, por isso, de extrema importância, quer a inicial, quer a contínua.

Na atualização em 2010 do Estatuto da Carreira Docente, o ponto 2 do Art. 40 refere que

“A avaliação do desempenho do pessoal docente visa a melhoria da

qualidade do serviço educativo e das aprendizagens dos alunos e proporcionar orientações para o desenvolvimento pessoal e profissional no quadro de um sistema de reconhecimento do mérito e da excelência”.

Creemos que a avaliação de desempenho dos professores poderia constituir um importante momento para implicar os próprios professores na reflexão crítica e contextualizada sobre o trabalho realizado com vista ao seu desenvolvimento profissional. Contudo, a prática centra-se principalmente na avaliação como prestação de contas para efeitos de progressão na carreira.

Ser professor hoje não é fácil. À escola e ao professor a sociedade vai, progressivamente, atribuindo todas as missões: espera-se que previna e combata a droga e a toxicodependência, eduque para a cidadania, para o empreendedorismo e para a preservação do ambiente e do património cultural, desenvolva hábitos alimentares saudáveis, promova a educação sexual e a prevenção rodoviária, combata a violência e o racismo, no que Nóvoa (2009) chamou de “escola transbordante”.

Por cada nova competência que se lhes exige, sem a correspondente formação, o professor vai atingindo níveis cada vez mais preocupantes de improficiência no cumprimento desses novos saberes que se lhe impõem e para os quais não foi preparado, aumentando os seus níveis de *stress* e de erosão profissional (Ruivo *et al*, 2008).

As famílias e os alunos deviam poder escolher a sua escola e, ao mesmo tempo, participar na definição do seu projeto educativo. Mas, como adverte Nóvoa (2009), sempre no contexto de uma dimensão pública, ou seja: os alunos podem escolher a sua escola, mas as escolas não podem escolher os seus alunos. Dito de outro modo, as escolas não devem usar esta liberdade para selecionar socialmente os seus alunos, introduzindo fatores de discriminação e de desigualdade no acesso ao serviço público de educação.

O modo como cada escola define – e sobretudo, concretiza – o seu Projecto Educativo é outro aspeto importante da Governança. A liberdade na construção de diferentes projetos educativos advém da autonomia concedida às escolas em vez da homogeneização que caracterizou a história do século XX e tem permitido, apesar de vários constrangimentos, a adoção de variadas medidas de apoio às aprendizagens, não

considerando o insucesso e o fracasso como fatalidades impossíveis de combater. Mas o sucesso de cada aluno, a meu ver, passa por fazer bem aquilo para que tem aptidão. Para além de uma base comum de conhecimentos, é importante promover percursos alternativos, onde cada um possa encontrar um sentido para a Escola.

Estamos conscientes de que o ensino é condicionado por vários fatores de governança sobre os quais não temos qualquer domínio, como por exemplo, o número de alunos por turma, mas tal facto não nos iliba do comprometimento de fazermos o nosso melhor, no que desejaria que fosse uma responsabilidade partilhada com as famílias e muitas outras instituições públicas e privadas.

2.3.5 - REFLEXÕES FINAIS

As grandes reformas da educação não se atingem só por mudanças legislativas ao nível dos currículos, mas com transformações em todos os lugares comuns da educação: professor/ensino, aluno/aprendizagem e, o que é muito importante, também na governança, de dentro e de fora da Escola (Novak e Gowin, 1999).

Afigura-se-nos importante que os professores tenham conhecimentos atualizados de Epistemologia, Psicologia da Educação e História e Filosofia da Ciência. Longe de assentar numa conceção autoritária do seu saber, o “poder” do professor deverá alicerçar-se na sua capacidade de analisar as condições, as características e as consequências do seu ensino.

Ser bom professor exige esforço, dedicação, mas também uma rigorosa formação científica, além de estar sujeito obviamente a fatores de «governança» que o transcendem e que poderão influenciar mais ou menos o seu trabalho.

E, se ao professor cabe auxiliar a aprendizagem dos alunos, estes são em última análise os maiores responsáveis pela sua própria aprendizagem.

O currículo, enquanto processo, define-se como uma proposta que pode ser interpretada pelos professores de diferentes modos e aplicada em contextos diferentes; por isso, só por si não garante uma mudança de atitudes e da prática dos professores. Em última análise, como refere Pacheco (1996), a construção do currículo ocorre em interdependência com todos os atores sociais.

Somente abordando a ação educativa desta forma integrada, com o apoio das autoridades educativas e das comunidades locais, ela poderá dar resposta às múltiplas expectativas que nela se depositam.

CAPÍTULO III

METODOLOGIA

A educação é uma atividade complexa que idealmente deveria resultar da articulação entre a teoria e a prática. Tal complexidade, onde o trabalho é ainda mais dificultado pelo carácter de artefactos que possuem os acontecimentos estudados, aconselha alguma flexibilidade no modo de construir e interpretá-los, mas é igualmente imprescindível que a investigação seja programada e guiada pela teoria; se a investigação em ciências da educação não for programada, a probabilidade de revelar novos conhecimentos será muito diminuta (Novak e Gowin, 1999).

A realidade é silenciosa e para obter respostas é necessário questioná-la.

O conhecimento, quer nas ciências ditas exatas, quer dos fenómenos sociais, assenta em hipóteses teóricas que devem ser confrontadas com dados de experimentação ou de observação. Toda a investigação deve, por isso, basear-se em alguns princípios estáveis e idênticos. Sob as formas e processos mais variados, as investigações desenrolam-se entre uma reflexão teórica e um trabalho empírico. As hipóteses constituem a charneira deste movimento (Quivy e Campenhoudt, 1992).

Bachelard (1976) resumiu o processo científico afirmando que o facto científico é conquistado, construído, constatado; conquistado sobre os preconceitos, construído pela razão e verificado nos factos. A mesma ideia é retomada por Bourdieu, Chamboredon e Passeron (1968), citados por Quivy e Campenhoudt (1992), que destacam a hierarquia dos atos epistemológicos: a produção científica impõe a subordinação da constatação à construção e da construção à rutura.

Avançar na prossecução do alcance de um objetivo requer procedimentos planeados de modo a uma melhor adequação aos fenómenos ou aos domínios estudados.

Como afirmam Quivy e Campenhoudt (1992), o mais importante é que o investigador seja capaz “de conceber e pôr em prática um dispositivo para a elucidação do real, (...) que nunca se apresentará como uma simples soma de técnicas (...), mas sim como um percurso global do espírito que exige ser reinventado para cada trabalho” (1992:15).

A metodologia sustentar-se-á nos métodos usados para responder à questão-foco, nos caminhos já percorridos, retirando deles a renovação criadora, cabendo-lhe a organização crítica das práticas de investigação.

Neste capítulo, damos conta dos acontecimentos/objetos que foram produzidos ou considerados como relevantes para a investigação. Propomo-nos, ainda, face às várias alternativas possíveis, justificar as opções metodológicas tomadas ao longo da investigação, cuja questão-foco, relembramos, é a seguinte:

“Em que medida o recurso à História da Ciência pode melhorar o processo ensino/aprendizagem da Química e a imagem que os alunos têm desta Ciência?”

3.1 - Opções Metodológicas

Desde o início da planificação, a metodologia da pesquisa, com especial relevo para a preparação dos instrumentos e dos procedimentos de investigação, deve ser pensada num determinado quadro teórico. Como referem Almeida e Pinto (1999), só a teoria – património acumulado de interpretações provisoriamente validadas – constitui um ponto de partida adequado para a pesquisa. As ciências, em cada momento, são um conjunto de resultados. Mas o caminho que conduz a tais produtos, acrescentando-lhes ou contestando novos elementos, tem que ser concebido como uma prática específica.

Os procedimentos designados por técnicas são suscetíveis de estudo, independentemente de estarem inseridos numa determinada pesquisa; a aplicação e adaptação desses procedimentos estandardizados a uma investigação concreta são uma tarefa relacionada com a metodologia, tendo como referência a teoria em que o processo considerado se apoia (Almeida e Pinto, 1990).

Madeleine Grawitz considera “*métodos* um conjunto concertado de operações que são realizadas para atingir um ou mais objetivos, um corpo de princípios que presidem a toda a investigação organizada, um conjunto de normas que permitem selecionar e coordenar as técnicas”, enquanto define *técnicas* como “procedimentos operatórios rigorosos, bem definidos, transmissíveis, suscetíveis de serem novamente aplicados nas mesmas condições, adaptados ao tipo de problema e aos fenómenos em causa” (Grawitz, 1993, citada por Carmo e Ferreira, 1998: 175).

A escolha das técnicas será feita consoante o objetivo que se quer atingir, o qual, por sua vez, irá influenciar o método de trabalho. Ou seja: gera-se uma interdependência entre *técnicas* e *método*, que pode acarretar, segundo a mesma autora, alguma confusão e que convém clarificar. Enquanto a técnica representa a etapa de operações ligadas a elementos concretos, o método é uma “concepção intelectual coordenando um conjunto de operações” (idem: 175).

Tentar uma classificação dos métodos e das técnicas é uma das principais funções do pesquisador na definição de uma metodologia, que lhe permite realizar a sua função de clarificar as suas áreas de incidência, identificar os principais problemas que suscitam, coligir as soluções exploradas; contudo, essas tentativas de classificação correm o risco de se tornarem receitas apriorísticas e desenraizadas (Almeida e Pinto, 1990). Esta dificuldade reflete-se na grande diversidade de definições de *métodos* e *técnicas de investigação*, variando estas de autor para autor.

Deixando de lado outras possíveis perspetivas, a abordagem mais utilizada na investigação em Educação baseia-se em dois paradigmas: quantitativo e qualitativo, que subscrevem metodologias diferentes (Moreira, 1999a). Escolher um ou outro deverá refletir a intencionalidade do investigador, a forma como observa e interpreta determinado fenómeno, uma vez que está ligado a uma perspectiva paradigmática própria, cuja distinção assenta nas posições filosóficas diferentes das Escolas realista e idealista (e suas subseqüentes reformulações) acerca da maneira de encarar o Mundo e encontrar resposta para a questão “Como conhecemos o que conhecemos?” (Cook e Reichardt, 1986).

O positivismo fundamenta o **paradigma quantitativo**. Considera que cada fenómeno tem apenas uma única interpretação que o investigador tem que captar objetivamente; o investigador quantitativo procura descobrir uma realidade com existência própria, essencialmente estática, da qual deve estar o mais desvinculado possível.

Uma característica do método quantitativo é a formulação e testagem de hipóteses, o estabelecimento de relações causa-efeito entre variáveis. Está ligado à investigação experimental ou quase experimental, o que pressupõe a verificação ou

rejeição das hipóteses, mediante uma análise estatística dos dados, de maneira a chegar a conclusões quantificadas e, se possível, generalizáveis.

Em qualquer caso, como fazem notar Almeida e Pinto,

“aquilo a que se chama experimentação não é mais do que uma das formas possíveis de observação sistemática e controlada. Observação conduzida dentro dos limites e na sequência de certas formulações teóricas e exercida num domínio compatível com o isolamento e a variação voluntária das variáveis.” (Almeida e Pinto, 1990: 98)

Pelo contrário, o **paradigma qualitativo** apoia-se numa posição filosófica que admite a existência duma realidade física, mas que considera a mente como fonte criadora do conhecimento. A realidade não nos é dada, mas sim criada pelos indivíduos.

Numa perspectiva qualitativa, os investigadores focalizam-se na compreensão dos problemas, estão mais interessados em determinar como cada indivíduo percebe o mundo, o que leva a certos comportamentos ou a determinadas atitudes.

O paradigma qualitativo, no dizer de Filstead,

“percebe a vida social como a criatividade compartilhada dos indivíduos. O facto de ser compartilhada determina uma realidade percebida como objetiva, viva e cognoscível. (...) Não concebe o mundo como uma força exterior, objetivamente identificável e independente do homem. Existem, pelo contrário, múltiplas realidades. Neste paradigma os indivíduos são considerados como agentes ativos na construção e determinação da realidade em que se encontram.” (Filstead, 1986: 62)

A dimensão da amostra ou a generalização dos resultados não constitui, regra geral, uma preocupação para esses investigadores. Mais importante do que a generalização dos resultados é saber a que outros contextos e sujeitos podem ser generalizados.

Obviamente, tanto os métodos quantitativos, como qualitativos têm pontos fortes e pontos fracos. Perante tal facto surge a questão: não será possível a utilização conjunta das duas abordagens?

Há autores que combinam os dois métodos satisfatoriamente nos seus trabalhos, como, por exemplo, Cronbach, Miles e Huberman; pelo contrário, Locke, Spirduso e Silverman consideram que essa hibridização, ao contrário do pretendido, levará a um produto de inferior qualidade (Bogdan e Biklen, 1994).

Cook e Reichardt (1986) defendem que não existe nada, a não ser a tradição, que

impeça o investigador de combinar as vantagens dos dois métodos; “não existe razão para que os investigadores se limitem a um dos paradigmas tradicionais, quando podem obter o melhor dos dois” (Cook e Reichardt, 1986: 40). Como vantagens do uso simultâneo e com o mesmo propósito dos dois métodos referem que podem reforçar-se mutuamente, permitindo atingir percepções que nenhum dos dois em separado conseguiria e defendem ainda que o emprego de várias técnicas, com as quais o investigador procederá às correspondentes triangulações, permitirá, pelo uso de um, a comprovação do outro.

Entre posições extremas de investigadores que argumentam que os dois tipos de investigação são inconciliáveis e aqueles que os consideram perfeitamente compatíveis, há os que assumem opiniões intermédias, como Firestone (1987, citado por Moreira, 1999a), que põe o assunto da seguinte maneira:

“Quando focam a mesma questão, os estudos qualitativos e quantitativos podem triangular – isto é, usar diferentes métodos para avaliar a robustez e a estabilidade dos resultados. Quando os estudos que usam diferentes métodos têm resultados similares, pode-se ter mais certeza de que os resultados não estão influenciados pela metodologia.” (Firestone, 1987, citado por Moreira, 1999a: 32)

Também Denzin (1978, citado por Cook e Reichardt, 1986) partilha uma opinião semelhante. Cada método proporciona uma perspectiva diferente da mesma realidade e, por isso, da triangulação das técnicas o investigador terá uma visão mais global do problema, assim “à maneira de um caleidoscópio, que segundo o ângulo em que se sustém revela ao observador diferentes cores e configurações dos objetos” (Cook e Reichardt, 1986: 141).

Eisner (1981, citado por Moreira, 1999a) afirma que “no campo da educação é preciso evitar o monismo metodológico. Os nossos problemas devem atacar-se de todas as maneiras que forem frutíferas. A questão não é opor qualitativo e não qualitativo, mas sim como abordar o mundo educativo” (p. 32).

Mercurio (1979, citado por Bogdan e Biklen, 1994) refere que a estatística descritiva tem sido, frequentemente, apresentada conjuntamente com resultados qualitativos e Fielding e Fielding (1986, citado por Bogdan e Biklen, 1994) acha, não só possível, mas também aconselhável, nalguns casos, o uso das duas abordagens em simultâneo.

Na comparação que Moreira (1999a) faz entre qualitativo e quantitativo na investigação educativa, destaca que a palavra “diferente” é uma palavra-chave no contexto em que se faz tal comparação; são considerados diferentes, não alternativos.

Neste estudo, atendendo às condições de que dispúnhamos, aos objectivos e à natureza das questões colocadas, optámos por uma investigação qualitativa de orientação interpretativa.

Segundo Moreira (1999a), a designação de *investigação qualitativa* é muito abrangente. Erickson (1986, citado por Moreira 1999a) prefere a designação de *interpretativa*, superando a conotação de “oposta à quantitativa” e, sobretudo, evidenciando que o interesse da investigação se centra na questão dos significados que as pessoas atribuem a acontecimentos e objetos, nas suas ações e interações dentro de um dado contexto e na clarificação desses significados por parte do investigador. A investigação interpretativa procura analisar criticamente cada significado em cada contexto. O investigador nesta perspectiva interroga-se continuamente acerca do significado que têm as acções e os acontecimentos do ensino, da aprendizagem, da avaliação, do currículo, para os indivíduos que deles participam (Moreira, 1999a).

As características gerais da investigação qualitativa são enunciadas por Bogdan e Biklen (1994):

- a fonte direta dos dados é o ambiente habitual de ocorrência, sendo o entendimento que o investigador tem deles o instrumento-chave da análise;
- a investigação é descritiva, assumindo a palavra escrita particular importância, tanto para o registo dos dados como para a divulgação dos resultados;
- os investigadores qualitativos têm em conta o próprio processo de investigação e não apenas os produtos resultantes desse processo;
- os dados são analisados de forma indutiva;
- compreender as situações na perspectiva dos participantes em cada situação é fundamental. A influência do sujeito, particularmente no conhecimento dos fenómenos sociais e, em especial, nos fenómenos educativos, faz-se sempre sentir.

Creemos que estas características se adequam ao nosso trabalho na medida em que observámos participativamente, integrando um ambiente a que também pertencíamos –

a sala de aula –, anotando o que ocorreu neste ambiente, registando dados, analisando os documentos produzidos pelos alunos e os dados obtidos da observação que nos possibilitaram a descrição e a compreensão de comportamentos e situações num determinado contexto.

Todas as considerações sobre fiabilidade e validade de um estudo qualitativo convergem, segundo Moreira (1999a), num ponto: a necessidade de descrever com precisão e pormenor tudo o que foi feito; ou seja: referindo o estatuto do investigador em relação ao grupo estudado, o seu grau de participação, fontes de informação, o contexto físico e social em que os dados foram recolhidos, bem como os métodos de recolha e de análise dos mesmos, assim como os pressupostos e a teoria subjacentes ao estudo.

Procurou-se assegurar a validade interna pela triangulação de estratégias de recolha de dados. Tendo em conta que o estudo decorreu numa única turma, logo numa amostra de pequena dimensão e constituída de modo não aleatório, estamos conscientes de que, no que diz respeito à validade externa (Carmo e Ferreira, 1998; Jesuíno, 1999), o efeito verificado pode ser específico do grupo observado, o que acarreta problemas relacionados com a generalização dos resultados.

3.2 - O Investigador como Instrumento da Pesquisa

Da observação e análise das interações entre as principais variáveis em jogo numa situação educativa e dos processos por elas desencadeados, se poderá avaliar a eficácia da estratégia adotada.

Porém, os acontecimentos vão surgindo quase sempre de maneira inesperada, não programável, com escasso controlo por parte do investigador, que é obrigado a reagir de imediato, seleccionando, de uma realidade que se lhe apresenta complexa e cheia de diversidade, aqueles que considerar mais significativos, com maior interesse, podendo a sua interpretação estar influenciada pelas suas convicções.

Cada investigação é, por isso, um caso único, que o investigador tem que tratar recorrendo à sua própria reflexão e bom senso. É possível recolher uma infinidade de dados sobre qualquer fenómeno, mas torna-se necessário atribuir-lhes um significado.

Assim, o próprio investigador é um instrumento importante na pesquisa (Costa,

1999). O investigador é o “instrumento” de recolha de dados; a qualidade destes irá depender, em muito, da sensibilidade, conhecimento e integridade do investigador.

Daí que haja a necessidade de estruturar a observação de acordo com os objetivos do estudo, de onde emerge a importância de observar um determinado aspeto do comportamento, procurando assegurar o mais possível uma posição neutra.

Outra questão a considerar é o impacto da presença do investigador no contexto do estudo.

3.3 - Observação participante

A nossa observação, em sala de aula, pode considerar-se do tipo participante, assumindo a definição apresentada por Almeida e Pinto (1990), para quem a característica que distingue a *observação participante* das demais corresponde à inclusão do observador no grupo observado, o que possibilita uma análise global e intensiva do objeto de estudo. Tal definição é corroborada por Quivy e Campenhoudt (1992) e por Carmo e Ferreira (1998) ao considerar como *observação não participante* apenas aquela em que não há qualquer tipo de interação entre o observador e o objeto de estudo, no momento da observação.

Assumir uma função em que simultaneamente se é investigadora e professora na sala de aula é uma tarefa complexa, envolvendo em si dois papéis em constante dialética: o de observador e o de participante, com aspetos positivos e outros desfavoráveis. Se, por um lado, a investigadora não é vista como uma intrusa e o ambiente da aula não se altera com a sua presença, por outro lado a objetividade da observação pode ser afetada. Para minimizar este efeito, os dados recolhidos em cada aula foram de imediato registados.

3.4 - O Contexto da Investigação

A produção de conhecimento ocorre dentro de um determinado contexto cultural, social, etc., que a influencia.

O presente estudo foi realizado numa turma do 9º Ano de uma Escola Secundária com 3º Ciclo.

Devido à facilidade de contactos, a Escola escolhida para desenvolver a investigação

foi aquela em que a pesquisadora lecionava. Este é, aliás, um critério que Quivy e Campenhoudt (1992) consideram importante ao circunscrever a prática da investigação num espaço geográfico e social e no tempo: os prazos e os recursos de que o investigador dispõe, os contactos e as informações com que pode contar. Segundo estes autores, a maior parte das vezes, o campo da investigação situa-se no meio onde vive o próprio investigador, não constituindo, à partida, tal facto nem uma vantagem, nem um inconveniente.

Outro aspeto a ter em consideração para minimizar o impacto da presença do investigador no local onde se desenvolve o estudo é que ele faça parte daquele contexto social ou que com ele esteja fortemente familiarizado.

3.4.1 - A investigação na sala de aula

Cada sala de aula constitui uma unidade social distinta, com o seu conjunto de relações, a sua atmosfera psicológica e um clima social característico (Sprinthall e Sprinthall, 1990).

A investigação na sala de aula reveste-se, por isso, de características muito específicas, uma vez que os acontecimentos estão inter-relacionados, são complexos e influenciados pelos estudantes, pelos materiais educativos, pelos professores, pelo clima social da escola e da comunidade e por um grande número de interações entre eles, variáveis com o tempo (Novak e Gowin, 1999).

Ainda segundo estes autores, os investigadores na educação que “efetuam os seus estudos na sala de aula trocaram parte do controlo e da reprodutibilidade dos acontecimentos investigados em laboratório pela maior facilidade de generalização que oferece a investigação na aula” (1999: 29).

Vários investigadores em educação realçam a necessidade de considerar os resultados práticos de uma investigação. Partilhamos o ponto de vista de Langeveld (1965, citado por Bell, 1997) que é de opinião que não basta “conhecer factos e compreender relações em nome do saber, mas também pretendemos conhecer e compreender com o objetivo de sermos capazes de agir e agir melhor do que anteriormente”. Também Cachapuz (1995) propõe envolver cada vez mais professores

em equipas de investigação centrada na sala de aula, como contributo para implementar mudanças ao nível das práticas pedagógicas.

O aluno já tem ideias sobre as coisas e estas ideias ou concepções prévias desempenham um papel nas experiências de aprendizagem. Muitos autores, como Ausubel, Piaget e Wallon, incluíram esta noção como elemento integrante das suas teorias, o que significa que, o que os alunos aprendem depende, pelo menos em parte, do que já trazem “na cabeça”, assim como do contexto de aprendizagem no qual se encontram (Driver, Guesne e Tiberghien, 1996).

Esta concepção da aprendizagem, como um processo de construção do conhecimento, leva a que se considere o que se passa numa sala de aula, numa perspectiva simultaneamente psicológica e sociológica.

Essa prática tem lugar na sala de aula, onde professor e alunos, em conjunto, estabelecem certas normas e práticas, de tal modo que a turma se assume com uma organização e cultura próprias. O conhecimento é co-construído através das interações que lhes permitem desenvolver um conjunto de significados comuns conducentes a uma comunicação efetiva.

Como refere Coll (2001), na turma, a aprendizagem reveste-se de uma dupla dimensão, de socialização e também de individualização, na medida em que o aluno constrói a sua própria e única interpretação do conhecimento. De facto está-se a construir algo – enquanto atribuição de um significado pessoal – mas, num determinado sentido: essa criação pessoal do aluno deve seguir um rumo conducente a uma aproximação ao culturalmente estabelecido.

Ao mesmo tempo que os alunos constroem significados sobre os conteúdos programáticos, constroem também representações sobre a própria situação didática – que pode ser encarada como estimulante ou, pelo contrário, sem qualquer interesse – e sobre si próprios, em que podem surgir como pessoas competentes ou inábeis. Além disso, o modo de encarar os outros elementos, presentes na situação de aprendizagem, pode ir desde o considerá-los como pessoas que partilham dos mesmos objetivos e capazes de o ajudar ou então considerá-los como rivais e sancionadores (Coll, 2001). Para que uma aprendizagem tenha lugar, a atitude de quem aprende deve ser positiva em

relação a si próprio e aos outros (Berbaum, 1992). Tudo isto acontece no decurso das interações que se estabelecem na turma, no decorrer das tarefas quotidianas, entre alunos e entre os alunos e o professor.

Parece-nos, por isso, que a turma, no contexto de sala de aula, será a amostra adequada para a realização de um trabalho de investigação cujos resultados se pretende possam ter aplicação na prática pedagógica.

3.4.2 - Caracterização da turma

Os dados de que não dispúnhamos para a caracterização da turma foram facultados pela Diretora de Turma, que nos proporcionou uma consulta aos Dossiers de Turma. Procurou-se, deste modo, que a recolha de dados fosse o mais rigorosa possível, recorrendo a uma fonte fidedigna.

Número de alunos

Tabela 3.1 – Número de alunos

Alunos do sexo feminino	11
Alunos do sexo masculino	9
Total de alunos	20

Destes 20 alunos um era repetente, outros dois tinham Necessidades Educativas Especiais (NEE); quatro alunos frequentavam a Escola pela primeira vez.

Idade dos alunos

Tabela 3.2 – Idade dos alunos

Idade (anos) ⁶	Nº	%
13	1	5,0
14	11	55,0
15	5	25,0
16	3	15,0
Moda	14	
Média	14,5	

⁶ No início do ano lectivo

Notas obtidas no final do 8º Ano em Ciências Físico- Químicas

Tabela 3.3 – Notas obtidas pelos alunos no final do 8º Ano em Ciências Físico-Químicas

Nível	Nº	%
1	0	0,0
2	6	30,0
3	11	55,0
4	3	15,0
5	0	0,0
Moda	3	
Média	2,85	

Estrato socioeconómico

A estratificação social, em diversos trabalhos (Estrela, 1994), tem como principal indicador a profissão.

Para além do aspeto económico, as expectativas que os pais possuem em relação à Escola e que se irão refletir nos próprios filhos são também uma questão cultural, que terá mais a ver com o nível de instrução do que propriamente com o económico. Daí o ter-se recolhido informação sobre o nível de instrução dos pais dos alunos que permitiu seguir uma tipologia de classificação social usada por Gomes (1987) do Departamento de Sociologia da Educação e Administração Educacional do Instituto de Educação e Psicologia da Universidade do Minho, que contempla os dois aspetos (Ver Anexo I).

O resultado dessa caracterização é apresentado de forma sintetizada na Tabela 3, e encontra-se pormenorizada em anexo (Anexo II).

Tabela 3.4 – Caracterização socioeconómica da turma

Posição social	Nº	%
PS 1- Classe alta	1	5
PS 2 – Classe Média Alta	5	25
PS 3 – Classe Média Baixa	7	35
PS 4 – Classe Operária	7	35

3.4.3 - Caracterização da Escola

Procedeu-se também à caracterização da Escola, uma vez que, como foi atrás assumido, o clima social da escola e da comunidade influenciam os acontecimentos na sala de aula. A Escola, como sistema social, não é um local onde os indivíduos agem de maneira totalmente desligada e liberta, mas, pelo contrário, o seu comportamento é interdependente e de certo modo predizível (Arends, 1995).

A selecção de dados relativos a “estruturas institucionais constituem a base para a descrição do meio próximo em que o aluno desenvolve as suas actividades, isto é, a Escola” (Estela, 1994: 293).

Na caracterização da Escola teve-se em conta diversos elementos desta enquanto estrutura física, social e cultural. Os elementos recolhidos baseiam-se no relatório para a autoavaliação da Escola realizado em 2010.

a) Elementos de Identificação

Trata-se de uma Escola Secundária com 3º ciclo do Ensino Oficial, na dependência do Ministério da Educação, situada na cidade de Lisboa.

Foi criada no ano de 1965. O edifício da escola, obra de autor, é uma marca da arquitetura modernista na cidade, conjugando a funcionalidade com linhas arquitetónicas abertas e modernas. O edifício é, além disso, enquadrado por amplos espaços verdes.

Dimensionada para cerca de 700 alunos, inicialmente funcionou como um liceu masculino, passando posteriormente a ser uma escola secundária para ambos os sexos.

Atualmente é o resultado da fusão de duas Escolas secundárias, em virtude da reorganização da rede escolar no ano 2003/2004.

b) A Escola e o Meio

Entre as *potencialidades/pontos fortes* há a referir a localização próxima de empresas e entidades com as quais pode estabelecer parcerias.

Quanto às *debilidades/pontos fracos*, há a ter em conta que a Escola se situa numa zona onde vivem cada vez menos jovens em idade escolar e o deficiente serviço de transportes públicos nessa zona.

Com vista a fortalecer os valores da convivência cívica e da cidadania, têm sido organizadas festas de confraternização e convívio interculturais, bem como actividades com a participação dos Pais e Encarregados de Educação e o apoio de individualidades e instituições ligadas à comunidade, de modo a reforçar uma ação dinâmica de ligação ao meio, procurando o envolvimento de toda a sociedade onde se insere.

c) Recursos Humanos

O **corpo docente** é constituído por professores na sua maioria pertencentes ao Quadro da Escola, predominantemente feminino e que se situa maioritariamente na faixa etária dos 50 aos 59 anos.

Tabela 3.5 – Caracterização do corpo docente

Vínculo	N.º Profs.
Quadro	111
Além Quadro	13
C. Termo	19
Total	143

Género	N.º Profs.
Feminino	107
Masculino	36
Total	143

Idade	N.º Profs.
20 - 29	7
30 - 39	26
40 - 49	29
50 - 59	66
60+	15
Total	143

Distribuem-se pelos seguintes Departamentos/Grupos disciplinares

Tabela 3.6 – Número de docentes por Departamento

Departamento / Serviço	Grupo	N.º de Professores	Total
Matemática e Ciências Experimentais	500 – Matemática	18	47
	510 – Física e Química	11	
	520 – Biologia e Geologia	10	
	550 – Informática	8	
Ciências Sociais e Humanas	290 – EMR	1	30
	400 – História	5	
	410 – Filosofia	8	
	420 – Geografia	8	
	430 – Economia e Contabilidade	8	
Expressões	530 – Educação Tecnológica	3	32
	600 – Artes Visuais	16	
	620 - Educação Física	10	
	999 – Técnicas Especiais	3	
Línguas	300 – Português	20	32
	330 – Inglês	10	
	350 – Espanhol	2	
SPO	910 – Educ. Especial 1	1	2
	500 – Matemática	1	
	Psicóloga (Técnica)	(1)	
Total			143

O corpo de **assistentes** é também predominantemente feminino e situa-se maioritariamente na faixa etária dos 50 aos 59 anos,

Tabela 3.7 – Caracterização do corpo de assistentes

Género		Idade	
	N.º		N.º
Feminino	38	30 - 39	11
Masculino	3	40 - 49	12
Total	41	50 - 59	17
		60+	1
		Total	41

distribuindo-se nas seguintes categorias:

Tabela 3.8 – Número de assistentes por categoria

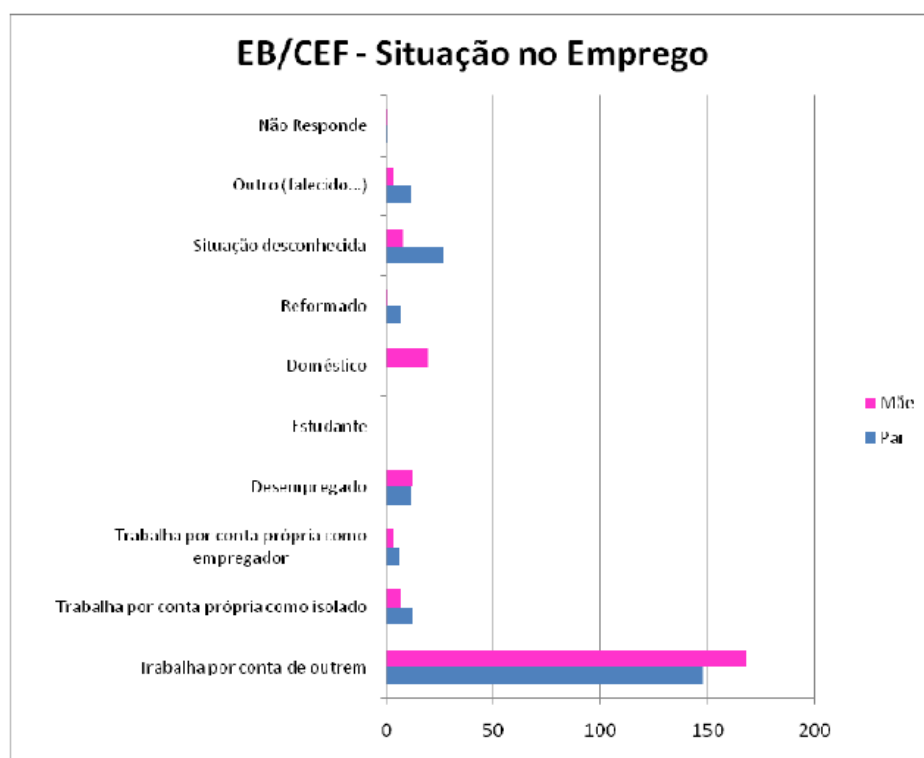
Categoria	N.º
Chefe SAE	1
Assist. Técnico	9
Assist. Operacional	31
Total	41

d) Pais e Encarregados de Educação

Tendo o estudo decorrido numa turma do Básico, optou-se pela caracterização dos Pais/Encarregados de Educação apenas para aquele ciclo de escolaridade.

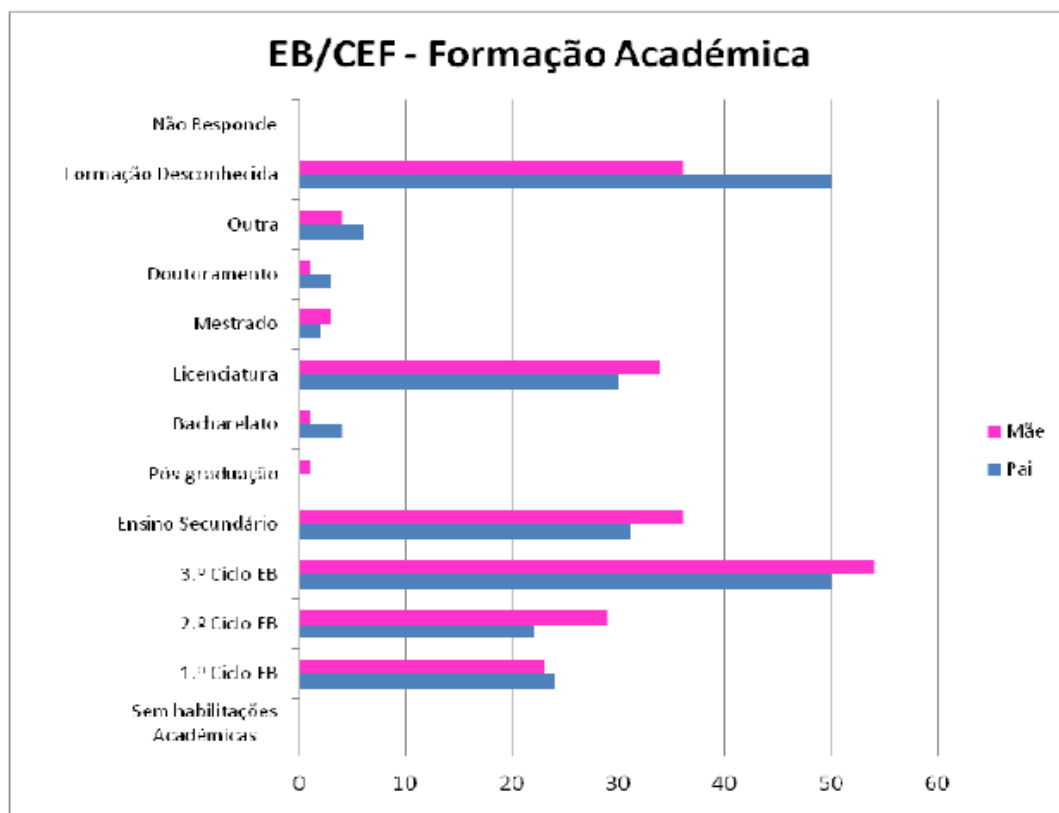
No Ensino Básico (EB), a maioria dos Pais/Encarregados de Educação é trabalhador por conta de outrem.

Gráfico 3.1 – Situação no emprego dos Pais e E.E. dos alunos do Ensino Básico



Quanto à formação académica, verificou-se

Gráfico 3.2 – Formação académica dos Pais e EE dos alunos do Ensino Básico



e) População Escolar

O total de alunos matriculados na escola tem vindo a decrescer, depois de ter atingido o pico máximo em 2006/07, com um total de 1037 alunos.

Gráfico 3.3 – Total de alunos matriculados (2005/6 – 2009/10)

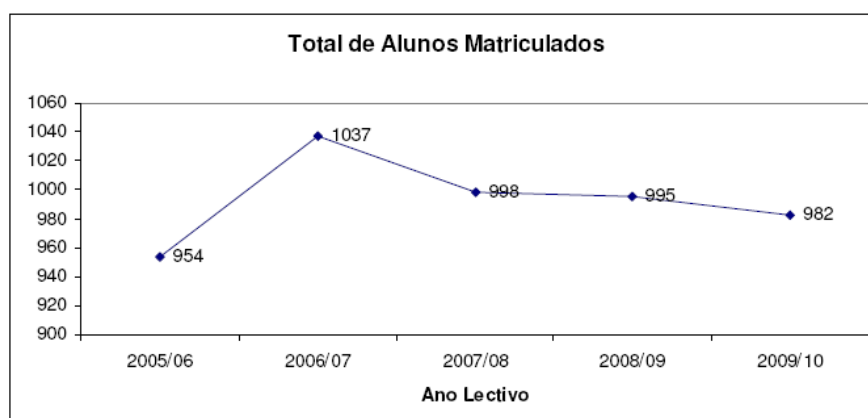
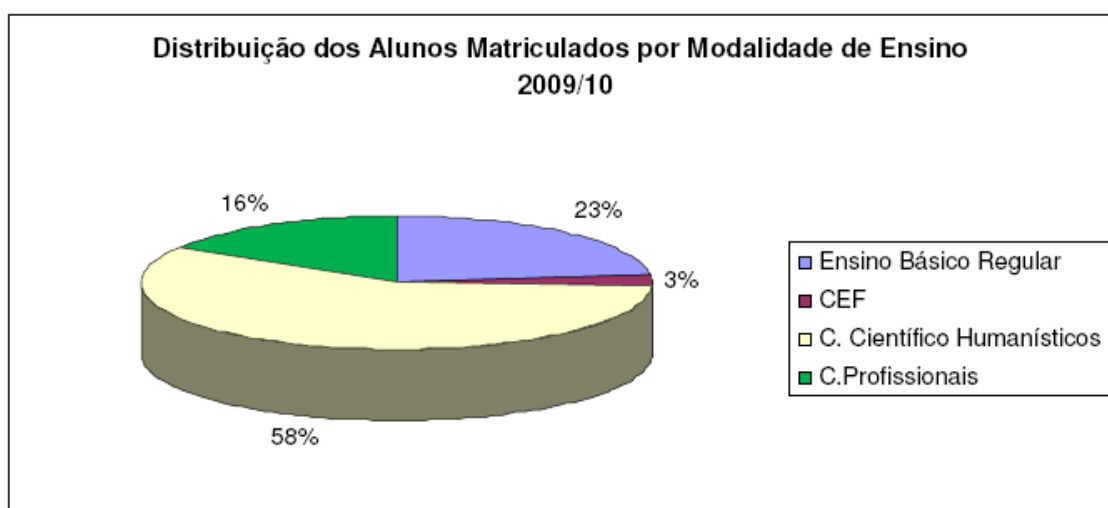


Tabela 3.11 – Distribuição por género dos alunos matriculados em 2009/10

	Feminino	Masculino
%	53	47

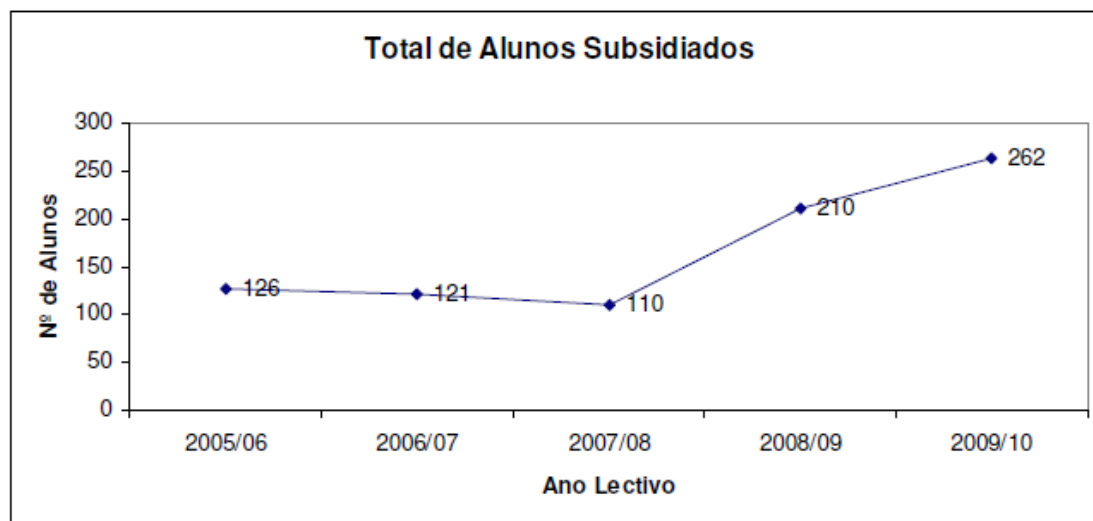
No ano lectivo de 2009/10, e à semelhança de anos anteriores, a maioria dos alunos frequentava os Cursos Científico-Humanísticos (CCH)

Gráfico 3.4 – Distribuição dos alunos por modalidade de ensino em 2009/10



Acção Social Escolar

Gráfico 3.5 – Total de alunos subsidiados (2005/6 – 2009/10)



Média de Idades

Gráfico 3.6 – Média de idades dos alunos do Ensino Básico

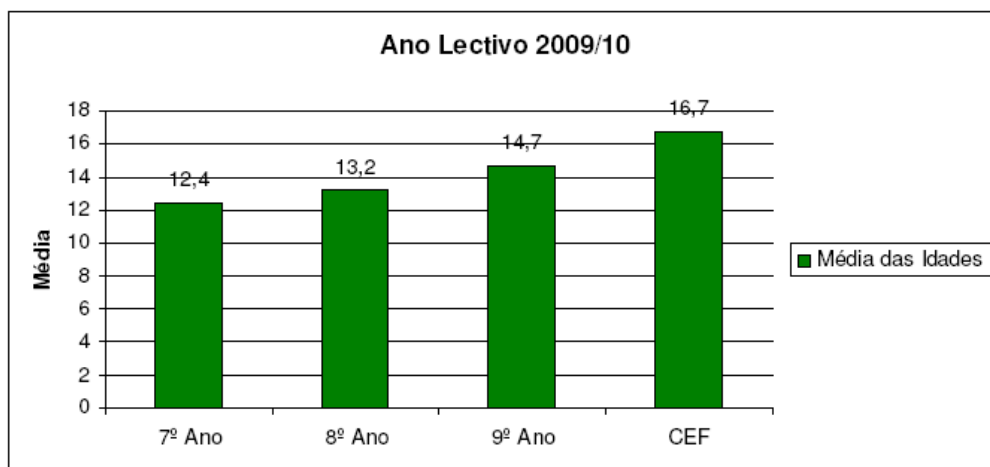


Gráfico 3.7 – Média de idades dos alunos do Ensino Secundário CCH

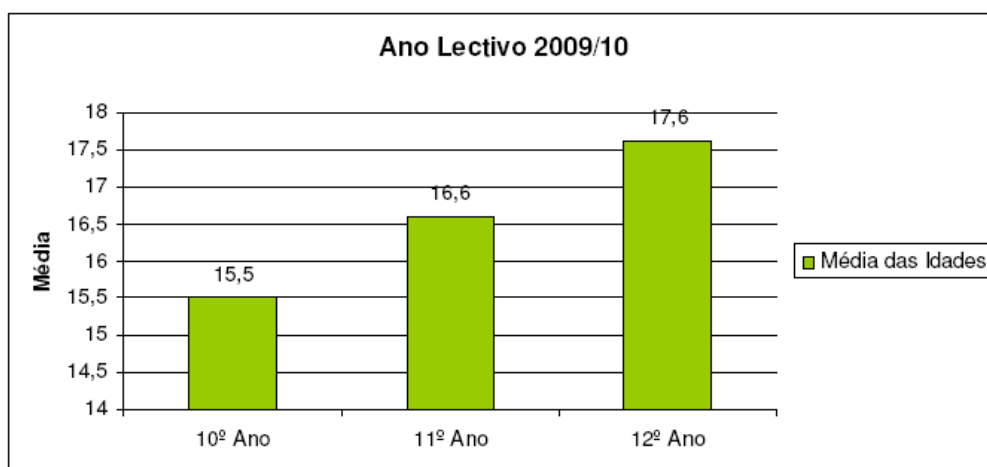
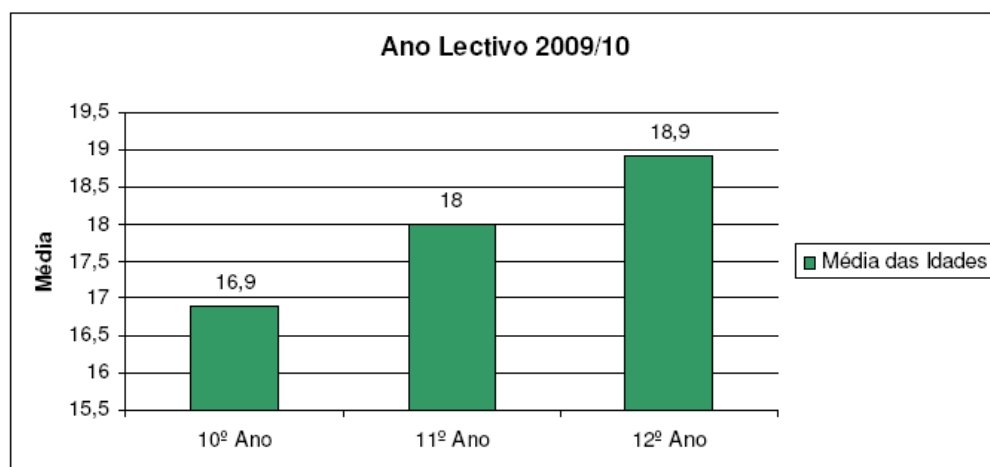
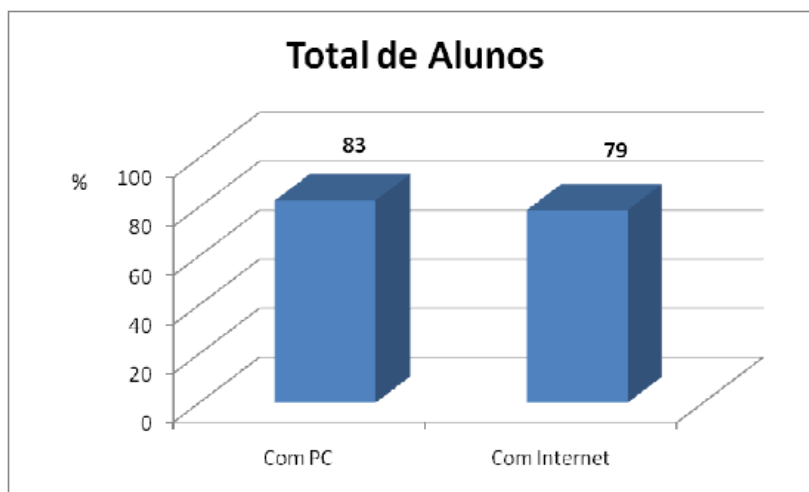


Gráfico 3.8 – Média de idades dos alunos do Ensino Profissional



Uma percentagem significativa de alunos tem computador e internet

Gráfico 3.9 – Percentagem de alunos com computador e com internet (2009/10)



f) Sucesso/Insucesso

Tendo o estudo decorrido numa turma do Básico, optou-se pela caracterização do sucesso/insucesso apenas para aquele ciclo de escolaridade.

Tabela 3.12 - Nº de alunos excluídos por faltas no Ensino Básico (2005/06 – 2009/10)

Ensino Básico				
Exclusão por Faltas (%)	7º Ano	8º Ano	9º Ano	CEF
2005/06	4,1	0	1,1	0
2006/07	1,9	0	0	2,9
2007/08	2,7	0	0	8,2
2008/09	0	0	0	13

Tabela 3.13 - Nº de anulações de matrícula no Ensino Básico (2005/6 – 2009/10)

Anulações de matrícula (%)	7º Ano	8º Ano	9º Ano	CEF
2005/06	2,0	0	2,2	0
2006/07	4,8	2,5	5,4	8,9
2007/08	0	0	1,4	0
2008/09	0	0	0	4,4

Tabela 3.14 - Taxas de abandono escolar no Ensino Básico

Taxa de Abandono (%)	7º Ano	8º Ano	9º Ano	CEF
2005/06	6,1	0	3,3	0
2006/07	6,7	2,5	5,4	11,8
2007/08	2,7	0	1,4	8,2
2008/09	0	0	0	17,4

Tabela 3.15 – Taxas de sucesso escolar⁷ no Ensino Básico

Taxa de Sucesso (%)	7º Ano	8º Ano	9º Ano
2005/06	26,5	28,6	22
2006/07	33,7	25,3	33
2007/08	33,3	42,7	30,6
2008/09	43,3	30,6	50

Tabela 3.16 - Taxas de transição escolar no Ensino Básico

Taxa de Transição/ Conclusão (%)	7º Ano	8º Ano	9º Ano
2005/06	66,3	81,4	61,5
2006/07	71,2	84,8	72
2007/08	69,3	91,5	88,9
2008/09	86,7	90,3	86

3.5 - Acontecimentos/objetos sobre os quais incide a pesquisa

De acordo com as *Orientações Curriculares para o 3.º ciclo do Ensino Básico* (2001), é importante que os alunos adquiram um conjunto de competências que se revelam em diferentes domínios, tais como o conhecimento (substantivo, processual ou metodológico, epistemológico), o raciocínio, a comunicação e as atitudes.

Para o desenvolvimento de competências nestes diferentes domínios é fundamental o envolvimento dos alunos no processo ensino aprendizagem; assim, procurámos proporcionar-lhes a vivência de experiências educativas diferenciadas que fossem de encontro, por um lado, aos seus interesses pessoais despertando-lhes o

⁷ Para efeitos de cálculo da taxa de sucesso do Ensino Básico, foram considerados os alunos que transitaram com classificações positivas a todas as disciplinas curriculares e com a menção de, pelo menos, *Satisfaz* em Área de Projecto, tal como constam na pauta de frequência do 3º período.

interesse acerca do mundo natural à sua volta e, por outro, criar um sentimento de admiração, de entusiasmo e de interesse pela Ciência.

O tema escolhido para o decorrer do estudo foi a **Tabela Periódica**, o que veio a acontecer na segunda metade do 2º Período.

As actividades planeadas para a recolha de dados com vista a dar resposta à questão-foco privilegiaram o uso da linguagem científica, a interpretação de fontes de informação diversas com distinção entre o essencial e o acessório, a vivência de situações de debate que permitiram o desenvolvimento das capacidades de exposição de ideias, defesa e argumentação, expressão do poder de análise e de síntese; foram proporcionadas experiências que visavam promover a curiosidade, a perseverança e a seriedade no trabalho, respeitando e questionando os resultados obtidos, assim como a reflexão crítica sobre o trabalho efetuado, a flexibilidade para aceitar o erro e a incerteza e, se necessário, a reformulação do mesmo.

Os documentos elaborados que serviram de suporte às diversas actividades procuraram traduzir uma estratégia de cariz construtivista, que assenta no pressuposto que os alunos constroem o seu próprio conhecimento. Houve a preocupação de não transformar as fichas de trabalho em lista de instruções, com carácter muito estruturado e essencialmente prescritivo, procurando evitar uma aprendizagem feita pela memorização ou, simplesmente, pelo armazenamento de informação, mas antes pela interpretação desta, de forma a que se tornasse viável a construção de novo conhecimento por parte do aluno (Anexos VII – XI).

Um dos aspetos a que se deu grande importância durante as aulas foi o de encorajar os alunos a ter “um entendimento mais completo do funcionamento do mundo físico, que requer a articulação e a investigação tanto das nossas próprias ideias como das ideias dos outros”(Fosnot, 1996: 87).

Privilegiou-se o diálogo entre alunos e entre estes e a professora e a negociação de soluções, nos trabalhos realizados em grupo, primeiro dentro dos próprios grupos e, em seguida, em relação às várias contribuições dos diferentes grupos, encorajando a reflexão, a discussão de alternativas e a aceitação do contributo dos outros.

Nesses trabalhos manteve-se o que estava estabelecido para a organização dos grupos e as regras de funcionamento que haviam sido discutidas e estabelecidas na aula, pela professora, no início do ano letivo.

Os acontecimentos/objetos elaborados em função dos objetivos, do tipo de investigação e da estratégia adotada foram os seguintes:

- Inquérito de opinião “O que pensas das Ciências Físico-Químicas?”.
- Actividades sobre o tema “Classificação de materiais”.
- Trabalho de pesquisa sobre a “Evolução do modelo atómico”.
- Visita de estudo ao Museu da Farmácia.
- Teste final.

Inquérito de opinião “O que pensas das Ciências Físico-Químicas?”

Este inquérito apresentava duas versões ligeiramente diferentes (Anexos IV e V) e foi respondido pelos alunos em dois momentos distintos: em meados do 1º Período (Anexo IV) e após a conclusão da Unidade sobre a Tabela Periódica (Anexo V).

Tratou-se de um inquérito por questionário sob a forma de questões fechadas, em que se procurou minimizar o subjetivismo de expressão de opiniões pela utilização de um sistema de proposições sobre as quais o inquirido, neste caso o aluno, toma posição.

A formulação das perguntas teve em linha de conta as características da população a quem foram dirigidas. Como salienta Albarello (1992: 52), um questionário “é tanto um ponto de chegada de uma reflexão como o ponto de partida para análises posteriores”.

O questionário proposto foi retirado do livro de texto para o 3º ciclo do Ensino Básico *Viver Melhor na Terra* (Caldeira *et al.*, 2008) com ligeiras modificações (Anexo III). Para melhor assegurar a sua adequação à população-alvo, um grupo de professores da Escola que lecionava turmas do Básico aplicou-o nas respetivas turmas, no início do ano letivo, de forma a melhor garantir a validade interna. Aceitas as alterações propostas passou-se às versões definitivas (Anexos IV e V).

Como o próprio título indica, o objetivo do questionário era conhecer as opiniões dos alunos acerca das Ciências Físico-Químicas antes do estudo e verificar se essas se haviam modificado como consequência deste, nomeadamente, no que diz respeito:

- à compreensão geral das estruturas explicativas da Ciência;
- aos procedimentos da investigação científica;
- ao impacto da Ciência e da Tecnologia no nosso ambiente e na nossa cultura em geral.

A sua aplicação ocupou entre dez a quinze minutos do início de um tempo lectivo e não suscitou grandes dúvidas por parte dos alunos; pontualmente perguntaram o significado de alguns termos.

Classificação de Materiais

As diversas actividades desenrolaram-se em torno do objetivo comum: a classificação de materiais. O trabalho foi desenvolvido sem prejuízo do cumprimento da planificação estabelecida para a disciplina para o ano letivo.

As várias fichas de trabalho foram organizadas de maneira a que os alunos pudessem

- reconhecer que o conhecimento científico está em evolução permanente, sendo um conhecimento inacabado;
- conhecer relatos de como ideias importantes se divulgaram e foram aceites e desenvolvidas ou foram rejeitadas e substituídas;
- analisar, interpretar e avaliar evidência recolhida, quer directamente, quer a partir de fontes secundárias;
- aprender a construir argumentos persuasivos a partir de evidências;
- planear e realizar trabalhos mobilizadores dos conhecimentos adquiridos.

Foi pedido aos professores que lecionavam o mesmo ano de escolaridade que se pronunciassem sobre as fichas de trabalho. O Professor Orientador também as analisou. As versões finais tiveram em conta esses contributos.

Classificação de materiais (I) (Anexo VII)

Esta ficha de trabalho teve como principal propósito enfatizar a importância da escolha de um critério quando se pretende fazer uma classificação e da sua adequabilidade tendo em vista o fim a que se destina. Serviu, ainda, como ligação para a

discussão de outros conceitos.

A realização da atividade decorreu durante um bloco de 90 minutos e os alunos organizaram-se em grupo para trabalhar.

Classificação de materiais (II) (Anexo VIII)

Para além da referência ao ritmo cronológico da descoberta dos elementos, esta atividade explorou as várias tentativas de organização dos elementos numa perspectiva que possibilitou evidenciar como se constrói o conhecimento.

Permitiu também que o aluno recordasse a diferença entre *substância elementar* e *substância composta*.

Classificação de materiais (III) (Anexo XIX; Anexo X)

A partir dos cartões distribuídos (Anexo X), cada grupo de alunos organizou-os de acordo com as indicações da Ficha de trabalho (Anexo IX), “reconstituindo” a construção da Tabela Periódica.

Na 2ª parte da atividade, os alunos planearam uma experiência de modo a dar resposta à questão que lhes tinha sido colocada.

Classificação de materiais (IV) (Anexo XI)

O Currículo Nacional do Ensino Básico (2001) aponta como uma das competências gerais a desenvolver no Ensino Básico o uso correto da Língua Portuguesa e tem como um dos princípios e valores orientadores “o desenvolvimento do sentido da apreciação estética do mundo”.

Este texto, visando um tema associado à Química, alia o uso e a compreensão da Língua Portuguesa a um sentido estético a que a Ciência parece condenada a não pertencer. Permite também que o aluno faça a transposição entre a narração e o que observou na aula experimental e pretende motivá-lo para o estudo do átomo, como resposta ao desafio lançado no final da ficha.

Trabalho de pesquisa sobre a “Evolução do modelo atômico”

Na sequência da resolução da ficha *Classificação de materiais (IV)*, foi proposto aos alunos que fizessem uma pesquisa sobre a evolução do modelo atômico. Esta tarefa foi executada individualmente como trabalho de casa, sendo o prazo de entrega de uma semana. Para a sua realização foi entregue uma ficha (Anexo XII) com algumas orientações que guiassem essa pesquisa. Do contributo dos vários alunos organizou-se um esquema representativo da evolução do modelo atômico (Anexo XIII).

Visita de estudo ao Museu da Farmácia

A visita de estudo é uma situação de aprendizagem que facilita, não só a aquisição de conhecimentos, mas também possibilita, fora do ambiente formal, a convivência entre alunos e professores contribuindo para a melhoria das relações entre estes.

A escolha do Museu da Farmácia, para além de aspetos de ordem prática – proximidade e facilidade de transporte – adequava-se ao cumprimento de vários propósitos:

- conhecer a evolução da história e da tecnologia, neste caso da farmácia;
- a consciencialização de que a Ciência está em constante devir;
- comparar diferentes contextos em que a Ciência se desenvolve;
- proporcionar aos alunos a compreensão de que os conhecimentos não são compartimentados;
- refletir sobre o papel do mito e da ciência na evolução do conhecimento;
- apreciar a estética dos materiais.

Atendendo à natureza do museu e dos objetivos que nos tínhamos proposto atingir, optou-se por não explorar antecipadamente a exposição que iam visitar de modo a não diminuir o efeito surpresa, que pode, na nossa opinião, também ser motivador; apenas foram disponibilizadas algumas informações gerais que faziam parte do guião (Anexo VI) distribuído no início da visita e que os alunos deveriam ir preenchendo com as informações recolhidas ao longo da mesma, para ser posteriormente corrigido e discutido na aula; este guião resultou do trabalho conjunto das professoras de Ciências Físico-

Químicas e de Ciências da Natureza. A professora de História, por questões pessoais, não se pôde juntar a esta atividade.

Teste final

O teste realizado após a aplicação da estratégia em estudo (Anexo XIV) tinha como objetivo confirmar as aprendizagens dos alunos naquele tema. Assumi o carácter de um teste de avaliação sumativa. Como foi prática durante todo o ano letivo, foi elaborado em conjunto com a outra professora que também lecionava o 9º ano.

CAPÍTULO IV

TRATAMENTO E ANÁLISE DOS RESULTADOS OBTIDOS

Os dados recolhidos pouco significado têm até serem analisados criticamente.

A análise de dados é o processo de organização sistemática dos materiais que foram recolhidos, com o objetivo de aumentar a compreensão desses mesmos materiais e de permitir ao investigador apresentar aos outros aquilo que encontrou (Bogdan e Biklen, 1994).

Estamos convictos que os resultados de uma pesquisa só podem ser lidos, interpretados e analisados tendo presente o método que possibilitou produzi-los. Se a questão tivesse sido formulada de outro modo, se a recolha de informação tivesse ocorrido noutra ocasião ou noutras condições, os resultados não seriam idênticos.

De acordo com a natureza dos dados, procedeu-se à sua organização e tratamento, recorrendo à análise de conteúdo pormenorizada do material recolhido e à análise estatística. Como afirma Moreira (1999a), o investigador qualitativo também transforma dados e eventualmente usa a estatística, mas a estatística que usa é predominante descritiva.

Na transformação dos dados e na análise dos resultados teve-se sempre presente a questão-foco desta investigação:

“Em que medida o recurso à História da Ciência pode melhorar o processo ensino/aprendizagem da Química e a imagem que os alunos têm desta Ciência?”

4.1 - Questionário “O que pensas sobre as Ciências Físico-Químicas”

Optou-se por aplicar o questionário no início do 1º período, para termos uma ideia mais rigorosa da conceção que os alunos tinham das Ciências Físico-Químicas no início das aulas. Após a conclusão do estudo, os alunos voltaram a preencher o questionário.

Analisámos a visão que os alunos tinham em momentos distintos das Ciências Físico-Químicas e da Ciência em geral (Parte I) e no que diz respeito à aprendizagem da Física e da Química (Parte II).

PARTE I

Na tabela seguinte (do tipo escala de Likert), estão registados os números de respostas dadas a cada uma das afirmações, nas duas situações referidas, de acordo com a seguinte chave:

DT Estás em **Desacordo Total** com a afirmação.

DP Estás em **Desacordo Parcial** com a afirmação.

AP Estás em **Acordo Parcial** com a afirmação.

AT Estás em **Acordo Total** com a afirmação.

Tabela 4.1 – Registo das respostas ao Questionário (parte I)

	As Ciências Físico-Químicas...	ANTES				DEPOIS			
		DT	DP	AP	AT	DT	DP	AP	AT
1	... contribuem para o progresso.	1	11	8	-	-	12	8	-
2	... foram construídas por pessoas que não têm crenças (religiosas e outras) e põem a ciência acima dos valores humanos.	6	9	3	2	12	5	3	-
3	... estudam completamente vários fenómenos, conhecimento esse que é verdadeiro e não deve ser posto em causa.	1	5	11	3	4	10	5	1
4	... têm teorias que só pessoas geniais as podiam ter descoberto.	2	3	7	8	2	6	6	6
5	... resultam de um intenso esforço mental e, por vezes, físico de vários cientistas.	2	1	9	8	1	-	8	11
6	... têm muito a ver com o mundo que nos rodeia.	2	4	10	4	-	7	8	5
7	... resultam de descobertas que, regra geral, só têm interesse para os cientistas que as fizeram.	4	6	9	1	7	9	3	1
8	...têm teorias que podem ser testadas através de observações e experiências.	-	-	8	12	-	-	5	15
9	... são cada vez mais o resultado da colaboração de cientistas de muitos países.	-	-	11	9	-	-	6	14
10	... são o resultado do trabalho de mulheres e homens muito diferentes das pessoas comuns.	2	3	8	7	2	7	6	5

11	... chegam a conclusões que, uma vez confirmadas, nunca mais podem ser postas em causa.	2	4	10	4	9	9	2	-
12	... despertam interesse e entusiasmo se forem estudadas abordando problemas do dia a dia.	-	6	10	4	2	7	9	2
13	... chegam a conclusões que podem ser mais tarde completadas, alteradas ou substituídas.	-	14	5	1	-	1	8	11
14	... são o resultado de descobertas feitas por pessoas que se tornam famosas.	2	4	9	5	1	8	6	5
15	... são uma construção de cientistas que, como todas as construções humanas, é influenciada por crenças e valores.	2	2	10	6	-	4	11	5
16	... têm teorias que, apesar de explicarem fenómenos físicos, levantam outras questões que necessitam ainda de ser esclarecidas.	1	4	10	5	-	4	9	7
17	... são uma coleção de factos já investigados e a contínua procura de outros ainda não descobertos.	1	5	8	6	1	-	8	11
18	... são o resultado de trabalhos feitos por cientistas que ignoram o que foi já feito naquele tema.	6	11	3	-	5	12	3	-
19	... não têm a ver com as aplicações boas ou más que possam ser feitas das suas teorias.	3	11	6	-	2	11	6	1
20	... são importantes por terem largas implicações sobre a humanidade.	4	4	8	6	4	4	8	6

No início do estudo

Para identificarmos as ideias dos alunos quanto à **compreensão geral das estruturas explicativas da Ciência**, analisámos as questões 2, 3, 11, 13, 15 e 17.

Apresentamos os resultados em percentagem, estando conscientes que numa amostra tão pequena a diferença de um aluno corresponde a 5%.

As questões 2 e 15 referem-se ao mesmo conteúdo, apenas formuladas de modo diferente – questões de controlo (Carmo e Ferreira, 1998).

Pudemos constatar que os alunos maioritariamente consideram que a construção da ciência é influenciada por crenças e valores.

Tabela 4.2 – Frequências percentuais das respostas às questões 2 e 15 (início do estudo)

	DT	DP	AP	AT
... foram construídas por pessoas que não têm crenças (religiosas e outras) e põem a ciência acima dos valores humanos.	30 %	45%	15%	10%
... são uma construção de cientistas que, como todas as construções humanas, é influenciada por crenças e valores.	10%	10%	50%	30%

As opiniões manifestadas a propósito da afirmação “...chegam a conclusões que, uma vez confirmadas, nunca mais podem ser postas em causa”, em conjunto e em coerência com “...chegam a conclusões que podem ser mais tarde completadas, alteradas ou substituídas” e “...estudam completamente vários fenómenos, conhecimento esse que é verdadeiro e não deve ser posto em causa” traduzem uma visão positivista e dogmática da Ciência.

Tabela 4.3 – Frequências percentuais das respostas às questões 3, 11 e 13 (início do estudo)

	DT	DP	AP	AT
... chegam a conclusões que, uma vez confirmadas, nunca mais podem ser postas em causa.	10%	20%	50%	20%
... chegam a conclusões que podem ser mais tarde completadas, alteradas ou substituídas.	-	70%	25%	5%
... estudam completamente vários fenómenos, conhecimento esse que é verdadeiro e não deve ser posto em causa.	5%	25%	55%	15%

Contudo, maioritariamente consideram que a ciência é um processo não acabado.

Tabela 4.4 – Frequências percentuais das respostas às questões 16 e 17 (início do estudo)

	DT	DP	AP	AT
... têm teorias que, apesar de explicarem fenómenos físicos, levantam outras questões que necessitam ainda de ser esclarecidas.	5%	20%	50%	25%
... são uma coleção de factos já investigados e a contínua procura de outros ainda não descobertos.	5%	25%	40%	30%

Acerca **dos procedimentos da investigação científica**, os alunos não perfilham da ideia do cientista trabalhando isoladamente

Tabela 4.5 – Frequências percentuais das respostas às questões 9 e 18 (início do estudo)

	DT	DP	AP	AT
... são cada vez mais o resultado da colaboração de cientistas de muitos países.	-	-	55%	45%
..são o resultado de trabalhos feitos por cientistas que ignoram o que foi já feito naquele tema.	30%	55%	15%	-

e acham que esse trabalho requer muito esforço.

Tabela 4.6 – Frequências percentuais das respostas à questão 5 (início do estudo)

	DT	DP	AP	AT
... resultam de um intenso esforço mental e, por vezes, físico de vários cientistas.	10%	5%	45%	40%

A maioria dos alunos percebe os cientistas como pessoas excepcionais, famosas e geniais.

Tabela 4.7 – Frequências percentuais das respostas às questões 4, 10 e 14 (início do estudo)

	DT	DP	AP	AT
... têm teorias que só pessoas geniais as podiam ter descoberto.	10%	15%	35%	40%
... são o resultado do trabalho de mulheres e homens muito diferentes das pessoas comuns.	10%	15%	40%	35%
... são o resultado de descobertas feitas por pessoas que se tornam famosas.	10%	20%	45%	25%

A imagem que os alunos têm das Ciências Físico-Químicas é marcadamente

associada à sua componente experimental:

Tabela 4.8 – Frequências percentuais da resposta à questão 8 (início do estudo)

	DT	DP	AP	AT
...têm teorias que podem ser testadas através de observações e experiências.	-	-	40%	60%

Quanto ao ***impacto da Ciência e da Tecnologia no nosso ambiente e na nossa cultura em geral***, as opiniões em relação às afirmações 1, 6, 7, 12, 16, 19 e 20 expressaram-se da seguinte maneira:

Tabela 4.9 – Frequências percentuais das respostas às questões 1, 6, 7, 12, 19 e 20 (início do estudo)

	DT	DP	AP	AT
... contribuem para o progresso.	5%	55%	40%	-
... têm muito a ver com o mundo que nos rodeia.	10%	20%	50%	20%
... são importantes por terem largas implicações sobre a humanidade.	20%	20%	40%	30%
.... resultam de descobertas que, regra geral, só têm interesse para os cientistas que as fizeram.	20%	30%	45%	5%
... não têm a ver com as aplicações boas ou más que possam ser feitas das suas teorias.	15%	55%	30%	-
... despertam interesse e entusiasmo se forem estudadas abordando problemas do dia a dia.	10%	20%	50%	30%

Podemos depreender que os alunos consideram que as Ciências Físico-Químicas estão ligadas ao mundo que nos rodeia e que o seu estudo seria mais interessante se abordassem os problemas do quotidiano. Porém, grande parte deles não as vê como um fator de progresso para a humanidade e as opiniões dividem-se de modo sensivelmente igual acerca do interesse que possam despertar, a não ser para satisfação dos cientistas que as realizaram. Na sua maioria responsabilizam a ciência em si pelas consequências do seu aproveitamento.

Depois do estudo

Depois de concluída a estratégia aplicada, para melhor ajuizarmos dos efeitos da mesma foram analisadas as opiniões que os alunos então manifestaram para os mesmos conjuntos de afirmações, comparando-as com as iniciais.

Esta comparação foi estabelecida atribuindo a cotação -2, -1, +1, +2, respectivamente às proposições *Desacordo Total (DT)*, *Desacordo Parcial (DP)*, *Acordo Parcial (AP)*, *Acordo Total (AT)* para cada afirmação e em seguida comparando o total obtido para ANTES e DEPOIS (ver Anexo XVI).

Quanto à **compreensão geral das estruturas explicativas da Ciência**, verificou-se que se consolidou a ideia de que a construção da ciência é influenciada por crenças e valores.

Tabela 4.10 – Comparação das respostas dadas às questões 2 e 15 (antes e depois do estudo)

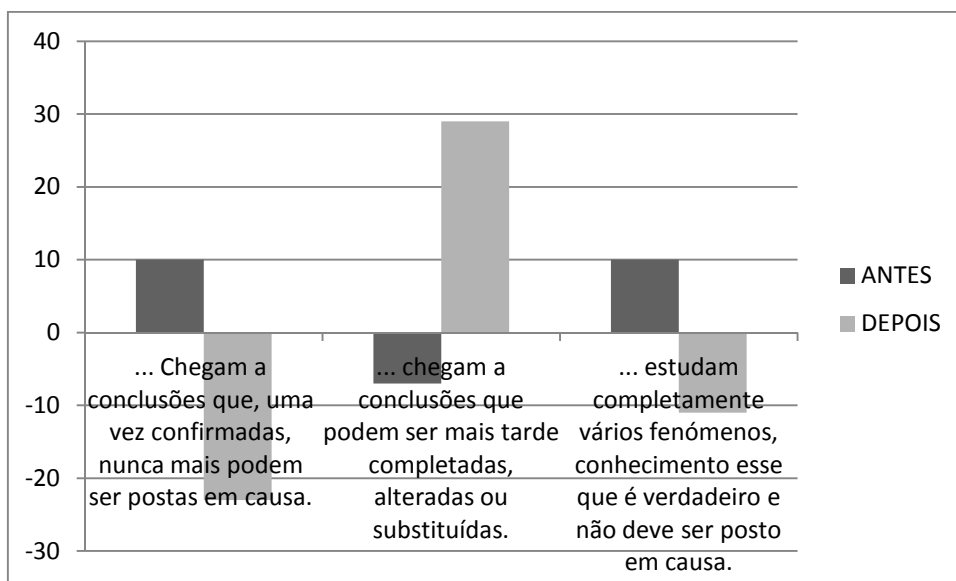
	ANTES	DEPOIS
... foram construídas por pessoas que não têm crenças (religiosas e outras) e põem a ciência acima dos valores humanos.	-14	-26
... são uma construção de cientistas que, como todas as construções humanas, é influenciada por crenças e valores.	+16	+17

A visão dogmática que os alunos tinham da ciência foi bastante modificada.

Tabela 4.11 – Comparação das respostas dadas às questões 3, 11 e 13 (antes e depois do estudo)

	ANTES	DEPOIS
... chegam a conclusões que, uma vez confirmadas, nunca mais podem ser postas em causa.	+10	-23
... chegam a conclusões que podem ser mais tarde completadas, alteradas ou substituídas.	-7	+29
... estudam completamente vários fenómenos, conhecimento esse que é verdadeiro e não deve ser posto em causa.	+10	-11

Gráfico 4.1 - Comparação das respostas dadas às questões 3, 11 e 13 (antes e depois do estudo)



Manteve-se, ligeiramente reforçada, a ideia da continuidade da ciência.

Tabela 4.12 – Comparação das respostas dadas às questões 16 e 17 (antes e depois do estudo)

	ANTES	DEPOIS
... têm teorias que, apesar de explicarem fenómenos físicos, levantam outras questões que necessitam ainda de ser esclarecidas.	+14	+19
... são uma coleção de factos já investigados e a contínua procura de outros ainda não descobertos.	+13	+29

Acerca **dos procedimentos da investigação científica**, os alunos continuam a achar que, atualmente, os cientistas trabalham em conjunto,

Tabela 4.13 – Comparação das respostas dadas às questões 9 e 18 (antes e depois do estudo)

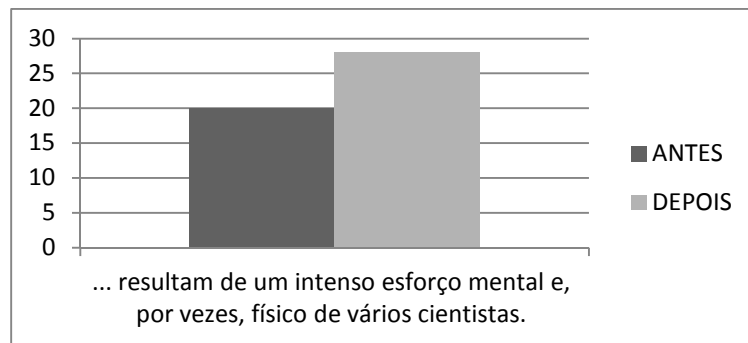
	ANTES	DEPOIS
... são cada vez mais o resultado da colaboração de cientistas de muitos países.	+29	+34
..são o resultado de trabalhos feitos por cientistas que ignoram o que foi já feito naquele tema.	-20	-19

mas reforçaram a ideia de que esse trabalho requer muito esforço.

Tabela 4.14 – Comparação das respostas dadas à questão 5 (antes e depois do estudo)

	ANTES	DEPOIS
... resultam de um intenso esforço mental e, por vezes, físico de vários cientistas.	+20	+28

Gráfico 4.2 - Comparação das respostas dadas à questão 5 (antes e depois do estudo)

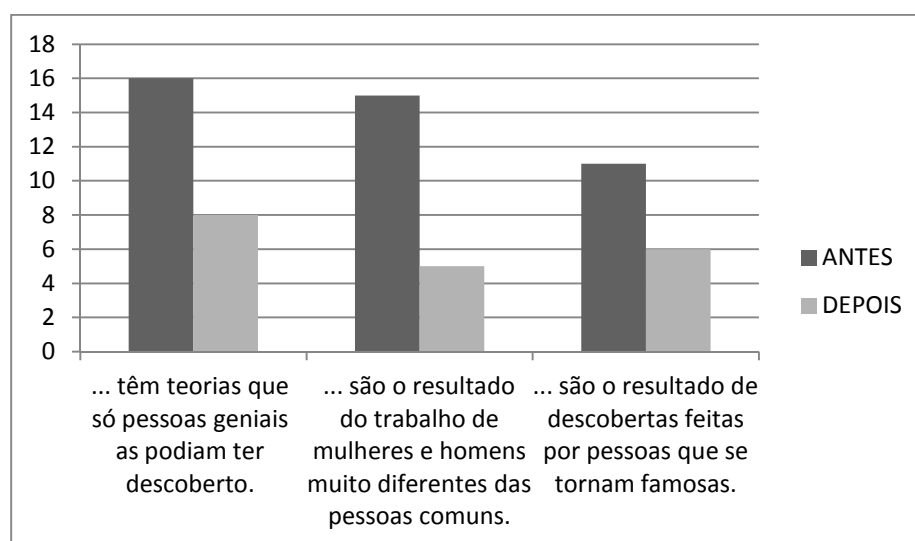


Para os alunos, os cientistas continuam a ser pessoas fora do comum, mas não tão acentuadamente.

Tabela 4.15 – Comparação das respostas dadas às questões 4, 10 e 14 (antes e depois do estudo)

	ANTES	DEPOIS
... têm teorias que só pessoas geniais as podiam ter descoberto.	+16	+8
... são o resultado do trabalho de mulheres e homens muito diferentes das pessoas comuns.	+15	+5
... são o resultado de descobertas feitas por pessoas que se tornam famosas.	+11	+6

Gráfico 4.3 - Comparação das respostas dadas às questões 4, 10 e 14 (antes e depois do estudo)



A ideia da Química como uma ciência que, sendo teórica, é também experimental saiu ligeiramente reforçada.

Tabela 4.16 - Comparação das respostas dadas à questão 8 (antes e depois do estudo)

	ANTES	DEPOIS
...têm teorias que podem ser testadas através de observações e experiências.	+32	+35

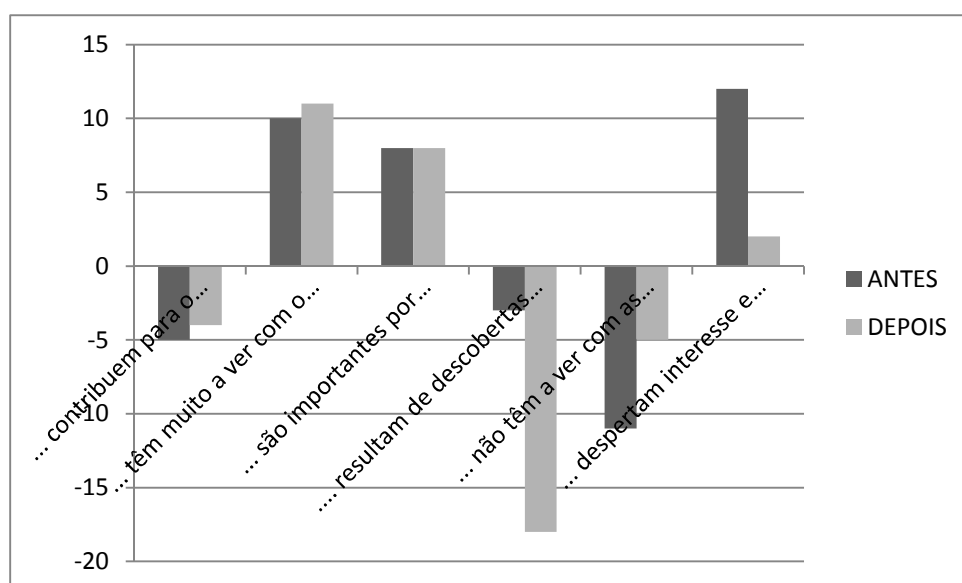
Quanto ao **impacto da Ciência e da Tecnologia no nosso ambiente e na nossa cultura em geral**, temos a seguinte situação

Tabela 4.17 – Comparação das respostas dadas às questões 1, 6, 7, 12, 19 e 20 (antes e depois do estudo)

	ANTES	DEPOIS
... contribuem para o progresso.	-5	-4
... têm muito a ver com o mundo que nos rodeia.	+10	+11
... são importantes por terem largas implicações sobre a humanidade.	+8	+8
... resultam de descobertas que, regra geral, só têm interesse para os cientistas que as fizeram.	-3	-18
... não têm a ver com as aplicações boas ou más que possam ser feitas das suas teorias.	-11	-5
... despertam interesse e entusiasmo se forem estudadas abordando problemas do dia a dia.	+12	+2

De acordo com estes resultados, não se verificaram alterações significativas na opinião dos alunos no que diz respeito à visão das Ciências Físico-Químicas como fator de progresso, nem nas suas implicações sobre a humanidade e ainda na sua ligação ao mundo que nos rodeia. Tornou-se menos desfavorável a responsabilização que atribuem à ciência pelas consequências do seu aproveitamento. Notou-se uma significativa discrepância na opinião manifestada sobre o interesse que as ciências despertam se forem estudadas num contexto de proximidade ao quotidiano. Houve uma modificação significativa na opinião dos alunos no sentido de considerarem que a ciência pode despertar outros interesses para além da satisfação dos cientistas que as realizaram.

Gráfico 4.4 – Comparação das respostas dadas às questões 1, 6, 7, 12, 19 e 20 (antes e depois do estudo)



PARTE II

Para a parte II do questionário seguimos um procedimento semelhante ao que tinha sido usado na primeira parte.

Na tabela seguinte, está registado o número de respostas dadas a cada uma das afirmações de acordo com a chave fornecida, nas duas situações referidas, no que diz respeito à aprendizagem da Física e da Química.

Para cada uma das afirmações, coloca uma cruz num quadrado das colunas 1, 2, 3 ou 4, de acordo com a seguinte chave:

1_Nada ou muito pouco; 2_Pouco; 3_Razoavelmente; 4_Bastante ou muito

Tabela 4.18 – Registo das respostas ao Questionário (parte II)

	ANTES				DEPOIS			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Sentes-te motivado(a) para a aprendizagem de áreas científicas como a Física e a Química?	3	10	7	-	3	7	9	1
Achas o estudo de conteúdos de Física e Química interessante?	3	8	9	-	1	7	10	2
Experimentas dificuldade em compreender aspectos relacionados com a Física e a Química?	-	4	12	4	-	5	11	4
Na tua opinião, é importante estudar Física e Química?	2	6	10	2	-	4	15	1
Consideras a hipótese de escolher Física e Química, na continuação dos teus estudos?	15	3	2	-	10	6	1	3
As aulas sobre a Tabela Periódica motivaram-te mais para o estudo da Física e da Química?	-	-	-	-	1	4	8	7
Aprendeste melhor com esse tipo de aulas?	-	-	-	-	1	1	12	6

No início do estudo

Da análise da tabela seguinte, com os resultados apresentados em percentagem,

Tabela 4.19 – Frequências percentuais das respostas à 2ª parte do Questionário (início do estudo)

	DT	DP	AP	AT
Sentes-te motivado(a) para a aprendizagem de áreas científicas como a Física e a Química?	15%	50%	35%	-
Achas o estudo de conteúdos de Física e Química interessante?	15%	40%	45%	-
Experimentas dificuldade em compreender aspetos relacionados com a Física e a Química?	-	20%	60%	20%
Na tua opinião, é importante estudar Física e Química?	10%	30%	50%	10%
Consideras a hipótese de escolher Física e Química, na continuação dos teus estudos?	75%	15%	10%	-

podemos concluir que os alunos, embora creiam que é importante estudar Física e Química, na sua maioria não acham os conteúdos interessantes, nem têm intenção de prosseguir estudos nesta área. Uma percentagem significativa de alunos diz sentir dificuldades no estudo destas disciplinas e estar pouco motivado para fazê-lo.

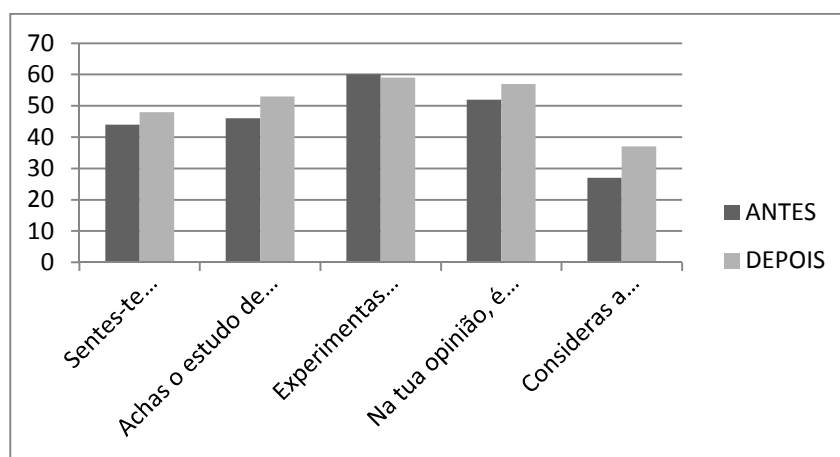
Depois do estudo

Também à semelhança do que fizemos no tratamento da primeira parte do questionário, atribuímos cotações às proposições *Nada ou muito pouco* (1), *Pouco* (2), *Razoavelmente* (3), *Bastante ou muito* (4) respetivamente, +1, +2, +3 e +4, para cada afirmação e em seguida comparámos o total obtido para ANTES e DEPOIS (Anexo XVI)

Tabela 4.20 – Comparação das respostas da 2ª parte do questionário (antes e depois do estudo)

	ANTES	DEPOIS
Sentes-te motivado(a) para a aprendizagem de áreas científicas como a Física e a Química?	+44	+48
Achas o estudo de conteúdos de Física e Química interessante?	+46	+53
Experimentas dificuldade em compreender aspectos relacionados com a Física e a Química?	+60	+59
Na tua opinião, é importante estudar Física e Química?	+52	+57
Consideras a hipótese de escolher Física e Química, na continuação dos teus estudos?	+27	+37

Gráfico 4.5 – Comparação das respostas da 2ª parte do questionário (antes e depois do estudo)



Não se verificaram alterações no que diz respeito às dificuldades que os alunos dizem sentir no estudo da Física e da Química; há um aumento, ainda que não muito significativo, no que se refere à importância, à motivação e ao interesse despertados pelos conteúdos destas disciplinas. É na hipótese de escolher Física e Química na continuação do percurso escolar que se nota maior diferença.

A apreciação feita pelos alunos à estratégia adotada para lecionar a Tabela Periódica (T. P.) foi traduzida percentualmente do modo seguinte:

Tabela 4.21 – Apreciação pelos alunos da estratégia adotada

	1	2	3	4
As aulas sobre a Tabela Periódica motivaram-te mais para o estudo da Física e da Química?	5%	20%	40%	35%
Aprendeste melhor com esse tipo de aulas?	5%	5%	60%	30%

De um modo geral, os alunos acharam que aquele tipo de aulas era favorável a uma melhor aprendizagem e que os motivava mais. Porém, quando se fala de *motivação* nota-se uma certa discrepância entre este resultado e o que responderam à primeira pergunta, o que poderá significar que se motivaram mais naquelas aulas, mas não houve transferência da motivação para estudar genericamente Física e Química.

Como já foi anteriormente referido, o questionário foi respondido pela primeira vez pelos alunos no início do ano letivo e depois da 1ª unidade de Química. Para além das aulas que decorreram entre os dois momentos de aplicação do questionário, a transição da Física para a Química pode também ter influenciado a mudança de opinião dos alunos.

4.2 - Classificação de Materiais

4.2.1 - Classificação de materiais (I) (FT I)

À semelhança de outras tarefas, procurou-se que os alunos trabalhassem cooperativamente, discutindo e partilhando ideias, baseando-se nas próprias e no conhecimento dos pontos de vista dos outros, dando os seus contributos para o tema em

estudo e trocando informações entre si e a professora.

Os alunos começaram por ler a ficha e esclarecer dúvidas, principalmente, quanto às características de alguns materiais, na medida em que se tornava necessário fazer comparações, procurar pontos semelhantes, para estabelecer um critério; em seguida, prosseguiu a discussão entre os elementos do grupo de maneira a que chegassem a um consenso, que cada um apresentou à turma.

Os critérios escolhidos foram:

- valioso/não valioso;
- cinzento/colorido;
- metal/não metal.

Depois de apresentados os vários critérios, os alunos concluíram que o critério “metal/não metal” era o mais adequado no estudo da Química.

A resolução desta ficha permitiu relembrar qual a origem dos materiais existentes na Terra, integrando conhecimentos de outras disciplinas, e rever as propriedades que permitem distinguir os metais dos não-metais. Durante a aula e a propósito do carbono e das substâncias elementares diamante e grafite, ambas constituídas por carbono, foi possível relembrar os conceitos de “elemento” e de “substância elementar”.

4.2.2 - Classificação de materiais (II) (Anexo FT II)

Esta atividade foi resolvida individualmente e, como já foi referido, tinha como objetivos dar a conhecer várias tentativas que foram ocorrendo ao longo do tempo para agrupar os elementos com base nas semelhanças de comportamento e mostrar como o que foi aceite numa dada época veio a revelar-se posteriormente desajustado face a novos saberes, evidenciando assim como o conhecimento se vai construindo.

Na resolução da ficha os alunos facilmente identificaram a luz e o calor como manifestações de energia. Pontualmente, ouviram-se algumas exclamações de espanto por Lavoisier achar que o calor e a luz eram parecidos com o oxigénio e o azoto; na correcção, quando se procurou interpretar o que Lavoisier teria usado como critério que justificasse aquela classificação, um aluno sugeriu “...a chama do oxigénio dá luz”, outro acrescentou “... o oxigénio arde e faz calor”, ao que de imediato outro contrapôs “...mas o

azoto não!”, alguém acrescentou “não são visíveis”, mas “...a luz é visível” e ainda foi sugerido como característica comum “não se conseguem pegar”; este último mereceu a concordância da maioria da turma como sendo o mais abrangente; o mais importante, porém, foi a capacidade de cada um poder argumentar e analisar as perspectivas apresentadas pelos colegas duma maneira crítica mas cordata. A correção permitiu também lembrar a diferença entre *substância elementar* e *substância composta*.

Foi disponibilizada uma tabela de massas atômicas, que os alunos consultaram para a resolução da 2ª parte da ficha, que também não levantou dúvidas.

O que designámos por massa atômica é, de facto, uma massa isotópica. A massa atômica – média ponderada das massas isotópicas dos vários isótopos do elemento, tendo em consideração a respetiva abundância – é um conceito que para esta faixa etária não é fácil. Será referido, sem grande ênfase, como explicação para o valor de massa atômica que figura na T. P. não ser um número inteiro.

4.2.3 - Classificação de materiais (III) (FT III)

Esta atividade foi desenvolvida na aula de turno, de modo a haver menos grupos – três – e para que os grupos constituídos fossem mais pequenos, de modo a que a professora pudesse mais facilmente acompanhá-los, mas no sentido de se aperceber como iam desenvolvendo a atividade e não para interferir diretamente.

No início foi lida a parte introdutória da ficha e dado realce ao facto das propriedades referidas serem das substâncias elementares e do conceito de elemento ser inicialmente diferente do que hoje é aceite, pois até 1900 pouco se sabia acerca da estrutura atômica.

Os alunos envolveram-se com entusiasmo no “jogo”. O comportamento do 1º e do 2º turnos foi, no essencial, semelhante.

A primeira divisão em dois grupos baseou-se na cor: cinzento e colorido. Um dos grupos observou de imediato que “...quem era cinzento tinha brilho metálico”; os outros grupos fizeram o mesmo reparo quando procuraram formar três grupos de substâncias. Dentro do grupo dos “cinzentos” e porque todos tinham brilho metálico, foi pela condutibilidade que se reagruparam: bons condutores e semicondutores. As três famílias

químicas eram as seguintes: “coloridos”, “cinzentos com boa condutibilidade eléctrica” e “cinzentos semicondutores”. Antes de prosseguirem, cada grupo, através do porta-voz por eles escolhido, deu conta das famílias químicas a que tinham chegado e concluíram que a primeira grande divisão tinha sido entre metais e não metais.

A organização dos cartões em 7 grupos suscitou mais discussão, principalmente para subdividir as substâncias agrupadas pelo critério “coloridas”.

Finalmente, ficaram assim agrupadas:

_ Substâncias cinzentas, com brilho metálico,

- com boa condutibilidade
 - que reagem violentamente com a água.
 - que reagem moderadamente com a água.
- semicondutores.

_ Substâncias de cores diversas com má condutibilidade eléctrica,

- fosforescentes.
- combinam-se com a generalidade dos metais e a solução aquosa dos seus óxidos tem forte carácter ácido.
- reagem com a água originando soluções ácidas.

Com facilidade, os alunos ordenaram os cartões por ordem crescente de peso atómico dentro de cada família, mas só com algumas sugestões por parte da professora conseguiram estabelecer essa ordem como padrão na horizontal. Registaram essa disposição, que serviu como ponto de partida para o estudo da Tabela Periódica na sua forma atual.

A 2ª parte da ficha de trabalho, *Classificação de uma substância*, realizada noutra aula, foi pensada em conjunto. A substância a “encaixar” numa das famílias era o sódio, o que permitiu fazer o estudo dos metais alcalinos. A planificação da experiência foi mediada pela professora com o contributo dos alunos. Não foi adotado um “Vê” de Gowin, mas seguiu-se uma metodologia que realçou a necessidade de pensar o porquê de um determinado procedimento, a escolha do material necessário para a sua execução de modo a encontrar resposta para a questão formulada “A que família química pertence esta substância elementar?”. Os alunos propuseram a sua observação para registarem a

cor e o brilho e “fazer uma experiência” para determinar se era um bom condutor da corrente eléctrica. A experiência planeada em conjunto foi realizada pela professora com a colaboração dos alunos. Para verificar esta última propriedade intercalou-se, com as devidas precauções, a substância num circuito eléctrico em que a passagem da corrente era detetada por uma lâmpada.

Como a substância era cinzenta, tinha boa condutibilidade e brilho metálico, os alunos sugeriram que, de acordo com o que tinham usado como critério na organização das famílias, se estudasse o seu comportamento em contacto com a água. Face ao observado, puderam inseri-la no grupo dos metais alcalinos. Para esta reacção fez-se a identificação dos produtos de reacção, o hidrogénio, e a partir do carácter químico da solução obtida, a identificação do hidróxido de sódio; também foi verificado experimentalmente o carácter alcalino da solução aquosa resultante da solubilização do óxido de sódio, obtido a partir da combustão do sódio. Foi feito igualmente o estudo do potássio.

Esta atividade também permitiu rever a escrita de equações químicas.

4.2.4 - Classificação de materiais (IV)

Como já referimos anteriormente, esta ficha propôs-se associar o uso e a compreensão da Língua Portuguesa a um tema estudado nas aulas de Química, de modo a que o aluno pudesse fazer a transferência entre o que observou na aula experimental e o sentido do texto.

Uma parte significativa da turma desconhecia o significado de alguns termos, como por exemplo “degenerado” ou “freneticamente”, e foi, por isso, necessário esclarecê-los. À semelhança de situações anteriores, os alunos evidenciaram dificuldade em expressar as suas ideias numa linguagem clara e correta e, igualmente, em interpretar o significado contextualizado de “o potássio é gémeo do sódio” ou “flutua dançando freneticamente...”.

A pergunta no final da ficha serviu de ponto de partida para o estudo da constituição do átomo de uma maneira mais aprofundada da que foi feita no 8º ano.

4.3 - Evolução do Modelo Atómico

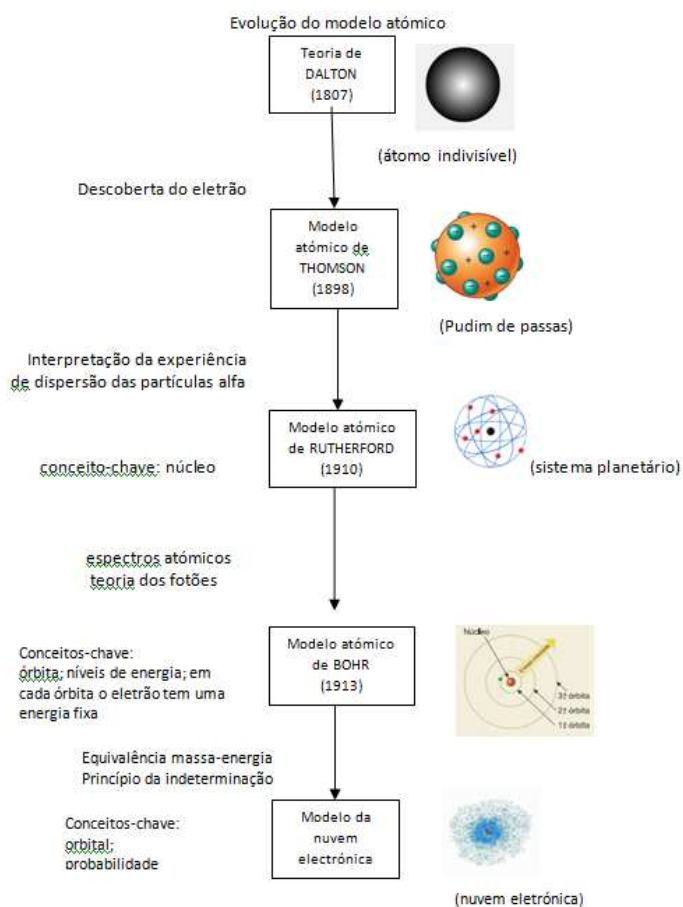
Como já referimos anteriormente, esta tarefa foi executada individualmente como trabalho de casa, sendo o prazo de entrega de uma semana; para a sua realização foi fornecida uma ficha (Anexo XII) com algumas orientações que guiassem essa pesquisa. À exceção de 2 alunos, todos os outros a entregaram.

Os trabalhos apresentados eram essencialmente descritivos e baseavam-se, regra geral, no manual adotado (Caldeira, *et al.* 2008).

Na aula, aos alunos organizados em grupos de 4 elementos e a partir dos respectivos trabalhos foi pedido que cada grupo produzisse um esquema representativo da evolução do modelo atómico que incluísse a representação pictórica de cada modelo.

Nos cinco diagramas apresentados pelos grupos, fruto da negociação entre pares, não figuravam datas; a partir desses diagramas, com o contributo dos vários alunos, organizou-se uma síntese (Anexo XIII) que reproduzimos de seguida:

Figura 4.1 Evolução do modelo atómico



Nesta síntese, que foi posteriormente distribuída aos alunos, passou a figurar o ano em que o modelo tinha sido proposto. As datas que não se encontravam no manual foram indicadas pela professora, bem como as críticas levantadas aos modelos de Rutherford e de Bohr, sem as aprofundar.

A propósito da cronologia do aparecimento dos vários modelos atômicos, foi pedido aos alunos que atentassem nas datas, comparassem os intervalos de tempo que decorreram entre eles e dessem uma possível interpretação para a diferença encontrada.

Os alunos constataram que só no final do século XIX se tinha descoberto que o átomo não era indivisível e que os intervalos entre os sucessivos modelos eram cada vez mais curtos. Quanto à explicação, propuseram várias:

“não se interessavam pelos átomos”; “começaram a estudar (o átomo) para fazer uma bomba”, “os átomos são muito pequenos e não se veem”, “foi preciso inventarem aparelhos para fazer experiências”.

Houve uma partilha de ideias tendo-se chegado à posição consensual de que a tecnologia é necessária para o avanço da ciência e a ciência permite o aperfeiçoamento da tecnologia.

4.4 - Visita de Estudo ao Museu da Farmácia

A visita guiada por um elemento do museu deu oportunidade aos alunos de colocarem questões, esclarecer dúvidas, sendo mesmo desafiados a pensar e a responder a várias perguntas.

Na aula seguinte à realização da visita, foi feita uma avaliação da mesma, bem como a discussão das questões propostas no guião.

A avaliação que os alunos fizeram acerca do interesse despertado pela visita encontra-se resumida na tabela seguinte:

Tabela 4.22 – Avaliação pelos alunos da visita de estudo

Grau de interesse	% de respostas
Pouco interessante	0
Interessante	20
Muito interessante	80

O entusiasmo posto na discussão aquando da correcção das respostas do guião corroborou o que os alunos haviam afirmado acerca do interesse despertado pela visita.

Verificou-se para cada afirmação se era verdadeira ou falsa, mas mais enriquecedora foi a discussão que proporcionaram, discussão essa moderada pela professora.

Os alunos não demonstraram grande interesse pela mitologia, mas o nome da deusa Higia foi relacionado com a palavra *higiene* e explorou-se o uso atual de *panaceia* como sinónimo de *remédio*.

Ao compararem os antigos instrumentos de medição e os recipientes para remédios com os atuais, fizeram sobressair as diferenças em relação ao aspeto decorativo. Os alunos estavam de acordo que era preferível, como atualmente, serem mais simples, mais higiénicos e mais baratos e não se quebrarem; além disso, referiram que os materiais disponíveis naquelas épocas eram poucos quando comparados com os que hoje existem, como por exemplo o plástico, mas todos estavam de acordo que “os de antigamente eram muito giros”.

Acerca do Egipto relembrou alguns conhecimentos que tinham do estudo da História no 7º Ano. A propósito da nicotina gerou-se um participado debate sobre os efeitos do tabaco: afinal também podia ser um remédio! Depois de expressarem várias opiniões, pareceu ganhar alguma concordância a ideia de que a mesma substância tanto pode ser usada como veneno ou como medicamento, consoante a concentração.

A maior parte dos alunos nunca tinha ouvido falar de unicórnios. Com o que tinham visto no Museu concluíram que podia ser fácil convencer as pessoas de que eram seres reais; expuseram-se argumentos acerca da honestidade intelectual, da fiabilidade e da (in)suficiência da observação.

Durante a visita tinha sido abordada a possibilidade de no tempo do Marquês de Sade haver material de borracha; depois de informados em que século o Marquês tinha vivido, facilmente tinham concluído que não. Como esta questão já fora esclarecida durante a visita, não suscitou mais dúvidas.

Foi consensual, na apreciação à última afirmação, de que a separação entre a ciência e a religião nem sempre tinha sido clara; havia também a percepção de que a

religião tinha impedido o desenvolvimento da ciência, mas por outro lado achavam que era necessário que a ciência tivesse limites impostos pela religião (ética).

4.5 - Teste Final

A ficha de avaliação sumativa (Anexo XIV) foi realizada após a aplicação da estratégia em estudo, de maneira a contribuir para aferir da eficácia da mesma.

A resolução foi feita por escrito, individualmente, sem consulta, num período de 45 minutos.

Numa prova deste tipo, a aprendizagem passível de avaliação incidiu sobre os conteúdos dos itens *Propriedades dos Materiais e Tabela Periódica dos Elementos e Estrutura Atómica* da Unidade “Classificação dos Materiais”, enquadrada por um conjunto de capacidades, nomeadamente:

- interpretação de dados;
- interpretação de informação de fontes diversas;
- interpretação e produção de textos;
- interpretação e compreensão de conceitos.

Procurou-se averiguar se os alunos eram capazes de

- identificar os vários modelos atómicos;
- conhecer a constituição do átomo e as características e distribuição das partículas subatómicas;
- compreender o que é o número atómico e o número de massa;
- perceber o que são iões;
- distinguir catiões e aniões;
- relacionar os tipos de iões que os átomos têm tendência a formar com base na sua configuração electrónica;
- reconhecer a organização da Tabela Periódica dos Elementos;
- relacionar as propriedades das substâncias com a posição dos elementos na Tabela Periódica;
- localizar os elementos na Tabela Periódica com base na configuração electrónica dos átomos;

- distinguir, pelas suas propriedades físicas e químicas, os metais dos não-metais.

A ficha foi corrigida tendo em atenção que nos itens que implicavam a produção de um texto (justificações, por exemplo), a classificação atribuída teve em conta as competências específicas da disciplina e as competências de comunicação em língua portuguesa.

Da grelha de classificações obtida (Anexo XV), apuraram-se os seguintes dados:

Todos os alunos fizeram a ficha - 20 alunos

Média: 67,2%

Desvio padrão: 27,5

Tabela 4.23 - Distribuição das classificações do teste final

Classificações	Nº de alunos	Percentagem
0 - 29	0	0%
30 - 34	0	0%
35 - 39	2	10%
40 - 44	0	0%
45 - 49	2	10%
50 - 54	3	15%
55 - 59	2	10%
60 - 64	0	0%
65 - 69	1	5%
70 - 74	1	5%
75 - 79	2	10%
80 - 84	2	10%
85 - 89	2	10%
90 - 94	2	10%
95 - 100	1	5%

Níveis	Class.	Nº de alunos	%
1	0 - 9	0	0,0
	10 - 19	0	0,0
2	20 - 29	0	0,0
	30 - 39	2	10,0
	40 - 49	2	10,0
3	50 - 59	5	25,0
	60 - 69	1	10,0
4	70 - 79	3	15,0
	80 - 89	4	20,0
5	90 - 100	3	5,0

Gráfico 4.6 - Distribuição das classificações do teste final

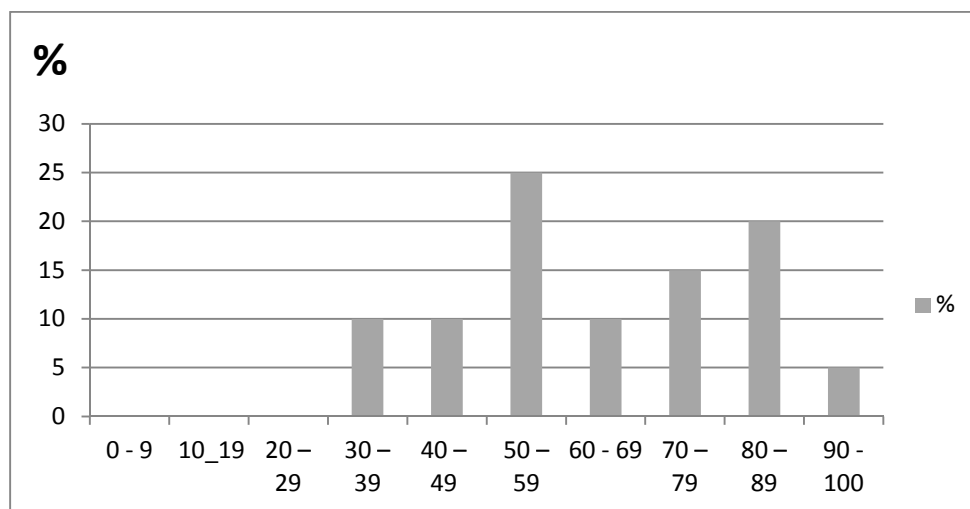
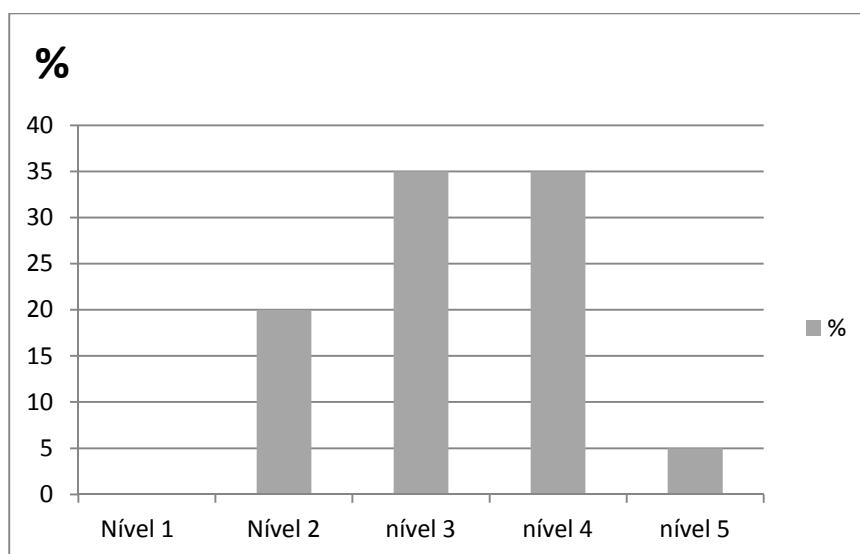


Gráfico 4.7 - Distribuição por nível das classificações do teste final



Da análise dos dados obtidos podemos verificar que apenas 20% das classificações obtidas pelos alunos se situou no nível 2 – e mesmo assim duas delas no intervalo entre 40% a 49% – sendo que das restantes a grande maioria se distribuiu igualmente pelos níveis 3 e 4 e ainda em pequena percentagem pelo nível 5.

No quadro seguinte, estão registadas as médias obtidas por item e também a percentagem de respostas com cotação máxima e com cotação nula para cada um deles.

Tabela 4.24 - Classificação por item

Item	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	2.1	2.2	2.3	2.4
Cotação	6	6	4	6	6	4	8	4	8
Média	4,05	4,8	2,6	3,8	6	4	4	1,6	2,55
% de respostas c/ cotação máxi.	50%	60%	40%	40%	100%	100%	30%	40%	15%
% de respostas / cotação nula	15%	20%	10%	25%	0%	0%	20%	60%	25%

Item	2.5	2.6 a	2.6 b	3	4	5	6	TOTAL
Cotação	4	5	5	12	6	6	10	100
Média	3,4	4	1,75	8,7	5,6	4,35	6,15	67
% de respostas c/ cotação máxima	85%	80%	35%	25%	90%	15%	5%	
% de respostas c/ cotação nula	15%	20%	65%	0%	0%	0%	0%	

Vamos, seguidamente fazer uma análise mais pormenorizada das respostas dadas a alguns itens.

1.1 - O sódio é o elemento de número atómico 11. O que significa esta afirmação?

Metade da turma respondeu acertadamente. As cotações parcelares referem-se a respostas dadas numa linguagem pouco científica, ainda que se aproxime da ideia correcta: “tem 11 protões”, “o sódio tem 11 protões”.

Dois alunos não responderam e um afirmou que “o nº atómico é o número de átomos”.

1.2 - Faz a distribuição electrónica de um átomo de sódio.

A maioria dos alunos escreveu corretamente a configuração electrónica de um átomo de sódio. Nas respostas com cotação nula, em duas, o número de electrões distribuídos não correspondia a 11, outra estava incorreta e um aluno não respondeu.

1.3 - Na questão 1.3, que envolvia a noção de ião e a correspondente carga eléctrica, a maior dificuldade surgiu no tipo de carga eléctrica; todos, com excepção de 2 alunos, identificaram tratar-se de um ião, mas apenas 8 tiveram a cotação máxima.

1.4 - De acordo com o texto qual a razão por que o átomo de sódio cede um electrão e o átomo de cloro recebe um electrão?

As cotações parcelares foram devidas a respostas que referem apenas “para ficarem como um gás nobre”, não mencionando a razão da estabilidade.

Apesar de correta, à resposta “porque são muito reativos” não foi atribuída cotação por não estar de acordo com o texto, como era pedido.

1.5 - No laboratório, investigámos algumas propriedades do sódio. Indica duas que verificámos e que nos permitiram classificar o sódio como um metal.

Tinha sido realizado experimentalmente o estudo das propriedades do sódio, na sequência da resolução da atividade IV da *Classificação de Materiais*. Todos os alunos indicaram duas propriedades sendo as mais citadas o brilho metálico e a boa condutibilidade eléctrica. Apenas dois alunos referiram o carácter básico das soluções aquosas do respectivo óxido como uma das propriedades dos metais.

2- Os átomos de um elemento X têm a seguinte distribuição electrónica: 2:8:7.

2.1. Indica o número atómico deste elemento.

Todos os alunos responderam corretamente.

2.2 - Em que período da Tabela Periódica se situa? Justifica.

Embora a maioria dos alunos tenha identificado o período a que o elemento pertencia, tal como noutras questões em que é pedido para justificar, ou não o fizeram ou a linguagem foi pouco correta; são exemplos disso, as afirmações: “... tem 3 níveis de energia”, “tem 3 níveis preenchidos”.

2.3 - Indica o nome do grupo a que pertence.

Mais de metade da turma não respondeu ou respondeu mal. Uma vez que na questão 6 mostraram saber localizar um elemento na T.P. a partir da sua configuração electrónica, o erro decorreu predominantemente de não saberem a designação para o Grupo 17.

2.4 - Indica o valor da carga dos iões que tem tendência a formar. Justifica.

Apenas 3 alunos obtiveram a cotação máxima. Um número significativo não justificou e um aluno deu como justificação: “ganhou electrões, ficou com mais”. Vários alunos apenas referiram que a carga é negativa, mas não quantificaram.

2.5 - Trata-se de um elemento metálico ou não-metálico?

A maioria associou corretamente a distribuição electrónica do elemento ao seu carácter não metálico.

2.6 - Indica a distribuição electrónica dos átomos de um elemento:

- a) Do mesmo período, mas do grupo anterior ao de X.*
- b) Do mesmo grupo, mas do período acima do de X.*

Analisando em conjunto as duas alíneas, verificou-se que os alunos tiveram mais dificuldade em escrever a configuração de um elemento do mesmo Grupo do elemento dado, do que do mesmo Período.

No *Grupo 3*, a partir de um fragmento da Tabela Periódica (T.P.) onde se representavam alguns elementos por letras que não as dos respectivos símbolos, pedia-se que os alunos indicassem:

- 3.1 - Dois elementos do mesmo período.*
- 3.2 - Dois elementos que têm o mesmo número de electrões de valência.*
- 3.3 - Um elemento muito pouco reactivo.*
- 3.4 - Um elemento que reage energeticamente com a água.*
- 3.5 - Um elemento que tem electrões distribuídos por três níveis de energia.*
- 3.6 - Um elemento com sete electrões de valência.*

A quase totalidade dos alunos respondeu corretamente às duas primeiras alíneas; demonstraram ter maior dificuldade nas respostas ao item 3.4 e ao 3.6.

4 - Observa a imagem em baixo que traduz esquematicamente a evolução do modelo atómico. De acordo com esta informação faz a associação correta entra a coluna I e a coluna II.

Com excepção de um aluno que apenas fez uma associação correcta, todos os outros tiveram a cotação máxima.

*5 - Classifica as seguintes afirmações como **Verdadeiras (V)** ou **Falsas (F)**:*

- A - O átomo é constituído por um núcleo onde se encontram os protões e os electrões.*
- B - Os electrões movem-se em torno do núcleo.*
- C - Os neutrões são partículas com carga positiva existentes no núcleo dos átomos.*
- D - O protão e o electrão são partículas subatómicas com carga eléctrica.*
- E - Num átomo o número de protões é igual ao número de neutrões.*
- F - Aos electrões apenas são permitidos determinados níveis de energia.*

As afirmações B, D e E foram bem classificadas como *verdadeiras* ou *falsas* por

todos os alunos. Os erros cometidos nas restantes, segundo os alunos assumiram na correcção do teste, ficaram a dever-se essencialmente à falta de atenção com que tinham lido as perguntas.

6 - *Considera os elementos X, Y e Z de números atómicos **consecutivos** (estas letras não são símbolos químicos dos elementos). Com base nesta informação, **completa o quadro.***

As cotações parcelares em muitos casos ficaram-se a dever ao incompleto preenchimento da tabela.

Resumidamente, e de acordo com os resultados do teste, podemos afirmar que a grande maioria dos alunos apreendeu as características essenciais dos vários modelos atómicos, compreendeu o conceito de número atómico e distinguiu pelas suas propriedades físicas, os metais dos não-metais; no estudo da Tabela Periódica (T. P.), reconheceu como está organizada, sabendo localizar na Tabela os elementos com base na configuração electrónica dos átomos e relacionar as propriedades dos elementos com a posição que aí ocupam.

Alguns alunos ainda manifestaram dificuldade em relacionar os tipos de iões que os átomos têm tendência a formar com base na sua configuração electrónica, ainda que tenham compreendido o conceito de *ião*; evidenciaram igualmente algumas incorreções acerca das características e distribuição das partículas subatómicas.

Podemos inferir com base nos resultados do teste que a aprendizagem destes conteúdos pelos alunos foi globalmente conseguida.

Com base nas classificações obtidas no teste fez-se um estudo sumário sobre a fiabilidade das mesmas.

A fidelidade das notas de um teste não poderá deixar de se relacionar com a sua consistência, isto é, as notas dos alunos em cada item deverão distribuir-se de maneira semelhante. Assim sendo, as notas dos diversos itens e as notas do teste apresentarão um elevado coeficiente de correlação. Podemos interpretar tal facto como não existindo nenhum item que discrimine negativamente os alunos, colocando em desfavor os

melhores alunos e beneficiando os piores.

Para além desta interpretação de carácter qualitativo, para quantificar o estudo da fiabilidade foi determinado o coeficiente de fiabilidade α de Cronbach (Hopkins e Stanley, 1981: 132)

$$r_{\alpha} = \frac{l}{l-1} \left(1 - \frac{\sum \sigma_i^2}{\sigma^2} \right)$$

onde:

l – número de partes em que se divide o teste;

σ_i^2 - variância da parte i ;

σ^2 - variância no teste total.

Para o teste aplicado obtivemos um valor de $r_{\alpha}=0,985$, que, sendo próximo de 1, nos leva a admitir que a fiabilidade dos resultados é boa.

4.6 - Registos de Observação Visual

As anotações que efetuámos após cada uma das aulas que integraram o estudo permitiram uma descrição mais pormenorizada das situações de maior relevância que nelas ocorreram. Resultado da observação possível por quem é simultaneamente professora e investigadora e da atenção prestada ao que os alunos diziam e faziam durante as aulas, traduziram uma atitude que teve como objetivo interpretar esses desempenhos como indicadores que situassem os alunos no seu processo de aprendizagem, ao mesmo tempo que permitiam identificar os aspetos que lhes criavam maior dificuldade ou que lhes proporcionavam maior ajuda nesse processo.

As actividades propostas procuraram que os alunos as encarassem de modo a estabelecer relações entre aquilo que lhes era apresentado e o que já sabiam, de uma forma desafiadora, que lhes permitisse encontrar sentido (ou não) para o que constituíam as suas representações acerca do assunto face ao debate estabelecido e/ou aos resultados a que chegavam.

A observação do comportamento dos alunos nas aulas permitiu-nos concluir que o tipo de atividade, os recursos e materiais de apoio e o trabalho em equipa levados a cabo facilitaram o desenvolvimento, tanto de capacidades cognitivas, como de relação interpessoal, motivando os alunos para o domínio de determinado conteúdo.

Os alunos apresentaram deficiências no aspeto da comunicação.

A *linguagem* utilizada pelos alunos foi algumas vezes imprecisa e até mesmo incorreta, quer sob o ponto de vista científico, quer em termos de Língua Portuguesa. Para melhorar este aspeto, promoveu-se o debate acerca das diversas actividades desenvolvidas na aula, de maneira a que cada um dos estudantes tivesse a possibilidade de explicitar o seu ponto de vista, comunicá-lo aos outros de uma forma compreensível, assumindo o papel daquele que explica.

Este ponto revelou-se muito importante. A tentativa de formular verbalmente a própria ideia acerca de um assunto, com a finalidade de a comunicar aos outros, obrigava o aluno a reconsiderar e analisar o que pretendia transmitir, levando-o a descobrir incongruências e incorreções no próprio discurso; ou seja, obrigava o aluno a procurar uma alternativa para formular a mesma ideia, fazendo com que fosse mais explícito e rigoroso, o que acabava por enriquecer o seu próprio ponto de vista.

A troca de ideias durante as aulas, para além de enfatizar a importância da comunicação, consolidou a existência de um clima de aceitação e respeito mútuos.

CAPÍTULO V

CONCLUSÃO

E

JUÍZOS DE ÍNDOLE COGNITIVA E DE VALOR

A pesquisa educacional, tal como a investigação em qualquer outro domínio, procura criar conhecimento.

Ao formularmos juízos cognitivos, o que afirmamos é que, com base nos acontecimentos educativos observados, nos dados recolhidos e sujeitos a posteriores transformações, esses juízos são válidos, querendo com isto dizer que as afirmações produzidas não contêm verdades absolutas. De modo algum, se tome tal afirmação como sinónimo de falta de rigor. O rigor incide na “coerência de conjunto do processo de investigação e o modo como ele realiza exigências epistemológicas bem compreendidas” (Quivy e Campenhoudt, 1992: 232).

Vamos começar por sintetizar os resultados obtidos, de que demos conta de maneira mais pormenorizada no Capítulo IV, que nos permitiram enunciar os juízos cognitivos.

5.1 - Síntese dos Resultados Obtidos e Juízos Cognitivos

5.1.1 - Análise dos resultados do Questionário

O **questionário** aplicado **no início** do ano permitiu avaliar algumas ideias dos alunos quanto à ***compreensão geral das estruturas explicativas da Ciência***.

Pudemos constatar que os alunos, maioritariamente:

- consideravam que a construção da ciência é influenciada por crenças e valores;
- possuíam uma visão positivista e dogmática da Ciência;
- viam a ciência como um processo não acabado.

Acerca ***dos procedimentos da investigação científica*** os alunos, globalmente:

- consideravam os cientistas como pessoas excepcionais, famosas e geniais;
- não perfilhavam da ideia do cientista trabalhando isoladamente;

- tinham o trabalho científico como muito exigente, quer sob o ponto de vista intelectual, quer físico;
- assumiam o carácter empírico como característica da ciência.

Quanto ao ***impacto da Ciência e da Tecnologia no nosso ambiente e na nossa cultura em geral***, os alunos, na sua maioria, consideraram que:

- as Ciências Físico-Químicas que estudaram estão ligadas ao mundo que nos rodeia;
- o seu estudo seria mais interessante se abordassem os problemas do quotidiano;
- estas ciências são responsáveis pelas consequências do seu aproveitamento;
- não são fator de progresso para a humanidade.

As opiniões dos alunos dividiam-se de modo sensivelmente igual acerca:

- do interesse que as descobertas científicas possam despertar, a não ser para satisfação dos cientistas que as realizaram.

No que diz respeito à **aprendizagem da Física e da Química (Parte II)**, da análise feita podemos concluir que:

- apenas um número bastante reduzido de alunos manifestou a intenção de escolher Física e Química no Secundário;
- uma percentagem significativa de alunos disse sentir dificuldades no estudo destas disciplinas;
- os alunos, na sua maioria, achavam importante estudar Física e Química;
- maioritariamente, os alunos não tinham o estudo destas disciplinas como motivador;
- os estudantes não encontravam interesse nos conteúdos estudados na Física e na Química.

A análise das respostas ao **questionário no final do estudo, conjuntamente** com a comparação feita **às dadas inicialmente**, permitiu-nos constatar que:

- a visão dogmática que os alunos tinham da ciência foi bastante atenuada;

- os alunos consolidaram a ideia de que a construção da ciência é influenciada por crenças e valores;
- aumentou o número de alunos que vê a ciência como um processo em evolução;
- a idealização que os alunos faziam dos cientistas como pessoas excepcionais, famosas e geniais manteve-se, mas mais atenuada;
- mais alunos concordaram com a imagem da ciência suportada pela experiência;
- os estudantes mantiveram a convicção de que o trabalho dos cientistas não decorre de modo isolado e que se trata de um trabalho que requer muito esforço;
- não se verificaram alterações significativas na opinião dos alunos no que diz respeito à visão das Ciências como fator de progresso, nem nas suas implicações sobre a humanidade e ainda na sua ligação ao mundo que nos rodeia;
- menos alunos atribuíram à ciência a responsabilização pelas consequências do seu aproveitamento;
- houve uma modificação significativa na opinião dos alunos no sentido de considerarem que a ciência pode despertar interesse noutras pessoas para além da que produz nos cientistas;
- diminuiu consideravelmente o número de alunos que consideram que as ciências despertam grande interesse se forem estudadas num contexto de proximidade ao quotidiano.

Quanto à **2ª parte**, sobre a aprendizagem da Física e da Química, após a estratégia aplicada, verificámos que:

- não se verificaram alterações no que diz respeito às dificuldades que os alunos sentiam no estudo da Física e da Química;
- ainda que anteriormente a maioria dos alunos atribuísse importância ao estudo da Física e da Química, o seu número aumentou ligeiramente;

- houve um aumento não muito significativo no número de alunos que passou a achar mais interessantes aquelas disciplinas e a sentir-se motivado para o seu estudo;
- aumentou o número de alunos que ponderou escolher a Física e a Química na continuação dos seus estudos.

Quanto à estratégia adotada, os alunos consideraram que:

- os motivava mais;
- aprendiam melhor.

5.1.2 - Análise dos resultados do teste final

A análise das respostas ao teste permitiu-nos chegar aos seguintes resultados:

- a grande maioria dos alunos
 - apreendeu as características essenciais dos vários modelos atômicos;
 - compreendeu o conceito de número atômico;
 - distinguiu, pelas suas propriedades físicas, os metais dos não-metais;
 - reconheceu como está organizada a Tabela Periódica (T. P.);
 - localizou na T. P. os elementos com base na configuração electrónica dos átomos;
 - relacionou as propriedades das substâncias elementares com a posição que os elementos ocupam na T. P.
- Alguns alunos ainda manifestaram dificuldade:
 - em relacionar os tipos de iões que os átomos têm tendência a formar com base na sua configuração electrónica, ainda que tenham compreendido o conceito de *ião*;
 - acerca das características das partículas subatómicas e da sua localização no átomo.

5.1.3 - Análise do trabalho de pesquisa “Evolução do modelo atómico”

Da realização do trabalho sobre a evolução do modelo atómico e da sua discussão durante a aula os alunos ficaram com a noção de que:

- o modelo que os cientistas conceberam para uma melhor compreensão da matéria está em constante evolução;
- esta evolução é consequência da investigação levada a cabo por vários cientistas durante largos anos;
- a investigação científica está dependente do avanço da técnica, que por vezes vem comprovar experimentalmente o que já tinha sido previsto teoricamente.

5.1.4 - Análise da visita de estudo ao Museu da Farmácia

A visita ao Museu da Farmácia e posterior discussão das questões propostas no guião

– permitiram uma reflexão sobre:

- a evolução da história e da tecnologia, neste caso da farmácia;
- o papel do mito, da religião e da ciência na evolução do conhecimento;
- os diferentes contextos em que a Ciência se desenvolve;
- as aplicações da Ciência e das ideias científicas a problemas importantes para a vida na Terra.

– Proporcionaram aos alunos a compreensão:

- de que os conhecimentos não são compartimentados;
- de que a Ciência está em constante mudança.

A observação do comportamento dos alunos nas aulas permitiu-nos concluir que

– o tipo de atividade, os recursos e materiais de apoio e o trabalho em equipa, promoveram

- o desenvolvimento de capacidades cognitivas;
- a consolidação de boas relações interpessoais;
- a motivação dos alunos.

A partir destes resultados obtidos da transformação dos dados, pudemos construir

afirmações que procuram dar resposta à questão-foco que formulámos – os *juízos cognitivos*.

Os juízos cognitivos expressam o resultado de uma investigação, onde se aplicam conceitos e princípios que já se possui, e, por outro lado, este processo de construção de novo conhecimento permite melhorar ou alterar os significados desses conceitos e princípios e estabelecer novas relações entre eles (Novak e Gowin, 1999).

É desta interação ativa entre o que já conhecíamos, o que fomos aprofundando e as observações efetuadas – de que fomos dando conta ao longo desta dissertação – que resultam os seguintes **juízos de índole cognitiva**, no que respeita à questão-foco desta investigação:

- ▶ A História da Ciência é um importante recurso didático que permite aos alunos entender como se constrói o conhecimento científico, como os conceitos e as teorias mudam, evitando que tenham da Ciência uma visão dogmática.
- ▶ A História da Ciência proporciona um melhor encadeamento entre os conhecimentos e ajuda os alunos a entender o significado dos conceitos, uma vez que tomam consciência das dificuldades encontradas na sua construção.
- ▶ Para que os estudantes construam, de forma significativa, modelos conceptuais cientificamente corretos, contribuem actividades que ofereçam ao aluno a oportunidade de explorar, criticar e refletir sobre o seu próprio funcionamento cognitivo e sobre os processos que utiliza para aprender e ajuizá-los criticamente.
- ▶ Ao assumir um papel orientador, pensando e estruturando situações de aprendizagem em colaboração com os alunos, o professor faz com que estes se sintam mais responsáveis pelo seu próprio processo de aprendizagem.

Podemos sintetizar os juízos cognitivos formulados, não esquecendo as limitações que iremos referir, afirmando que:

O recurso à História da Ciência contribuiu para uma mudança na imagem que os alunos tinham da Ciência. Uma estratégia baseada na História da Ciência proporcionou uma boa aprendizagem.

5.2 - Juízos de valor

Os juízos de valor decorrem logicamente dos juízos cognitivos, mas são diferentes destes.

Os juízos de valor, como a própria designação sugere, são afirmações acerca da qualidade da pesquisa, pontos fortes e fracos, sobre a confiança que nos merecem os seus resultados ou acerca da sua validade, como poderia ter sido melhorada, que implicações poderá vir a ter, etc.

Quer os juízos cognitivos quer os de valor procuram basear-se o mais possível nos factos observados, mas nem uns nem outros estão libertos de alguma subjetividade e de algum relativismo inerente às condições em que a pesquisa decorreu.

Cientes desta subjetividade e relativismo, mas também da objetividade que resulta do facto de vermos reforçada a validade dos princípios construtivistas de que partimos, permitimo-nos enunciar os seguintes juízos de valor, que consideramos pertinentes na educação em Química e Física e restantes ciências da natureza no seu sentido mais lato.

- ▶ A História da Ciência contribui para contrariar a existência de uma única visão sobre o mundo em que vivemos e a sua exploração no sentido da resolução dos problemas humanos.
- ▶ Em coerência com a complexidade das diferentes e múltiplas variáveis que interferem com o processo ensino/aprendizagem, a conceção construtivista não prescreve «uma» determinada forma de ensino, mas fornece elementos de reflexão sobre a prática desse processo.
- ▶ A melhoria da aprendizagem em Física e Química passa por uma mudança na formação dos professores que deverá
 - proporcionar conhecimentos atualizados sobre a Didática da Ciência que se ensina (baseada em conhecimentos cientificamente corretos), Epistemologia, Psicologia da Educação e História e Filosofia da Ciência;
 - desenvolver nos professores uma atitude de professor que simultaneamente ensina e reflete sobre o seu próprio ensino, para melhor o avaliar;

- o consciencializar os professores da importância do currículo, no que se refere ao domínio das atitudes.
- ▶ As interações que se estabelecem no contexto escolar, caracterizadas pelo respeito mútuo, em que o erro é tido como motor de desenvolvimento, em que há lugar para a exigência e para a responsabilidade, educam as pessoas nas suas capacidades social, cognitiva, afetiva e relacional que intervêm na formação global do indivíduo. Do ponto de vista de quem ensina, importa criar um ambiente de respeito pelas diferenças cognitivas, sociais e afetivas dos alunos.

5.3 - Limitações do estudo

A reduzida dimensão da amostra e o processo de amostragem não probabilística (por conveniência) não permitem a generalização dos resultados.

Outra limitação decorre da carga curricular atribuída à disciplina de Ciências Físico-Químicas e da necessidade de cumprir a planificação conjunta do Grupo Disciplinar para o 9º Ano, o que impossibilitou prolongar por um período maior este estudo.

Como já foi anteriormente referido, o questionário “O que pensas acerca das Ciências Físico-Químicas?” foi respondido pela primeira vez pelos alunos no início do ano letivo e depois da 1ª unidade de Química. Como a minha perspectiva de ensino ao longo do ano é coincidente com a que foi assumida no período em que decorreu o estudo, a mudança verificada na visão que os alunos possuíam acerca das Ciências Físico-Químicas pode não se dever exclusivamente à estratégia aplicada na Unidade a que o estudo se refere, mas a um período mais longo em que nas aulas procurei que os alunos refletissem sobre o que significa o conhecimento científico ao longo da História e nos dias de hoje.

Para além do número de aulas que decorreram entre os dois momentos de aplicação do questionário, a transição da Física para a Química pode também ter influenciado a mudança de opinião dos alunos.

Procurou-se minimizar as limitações à confiança nos resultados da pesquisa decorrentes da metodologia adotada procedendo-se à descrição pormenorizada da forma como o estudo foi realizado.

Para melhor assegurar a adequação do Questionário à população alvo, um grupo de professores da Escola que lecionava turmas do Básico aplicou-o nas respetivas turmas, no início do ano letivo, de forma a melhor garantir a validade interna.

Foi feito um estudo da fiabilidade dos resultados da aplicação do teste final, com base num dos métodos de consistência interna. A fiabilidade dos resultados foi boa, conforme o comprova o valor 0,985 do coeficiente de fiabilidade alfa.

Finalmente, foi feita a comparação dos dados recolhidos dos testes com os resultantes das observações nas aulas, isto é, foi efetuada a triangulação de dados.

Creemos, pois, que é legítimo afirmar que está garantida alguma validade interna dos resultados desta pesquisa.

5.4 - Implicações Educacionais

Optar por um ensino que considere que a sua função vai mais além do que a simples transmissão do saber culturalmente organizado e que, por conseguinte, não se cinge apenas ao aperfeiçoamento de determinadas capacidades cognitivas, mas tem como objetivo mais abrangente o desenvolvimento das pessoas em todas as suas capacidades implica que as estratégias de ensino, a organização dos conteúdos e o papel desempenhado pelo professor se ajustem de modo a possibilitar este desenvolvimento global.

Promover a aprendizagem é organizar a Escola com novas formas de trabalhar; é considerar a aprendizagem como um processo não linear que deve ser perspectivado nas suas múltiplas facetas; é privilegiar situações em que o aluno possa agir mais do que reagir, construir em vez de reproduzir. Desenvolver a atividade mental do aluno que torne possível, por parte deste, o estabelecimento de relações, a generalização e transposição dessas relações para outros contextos e a atuação autónoma implica que o aluno compreenda o que faz e por que razão o faz e que tome consciência do seu modo de pensar.

5.5 - Sugestões para Futuras Investigações

As conclusões a que chegámos, as limitações deste estudo e ainda as implicações apontadas suscitam-nos alguns aspetos que sugerimos que sejam aprofundados em

futuras investigações e que poderão acrescentar valor a este estudo, sendo útil para a sua validação.

Assim, ao concluir, formulamos mais este juízo de valor:

- ▶ A validade desta pesquisa, assim como a investigação geral em Educação em Química, sairão reforçadas com:
 - a repetição de um estudo semelhante com amostras de maior dimensão;
 - a repetição de um estudo semelhante durante um período mais prolongado;
 - o alargamento do estudo da eficácia de estratégias com recurso à História da Ciência a outros conteúdos e a turmas de diferentes anos de escolaridade.

E...

...como afirmava Furter, citado por Nóvoa (2009), o pensamento contemporâneo sobre Educação tem que assentar na capacidade de não se restringir a pensar o futuro no presente, mas organizar o presente de modo a que possa atuar sobre esse futuro.

A quem se dispuser aceitar este desafio espera-o um processo feito de avanços e recuos, dificuldades e desalento; aparentemente insignificante, por vezes vacilante, não deixará de ser indispensável e decisivo!

BIBLIOGRAFIA

AFONSO, M., ALVEIRINHO, D., TOMÁS, H., ALVES, V., FERREIRA, S., CALADO, S. e SILVA, P. (2011). “A exigência conceptual no ensino das Ciências – do 1º ao 9º ano de escolaridade” in AFONSO, M. (Coord) *O Valor do Ensino Experimental*. Lisboa: Fundação Francisco Manuel dos Santos.

ALBARELLO, L. *et al* (1997). *Práticas e Métodos de Investigação em Ciências Sociais*. Lisboa: Gradiva.

ALMEIDA, J. e PINTO, J. (1990). *A Investigação nas Ciências Sociais*. Lisboa: Editorial Presença.

ALMEIDA, J. e PINTO, J. (1999). “Da Teoria à Investigação Empírica. Problemas Metodológicos Gerais” in Silva e Pinto (Orgs) *Metodologia das Ciências Sociais*. Porto: Edições Afrontamento.

ARENDS, R. (1995). *Aprender a Ensinar*. Lisboa: McGraw-Hill de Portugal.

ARMELLA, L. E WALDEGG, G. (1998). “La Epistemología Constructivista y la Didáctica de las Ciencias: Coincidencia o Complementariedad?” in *Enseñanza de las Ciencias*, 16(3), 421-429.

AUSUBEL, D., NOVAK, J. e HANESIAN, H. (1980). *Psicologia Educacional*. Rio de Janeiro: Editora Interamericana.

BACHELARD, G. (1976). *Filosofia do Novo Espírito Científico*. Lisboa: Ed. Presença.

BELL, J. (1997). *Como Realizar um Projecto de Investigação*. Lisboa: Gradiva.

BENSAUDE-VINCENT, B. e STENGERS, I. (1996). *História da Química*. Lisboa: Instituto Piaget

BERBAUM, J. (1992). *Desenvolver a Capacidade de Aprendizagem*. Lisboa: Edições Escola Superior de Educação João de Deus.

BLOOM, B. (1971). «Mastery Learning and its Implications for Curriculum Development» in MACHADO, F. e GONÇALVES, M. (1991). *Currículo e Desenvolvimento Curricular*. Porto: Edições Asa.

BOGDAN, R. e BIKLEN, S. (1994). *Investigação Qualitativa em Educação*. Porto: Porto Editora.

BRONOWSKI, J. (1992). *A Responsabilidade do Cientista e Outros Escritos*. Lisboa: Publicações D. Quixote.

BROOKS, J. e BROOKS, M. (1999). *In Search of Understanding. The Case for Constructivist Classrooms* (revised edition). Alexandria (USA): ASCD – Association for Supervision and Curriculum Development.

BRUNER, J. (1996). *The Process of Education*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.

BUNGE, M. (1973). *Filosofia da Física*. Lisboa: Edições 70.

CACHAPUZ, A. (1993). “O Ensino das Ciências e Mudança Conceptual: Estratégias Inovadoras de Formação de Professores” in *Inovação*, 6(1).

CACHAPUZ, A. (1995). “O Ensino da Química na Perspectiva de Trabalho Científico” in *Química Nova*, 18(1), 91-96.

CACHAPUZ, A., PRAIA, J., PAIXÃO, F. e MARTINS, I. (2000). “Uma Visão sobre o Ensino das Ciências no pós Mudança Conceptual” in *Inovação*, 13(2-3), 117-137.

CACHAPUZ, A., PRAIA, J. e JORGE, J. (2002). *Ciência, Educação em Ciência e Ensino das Ciências*. Lisboa: Ministério da Educação.

CALDEIRA, C., VALADARES, J. NEVES, M. e VICENTE, M. (2008). *Viver melhor na Terra*. Lisboa: Didáctica Editora.

CANAVARRO, J. (1999). *Ciência e Sociedade*. Coimbra: Quarteto Editora.

CARMO, H. e FERREIRA, M. (1998). *Metodologia da Investigação*. Lisboa: Universidade Aberta.

COBB, P. (1996). “Onde Está o Espírito? Uma Coordenação de Perspectivas Construtivistas Socioculturais e Cognitivas” in *Construtivismo e Educação. Teoria, Perspectivas e Prática*. Lisboa: Instituto Piaget.

COLL, C. (2001). *O Construtivismo na Sala de Aula*. Porto: ASA Editores.

COOK, T. e REICHARDT, C. (1986). “Hacia una Superacion del Enfrentamiento entre los Métodos cualitativos y cuantitativos” in *Métodos Cualitativos y Cuantitativos en Investigación Evaluativa*. Madrid: Ediciones Morata.

COSTA, A. F. (1999). “A Pesquisa de Terreno em Sociologia” in Silva e Pinto (Orgs) *Metodologia das Ciências Sociais*. Porto: Edições Afrontamento.

CRUZ, N. e VALENTE, O. (1993). “Estratégias Metacognitivas e Resolução de Problemas: um Estudo com Alunos do 10º Ano de Físico-Químicas” in *Revista da Educação*, 3 (1), 86-101.

CUNNINGHAM, D., DUFFY, T., & KNUTH, R. (1993). Textbook of the future. In C. McKnight (Ed.), *Hypertext; A psychological perspective*. London: Ellis Horwood Publishing.

DAMÁSIO, A. (1994). *O Erro de Descartes – Emoção, Razão e Cérebro Humano*. Lisboa: Publicações Europa-América, Lda.

DOUGIAMAS, M. (1998). A Journey into Constructivism.

<http://www.dougiamas.com/writing/constructivism.html> [Novembro de 2015]

DRIVER, R. (1986). "Psicologia Cognoscitiva y Esquemas Conceptuales de los Alumnos" in *Enseñanza de las Ciencias*, 4(1), 3-15.

DRIVER, R. (1988). *The Pupil as a Scientist?* .Londres: Open University Press.

DRIVER, R. (1995). "Constructivist Approaches to Science Teaching" in Steffe e Gale (Eds.), *Constructivism in Education*. Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum.

DRIVER, R. e BELL, B. (1986). "Students' Thinking and the Learning of Science: a Constructivist View" in *School Science Review*, 67, 443-456.

DRIVER, R., GUESNE, E. e TIBERGHEN, A. (1996). *Ideas Científicas en la Infancia y Adolescencia*. Madrid: Ediciones Morata.

DUIT, R. (1995). "The Constructivist View: A Fashionable and Fruitful Paradigm for Science Education Research and Practice" in Steffe e Gale (Eds.), *Constructivism in Education*. Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum.

DUIT, R. e TREAGUST, D. (1998). "Learning in Science – From Behaviourism Towards Social Constructivism and Beyond" in Fraser e Tobin (Eds) *International Handbook of Science Education*, 3-25. Great Britain: Kluwer Academic Publishers.

DUSCHL, R. e HAMILTON, R. (1998). "Conceptual Change in Science and the Learning of Science" in Fraser e Tobin (Eds) *International Handbook of Science Education*, 1047-1065. Great Britain: Kluwer Academic Publishers.

ESTRELA, A. (1994). *Teoria e Prática de Observação de Classes*. Porto: Porto Editora.

FERNANDES, P. (2011). *O currículo do ensino básico em Portugal: Políticas, perspetivas e desafios*. Porto: Porto Editora.

FERREIRA, V. (1999). “O Inquérito por Questionário na Construção de Dados Sociológicos” in Silva e Pinto (Orgs) *Metodologia das Ciências Sociais*. Porto: Edições Afrontamento.

FILSTEAD, W. (1986). “Metodos Cualitativos: una Experiencia Necesaria en la investigación evaluativa” in *Métodos Cualitativos y Cuantitativos en Investigación Evaluativa*. Madrid: Ediciones Morata.

FOSNOT, C. (1996). “Construtivismo: uma Teoria Psicológica da Aprendizagem” in *Construtivismo e Educação. Teoria, Perspectivas e Prática*. Lisboa: Instituto Piaget.

FREIRE, P. (1981). *Ação cultural para a liberdade e outros escritos*. Rio de Janeiro: Paz e Terra.

GAGLIARDI, R., GIORDAN, A.(1986). “La Historia de las Ciencias: una Herramienta para la Enseñanza” in *Enseñanza de las Ciencias*, 4(3), 253-258.

GASPAR, I. e ROLDÃO, M. (2007). *Elementos do Desenvolvimento Curricular*. Lisboa: Universidade Aberta.

GIERE, R. (1988). *Explaining Science: a Cognitive Approach*. Chicago: The University of Chicago Press.

GIL-PEREZ, D., GUIASOLA, J., MORENO, A., CACHAPUZ, A., CARVALHO, A., TORREGROSA, J., SALINAS, J., VALDÉS, P., GONZALEZ, E., DUCH, A., DUMAS-CARRÉ, A., TRICÁRICO, H. e GALLEGU, R. (2002). “Defending Constructivism in Science Education” in *Science & Education* 11 (6), 557-571.

GIL, F. (2000). “Conhecer” in *Enciclopédia Enaudi*, vol. 41. Lisboa: Imprensa Nacional – Casa da Moeda.

GIMENO, J. (1988). *El Curriculum: una Reflexion sobre la Pratica*. Madrid: Morata.

GLASERSFELD, E. (1996a). *Construtivismo Radical*. Lisboa: Instituto Piaget.

GLASERSFELD, E. (1996b). “Aspectos do Construtivismo” in Fosnot (Ed.) *Construtivismo e Educação. Teoria, Perspectivas e Prática*. Lisboa: Instituto Piaget.

GOMES, C. (1987). *A Abordagem do Insucesso Escolar a partir de um Inquérito Sociológico*. Braga: Departamento de Sociologia da Educação e Administração Educacional do Instituto de Educação e Psicologia da Universidade do Minho.

GOULD, J. (1996). “Uma Perspectiva Construtivista do Ensino e da Aprendizagem da Língua” in Fosnot (Ed.) *Construtivismo e Educação. Teoria, Perspectivas e Prática*. Lisboa: Instituto Piaget.

Gowin, D. B. (1981). *Educating*. Ithaca, N.Y.: Cornell University Press.

GRIFFITHS, A. (1994). “A Critical analysis and Synthesis of Research on Students’ Chemistry Misconceptions” in Schmidt (Ed.) *Proceedings of the 1994 International ICASE Seminar – Problem Solving and Misconceptions in Chemistry and Physics*, 70-99. Dortmund.

HACKING, I. (1999). “Factos e Hipóteses” in Gil, F. (Coord.) *A Ciência tal qual se Faz*. Lisboa: Ministério da Ciência e Tecnologia/ Edições João Sá da Costa.

HARPER, B. e HEDBERG, J. (1997). *Creating Motivating Interactive Learning Environments: a Constructivist View*.

<http://www.ascilite.org.au/conferences/perth97/papers/Harper/Harper.html>

[Outubro 2015]

- HESSSEN, J. (1987). *Teoria do conhecimento*. Coimbra: Arménio Amado Editora.
- HEWSON, P. (1981). "A conceptual Change Approach to Learning Science" in *European Journal of Science Education*, 3(4), 383-396.
- HEWSON, P., BEETH, M. e THORLEY, N. (1998). "Teaching for Conceptual Change" in Fraser e Tobin (Eds) *International Handbook of Science Education*, 199-218. Great Britain: Kluwer Academic Publishers.
- HODSON, D. (1985). "Philosophy of Science, Science and Science Education" in *Studies in Science Education*, 22, 25-57.
- HODSON, D. (1992). "Redefining and Reorienting Practical Work in School Science" in *School Science Review*, 73(264), 65-78
- HOPKINS, K. e STANLEY, J. (1981). *Educational and Psychological Measurement and Evaluation*. New Jersey: Prentice-Hall. Inc,
- HUMPHEYS, B., JOHNSON, R. e JOHNSON, D. (1982). "Effects of Cooperative, Competitive and Individualistic Learning on Student's Achivements in Science Class" in *Journal of Research in Science Teaching*, 19 (5), 351-356.
- JESUINO, J. (1999). "Método Experimental nas Ciências Sociais" in Silva e Pinto (Orgs) *Metodologia das Ciências Sociais*. Porto: Edições Afrontamento.
- KELLY, A. (1981). *O Currículo: Teoria e Prática*. São Paulo: Editora Harper & Row do Brasil.
- KUHN, T. (1970). *La estrutura de las Revoluciones Cientificas*. Madrid: Fondo de Cultura Economica.
- LEDERMAN, F., ABD-EL-KHALICK, R., BELL, R. E SCHWARTZ, R. (2002). "Views of Nature of Science Questionnaire: Toward Valid and Meaningful Assessment of learner's Conceptions of Nature of Science" in *Journal of Research in Science Teaching*, 39 (6), 497-521

LEITE, C. (2003). *Para uma Escola Curricularmente Inteligente*. Porto: Edições ASA.

MAHONEY (1991). *Human Change Processes: Notes on the Facilitation on Personal Development*. New York: Basic Books.

MATTHEWS, M. (1994). "Historia, Filosofia y Enseñanza de las Ciencias: la Aproximación Actual" in *Enseñanza de las Ciencias*, 12(2), 255 -277.

MATTHEWS, M. (1998a). "Introductory Comments on Philosophy and Constructivism in Science Education" in Matthews (Ed) *Constructivism in Science Education*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

MATTHEWS, M. (1998b). "The Nature of Science and Science Teaching" in Fraser e Tobin (Eds) *International Handbook of Science Education*, 981-999. Great Britain: Kluwer Academic Publishers.

MAURI, T. (2001). "O que é que Faz com que o Aluno e a Aluna Aprendam os Conteúdos Escolares?" in COLL, C., MARTIN; E., MAURI, t. MIRAS, M., ONRUBIA, J., SOLÈ; I. e ZABALA, A. *O Construtivismo na Sala de Aula*. Porto: ASA Editores.

MELLADO, V. E CARRACEDO, D. (1993). "Contribuciones de la Filosofia de la Ciencia a la Didáctica de las Ciencias" in *Enseñanza de las Ciencias*, 11(3), 331-339.

MILLER, A. (1996). *Intuitions de Génie*. Paris: Flammarion.

MINTZES, J. e WANDERSEE, J: (2000). "Reforma e Inovação no Ensino da Ciência: uma Visão Construtivista" in Mintzes, Wandersee e Novak (Orgs) *Ensinando Ciência para a Compreensão: uma Visão Construtivista*. Lisboa: Plátano Edições Técnicas.

MINISTÉRIO da EDUCAÇÃO (2001). Departamento do Ensino Básico. *Currículo Nacional do Ensino Básico – Competências Essenciais*.

Ministério da Educação – OIE – Organização dos Estados Ibero-americanos, (2006). *O Sistema Educativo em Portugal*.

MORA, J. (1991). *Dicionário de Filosofia*. Lisboa: Publicações Dom Quixote.

MOREIRA, M. (1997). “Aprendizagem Significativa: um Conceito Subjacente” in Moreira, M., Caballero, C. e Rodriguez, M. (Orgs) *Actas Encuentro Internacional sobre Aprendizaje Significativo*. Universidade de Burgos.

MOREIRA, M. (1999a). *Investigación en Enseñanza: Aspectos Metodológicos*. Burgos: Departamento de Didácticas Específicas da Universidade de Burgos.

MOREIRA, M. (1999b). *La Teoria del Aprendizaje Significativo*. Burgos: Departamento de Didácticas Específicas da Universidade de Burgos.

MOREIRA, M. (2004). *La teoria de los campos conceptuales de Vergnaud, la enseñanza de las ciencias y la investigación en la área*. Instituto de Física da Universidade Grande do Rio Grande do Sul.

MOREIRA, M. (2006). *Mapas conceituais e diagramas V*. Porto Alegre: Ed. do Autor.

MOREIRA, M. e BUCHWEITZ, B. (1993). *Novas Estratégias de Ensino e Aprendizagem*. Lisboa: Plátano Edições Técnicas.

NOLA, R. (1998). “Constructivism in Science and Science Education: a Philosophical Critique” in Matthews (Ed) *Constructivism in Science Education*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

NOVAK, J. (1988a). “Learning science and the science of learning” in *Studies in Science Education*, 15, 77-101.

NOVAK, J. (1988b). "Constructivismo Humano: un Consenso Emergente" in *Enseñanza de las Ciencias*, 6(3), 213-223.

NOVAK, J. (1990a). "Concept Mapping: a Useful Tool for Science Education" in *Journal of Research in Science Teaching*, 27(10), 937-949.

NOVAK, J. (1990b). "Human Constructivism: a Unification of Psychological and Epistemological Phenomena in Meaning Making". Paper apresentado na Fourth North American Conference on Personal Construct Psychology, San Antonio, Texas.

NOVAK, J. (1991). "Ayudar a los Alumnos a Aprender cómo Aprender" in *Enseñanza de las Ciencias*, 9(3), 215-228.

NOVAK, J. (1993). "Human Constructivism: a Unification of Psychological and Epistemological Phenomena in Meaning Making" in *International Journal of Personal Construct Psychology*, 6, 167-193.

NOVAK, J. (1997). "Clarify with Concept Maps Revisited" in Moreira, M., Caballero, C. e Rodriguez, M. (Orgs) *Actas Encuentro Internacional sobre Aprendizaje Significativo*. Universidade de Burgos.

NOVAK, J. (2000). "A Demanda de um Sonho: a Educação Pode Ser Melhorada" in Mintzes, Wandersee e Novak (Orgs) *Ensinando Ciência para a Compreensão: uma Visão Construtivista*. Lisboa: Plátano Edições Técnicas.

NOVAK, J. e GOWIN, B. (1999). *Aprender a Aprender*. Lisboa: Plátano Edições Técnicas.

NOVAK, J., GOWIN, B. e JOHANSEN, G. (1983). "The Use of Concept Mapping and Knowledge Vee Mapping with Junior High School Science Education" in *Science Education*, 67(5), 625-645.

NÓVOA, A. (2009) "Educação 2021: para uma história do Futuro" in *Revista Ibero-Americana da Educação*, 49.

NUNES, S. e MARTINS, D. (1969). "A Composição Social da População Portuguesa. Alguns Aspectos e Implicações" in *Análise Social*, 7(27/28), 333-381.

ONRUBIA, J. (2001). "Ensinar: Criar Zonas de Desenvolvimento Próximo e Intervir nelas" in *O Construtivismo na Sala de Aula*. Porto: ASA Editores.

OSBORNE, J. (1996). "Beyond Constructivism" in *Science Education*, 80, 53-82.

PACHECO, J. (1996). *O Currículo: Teoria e Práxis*. Porto: Porto Editora.

PACHECO, J. (2011). *Discursos e Lugares das Competências em Contextos de Educação e Formação*. Porto: Porto Editora.

PEREIRA, D. (1993). "Impacto das Novas Tecnologias de Informação nas Estratégias de Ensino da Química" in *Revista Portuguesa de Educação*, 6(1), 1-23.

PERRENOUD (1999). "Construir competências é virar as costas aos saberes?" in *Pátio. Revista Pedagógica*, nº 11, 15-19.

PESTRE, D. (1999). "Para uma História (Social) da Prova nas Ciências e nas Técnicas" in Gil, F. (Coord.) *A Ciência tal qual se Faz*. Lisboa: Ministério da Ciência e Tecnologia/Edições João Sá da Costa.

PHILLIPS, D. (1998). "Coming to Grips with Radical Social Constructivisms" in Matthews (Ed) *Constructivism in Science Education*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

PIAGET, J. (1976). *Psicologia e Epistemologia. Para uma Teoria do Conhecimento*. Lisboa. Publicações Dom Quixote.

PIAGET, J. (1977). *Problemas de Psicologia Genética*. Lisboa: Publicações Dom Quixote.

PIAGET, J. e GARCIA, R. (1987). *Psicogénese e História das Ciências*. Lisboa: Publicações Dom Quixote.

POPPER, K. (1972). *A Lógica da Pesquisa Científica*. São Paulo: Editora Cultrix.

PORCHER, L. (1974). *A Escola Paralela*. Lisboa: Livros Horizonte.

POSNER, G. e GERTZOG, W. (1982). "The Clinical Interview and the Measurement of Conceptual Change" in *Science Education*, 66(2), 195-209.

POSNER, G., STRIKE, K., HEWSON, P. e GERTZOG, W. (1982). "Accommodation of a Scientific Conception: Toward a Theory of Conceptual Change" in *Science Education*, 66(2), 211-227.

QUIVY, R. E CAMPENHOUDT, L. (1992). *Manual de Investigação em Ciências Sociais*. Lisboa: Gradiva.

RIBEIRO, A. (1990). *Desenvolvimento Curricular*. Lisboa: Texto Editora.

RITCHIE, S. (1994). "Metaphor as a Tool for Constructivist Science Teaching" in *International Journal of Science Education*, 16(3), 283-303.

RUIVO, J., SEBASTIÃO, J., RAFAEL, J., AFONSO, P., NUNES, S. (1008). *Ser Professor Satisfação Profissional e Papel das Organizações de Docentes*. Instituto Politécnico de Castelo Branco.

SANTOS, M. (1998). *Mudança Conceptual na Sala de Aula*. Lisboa: Livros Horizonte.

SAVERY, J. & DUFFY, T. (1996). Problem based learning: An instructional model and its constructivist framework. In B. Wilson (Ed.), *Constructivist learning environments: Case studies in instructional design* (pp. 135-148). New Jersey: Educational Technologies Publications. S

SEBELA, M. P. (2001). "Using Teacher Action Research to Promote Constructivist Classroom Learning Environments in Mathematics in South Africa"

SCHWAB, J. E BRANCHWEIN, P. (1962). *The Teaching of Science*. Harvard University.

SCHWAB, J. (1996). *The Pratical: a Language for Curriculum* in MACHADO, F. e GONÇALVES, M. (1991). *Currículo e Desenvolvimento Curricular*. Porto: Edições Asa.

SILVA, A. e PINTO, J. (1999). "Uma visão Global sobre as Ciências Sociais" in Silva e Pinto (Orgs) *Metodologia das Ciências Sociais*. Porto: Edições Afrontamento.

SLAVIN, R. (1991). "Synthesis of Research on Cooperative Learning" in *Educational Leadership*, 48, 71-82.

SOLBES, J. e TRAVER, M. (1996). "La Utilización de la Historia de la Ciencia en las Enseñanza de la Física y la Química" in *Enseñanza de las Ciencias*, 14(1), 103-112.

SOLBES, J. e TRAVER, M. (2001). "Resultados Obtenidos Introduciendo Historia de la Ciencia en las Classes de Física y Química: Mejora de la Imagen de la Ciencia y Desarrollo de Actitudes Positivas" in *Enseñanza de las Ciencias*, 19(1), 151-162.

SOLÉ, I. (2001). "Disponibilidade para a Aprendizagem e Sentido da Aprendizagem" in *O Construtivismo na Sala de Aula*. Porto: ASA Editores.

SOLÉ, I. e Coll, C. (2001). "Os Professores e a Concepção Construtivista" in *O Construtivismo na Sala de Aula*. Porto: ASA Editores.

SOLOMON, J. (1998). "About Argument and Discussion" in *School Science Review*, 80 (291), 57-62.

SPRINTALL, N. e SPRINTALL, R. (1990). *Psicologia Educacional*. Lisboa: McGraw-Hill.

STAVER, J. (1998). "Constructivism: Sound Theory for Explicating the Practice of Science and Science Teaching" in *Journal of Research in Science Teaching*, 35(5), 501-520.

STEFFE, L. (1995). "Prospects for Alternative Epistemologies in Education" in Steffe e Gale (Eds.), *Constructivism in Education*. Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum.

TAYLOR, P. (1998). "Constructivism: Value Added" in Fraser e Tobin (Eds) *International Handbook of Science Education*, 1111-1123. Great Britain: Kluwer Academic Publishers.

TYLER, R. (1949). *Princípios Básicos de Currículo e Ensino*. Rio de Janeiro: Editora Globo.

WANDERSEE, J. (1986). "Can the History of Science Help Science Educators Anticipate Students' Misconceptions?" in *Journal of Research in Science Teaching*, 23(7), 581-597.

WANDERSEE, J., MINTZES, J. e NOVAK, J. (1994). "Research on Alternative Conceptions in Science" in Gabel, D. (Ed) *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*, 177-210. New York: MacMillan Publishing Company.

VALADARES, J. (1995). *Concepções Alternativas no Ensino da Física à Luz da Filosofia da Ciência*. Dissertação de Doutoramento em Ciências da Educação – Didáctica da Física. Lisboa: Universidade Aberta.

VALADARES, J. (1995b) "Concepções epistemológicas sobre o conhecimento físico". 5º Encontro Ibérico sobre o Ensino da Física. Santiago de Compostela.

VALADARES, J. (2000). “A importância Epistemológica e Educacional do Vê do Conhecimento”. Conferência do III Encontro Internacional de Aprendizagem Significativa in *Proceedings do III EIAS: Universidade Aberta e IIE*.

VALADARES, J. (2001). *Estratégias Construtivistas e Investigativas no Ensino das Ciências*. Conferência proferida no Encontro «O Ensino das Ciências no Âmbito dos Novos Programas», na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

VALADARES, J. (2007). *Didáctica da Física*. Lisboa: Universidade Aberta.

VALADARES, J. (2011). *Teoria e Prática de Educação a Distância*. Lisboa: Universidade Aberta.

VALADARES, J. (2013). “O ensino da Física nas escolas secundárias portuguesas no século XX” in *Revista Lusófona de Educação*, 25, 15-34

VALADARES, J. (2014). *Organizadores Gráficos facilitadores da Aprendizagem Significativa Diagramas em Vê e Mapas de conceitos* © UIED, Unidade de Investigação Educação e Desenvolvimento

VALENTE, M. (1980). “Da Natureza da Ciência à Atmosfera das Aulas de Física” in *Gazeta de Física*, VII (1/2), 1-7.

VYGOTSKY, L. (1991). Aprendizagem e desenvolvimento intelectual na idade – I. in *Psicologia e Pedagogia, Biblioteca de ciências Pedagógicas*. Lisboa: Editorial Estampa.

ZABALA, A. (2001). “Os Pontos de Vista Didáticos” in COLL *et al O Construtivismo na Sala de Aula*. Porto: ASA Editores.

ZABALZA, M. (1992). *Planificação e Desenvolvimento Curricular na Escola*. Porto: Edições Asa.

ANEXOS

ANEXO I

Critério usado na definição da composição socioeconómica

CRITÉRIO USADO NA DEFINIÇÃO DA COMPOSIÇÃO SÓCIO-ECONÓMICA

POSIÇÃO SOCIAL 1 – CLASSE SUPERIOR

- **Profissões liberais**
 - Médico
 - Advogado
 - Engenheiro
 - Arquiteto
- **Grandes industriais/comerciantes**
 - Ver critérios complementares
- **Altos funcionários**
 - Magistrados judiciais
 - Altos funcionários administrativos (Diretores gerais, Diretores de Serviço, Gerentes bancários)
- **Gestores de empresas**
- **Professores universitários**
- **Militares de alta patente**

POSIÇÃO SOCIAL 2 – CLASSE MÉDIA MAIS INSTRUÍDA

- **Professores dos ensinos secundário, básico e educadores de infância**
- **Médios industriais/comerciantes**
- **Funcionários médios**
 - Ver critérios complementares
 - Quadros técnicos
 - Empregados bancários, de seguros, etc.
 - Empregados de escritório com, pelo menos, o 9º ano
 - Solicitador

– Enfermeiro/assistente social

– Técnicos

POSIÇÃO SOCIAL 3 – CLASSE MÉDIA MENOS INSTRUÍDA

- Pequenos industriais/comerciantes
- Caixeiros viajantes
- Funcionários médios – quadros administrativos
- Empregados de escritório sem o 9º ano
- Agentes da PSP e outras forças militarizadas
- Sargentos
- Cabeleireiros
- Capatazes e encarregados de obras

POSIÇÃO SOCIAL 4 – ESTRATO OPERÁRIO E RURAL (TRABALHADORES MANUAIS)

- Operários
- Trabalhadores rurais
- Funcionários auxiliares
 - Pessoal de limpeza
 - Contínuos
 - Porteiros
 - Motoristas
 - Varredores, etc.
- Vendedores ambulantes e feirantes

CRITÉRIOS COMPLEMENTARES

- a) Profissão do cônjuge
- b) Habilitação do próprio
- c) Habilitação escolar do cônjuge
- d) Residência

ANEXO II

Caracterização da Turma

Nível socioeconómico e de instrução dos Encarregados de Educação

Caracterização da Turma

Nível socioeconómico e de instrução dos Encarregados de Educação

Nº aluno	Profissão do Encarregado de Educação	Nível de instrução	PS
1	Operário Construção Civil	?(imigrante PALOP)	4
2	Emp. comercial	6º Ano	3
3	<i>Institucionalizada</i>	—	4
4	Administrativo	9º Ano	3
5	Técnico de contabilidade	C. profissional	2
6	Emp. restauração	6º Ano	4
7	Professor E. Básico	Superior	2
8	Militar GNR		3
9	Técnico de informática	12º Ano	2
10	Pessoal de limpeza	3º Ano	4
11	Emp. escritório	11º Ano	3
12	Desempregado	9º Ano	4
13	Enfermeiro	C. Enfermagem	2
14	Médico	Superior	1
15	Cabeleireira	8º Ano	3
16	Comerciante	9º Ano	3
17	Emp. escritório	9º Ano	3
18	Bancário	12º Ano	2
19	Emp. restauração	6º Ano	4
20	Emp. restauração	6º Ano	4

PS 1 – Posição Social 1- Classe Superior

PS 2 - Posição Social 2 – Classe Média Alta

PS 3 - Posição Social 3 – Classe Média Baixa

PS 4 - Posição Social 4 – Classe Operária e Rural

Posição Social	Frequência absoluta	Frequência relativa (%)
PS 1	1	5
PS 2	5	25
PS 3	7	35
PS 4	7	35

ANEXO III

**Questionário “O que pensas sobre as ciências?”
(versão provisória)**

__ Ano

Data: _____

Turma: __

Nome: _____

Inquérito de opinião

Assunto: *O que pensas sobre as ciências?*

Propomos-te que respondas ao inquérito junto, o que é bastante fácil.

Apenas tens de dizer se estás de acordo ou em desacordo sobre determinadas afirmações respeitantes à ciência, bem como sobre as pessoas que a elas se dedicam.

É importante que respondas tal como pensas (e não como achas que outros esperam que tu penses...). Tão ou mais importante do que aquilo que cada um pensa é a honestidade do pensamento.

A honestidade é uma qualidade muito importante do espírito científico (e da vida em geral, claro!).

Perto do final do ano, vamos pedir-te para responder novamente a este inquérito e comparar essas respostas com o que respondeste no início do ano. Poderás, assim, verificar se mudaste muito ou pouco de opinião... ou se não mudaste nada.

São feitas na página seguinte algumas afirmações acerca da Ciência.

Para cada uma das afirmações, coloca uma cruz num quadrado das colunas DT, DP, AP ou AT, de acordo com a seguinte chave:

DT Estás em **Desacordo Total** com a afirmação.

DP Estás em **Desacordo Parcial** com a afirmação.

AP Estás em **Acordo Parcial** com a afirmação.

AT Estás em **Acordo Total** com a afirmação.

Obrigada!

v.s.f.f.

	A Ciência...	DT	DP	AP	AT
1	... tem pouco interesse porque não têm a ver com a vida do dia a dia.				
2	...contribuiu para o progresso e o bem-estar.				
3	... é construída por pessoas que não têm crenças (religiosas e outras) e põem-na acima dos valores humanos.				
4	... estuda completamente vários fenómenos, conhecimento esse que é verdadeiro e não deve ser posto em causa.				
5	... tem teorias que só pessoas geniais as podiam ter descoberto.				
6	... resulta de um intenso esforço mental e, por vezes, físico de vários cientistas.				
7	... tem muito a ver com o mundo que nos rodeia.				
8	... resulta de descobertas que, regra geral, só têm interesse para os cientistas que as fizeram				
9	...tem teorias que podem ser testadas através de observações e experiências.				
10	... é cada vez mais o resultado da colaboração de cientistas de muitos países.				
11	... resulta do trabalho de mulheres e homens muito diferentes das pessoas comuns.				
12	... não tem a ver com as aplicações boas ou más que possam ser feitas das suas teorias.				
13	... chega a conclusões que, uma vez confirmadas, nunca mais podem ser postas em causa.				
14	... desperta interesse e entusiasmo se for estudada abordando problemas do dia a dia.				
15	... está na origem de problemas que afetam a humanidade.				

16	... chega a conclusões que podem ser mais tarde completadas, alteradas ou substituídas.				
17	... é feita por poucas pessoas que se tornam famosas.				
18	... tem teorias e conceitos que são apenas abstrações da mente humana e que pouco correspondem aos fenómenos que procuram compreender.				
19	... tem teorias que, apesar de explicarem fenómenos físicos, levantam outras questões que necessitam ainda de ser esclarecidas.				
20	... é importante por ter largas implicações sobre a humanidade.				
21	... é uma coleção de factos já investigados e a contínua procura de outros ainda não descobertos.				
22	...é o resultado de trabalhos feitos por cientistas que ignoram o que foi já feito naquele tema.				

ANEXO IV

**Questionário “O que pensas sobre as Ciências Físico-Químicas?”
(início do estudo)**

9º Ano

Data: _____

Turma: ____

Inquérito de opinião

Assunto: O que pensas sobre as Ciências Físico-Químicas?

Propomos-te que respondas ao inquérito junto, o que é bastante fácil.

Apenas tens de dizer se estás de acordo ou em desacordo com determinadas afirmações respeitantes às Ciências Físico-Químicas, bem como sobre as pessoas que a elas se dedicam.

É importante que respondas tal como pensas (e não como achas que outros esperam que tu penses...).

São feitas algumas afirmações acerca da Física e da Química que tens vindo a estudar ao longo destes anos.

Parte I

Para cada uma das afirmações, coloca uma cruz num quadrado das colunas DT, DP, AP ou AT, de acordo com a seguinte chave:

DT Estás em **Desacordo Total** com a afirmação.

DP Estás em **Desacordo Parcial** com a afirmação.

AP Estás em **Acordo Parcial** com a afirmação.

AT Estás em **Acordo Total** com a afirmação.

	As Ciências Físico-Químicas...	DT	DP	AP	AT
1	... contribuem para o progresso.				
2	... foram construídas por pessoas que não têm crenças (religiosas e outras) e põem a ciência acima dos valores humanos.				
3	... estudam completamente vários fenómenos, conhecimento esse que é verdadeiro e não deve ser posto em causa.				
4	... têm teorias que só pessoas geniais as podiam ter descoberto.				
5	... resultam de um intenso esforço mental e, por vezes, físico de vários cientistas.				
6	... têm muito a ver com o mundo que nos rodeia.				

7	... resultam de descobertas que, regra geral, só têm interesse para os cientistas que as fizeram.				
8	...têm teorias que podem ser testadas através de observações e experiências.				
9	... são cada vez mais o resultado da colaboração de cientistas de muitos países.				
10	... são o resultado do trabalho de mulheres e homens muito diferentes das pessoas comuns.				
11	... chegam a conclusões que, uma vez confirmadas, nunca mais podem ser postas em causa.				
12	... despertam interesse e entusiasmo se forem estudadas abordando problemas do dia a dia.				
13	... chegam a conclusões que podem ser mais tarde completadas, alteradas ou substituídas.				
14	... são o resultado de descobertas feitas por pessoas que se tornam famosas.				
15	... são uma construção de cientistas que, como todas as construções humanas, é influenciada por crenças e valores.				
16	... têm teorias que, apesar de explicarem fenómenos físicos, levantam outras questões que necessitam ainda de ser esclarecidas.				
17	... são uma colecção de factos já investigados e a contínua procura de outros ainda não descobertos.				
18	...são o resultado de trabalhos feitos por cientistas que ignoram o que foi já feito naquele tema.				
19	... não têm a ver com as aplicações boas ou más que possam ser feitas das suas teorias.				
20	... são importantes por terem largas implicações sobre a humanidade.				

v.s.f.f.

Parte II

Para cada uma das afirmações, coloca uma cruz num quadrado das colunas 1, 2, 3 ou 4, de acordo com a seguinte chave:

1_ Nada ou muito pouco

2_ Pouco

3_ Razoavelmente

4_ Bastante ou muito

	1	2	3	4
Sentes-te motivado(a) para a aprendizagem de áreas científicas como a Física e a Química?				
Achas o estudo de conteúdos de Física e Química interessante?				
Experimentas dificuldade em compreender aspetos relacionados com a Física e a Química?				
Na tua opinião, é importante estudar Física e Química?				
Consideras a hipótese de escolher Física e Química, na continuação dos teus estudos?				

ANEXO V

**Questionário “O que pensas sobre as Ciências Físico-Químicas?”
(depois do estudo)**

Inquérito de opinião

Assunto: *O que pensas sobre as Ciências Físico-Químicas?*

Propomos-te que respondas ao inquérito junto, o que é bastante fácil.

Apenas tens de dizer se estás de acordo ou em desacordo com determinadas afirmações respeitantes às Ciências Físico-Químicas, bem como sobre as pessoas que a elas se dedicam.

É importante que respondas tal como pensas (e não como achas que outros esperam que tu penses...).

São feitas algumas afirmações acerca da Física e da Química que tens vindo a estudar ao longo destes anos.

Parte I

Para cada uma das afirmações, coloca uma cruz num quadrado das colunas DT, DP, AP ou AT, de acordo com a seguinte chave:

DT Estás em **Desacordo Total** com a afirmação.

DP Estás em **Desacordo Parcial** com a afirmação.

AP Estás em **Acordo Parcial** com a afirmação.

AT Estás em **Acordo Total** com a afirmação.

	As Ciências Físico-Químicas...	DT	DP	AP	AT
1	... são pouco motivadoras e têm pouco interesse porque não têm a ver com a vida do dia a dia.				
2	... foram construídas por pessoas que não têm crenças (religiosas e outras) e põem a ciência acima dos valores humanos.				
3	... estudam completamente vários fenómenos, conhecimento esse que é verdadeiro e não deve ser posto em causa.				
4	... têm teorias que só pessoas geniais as podiam ter descoberto.				

5	... resultam de um intenso esforço mental e, por vezes, físico de vários cientistas.				
6	... têm muito a ver com o mundo que nos rodeia.				
7	... resultam de descobertas que, regra geral, só têm interesse para os cientistas que as fizeram.				
8	...têm teorias que podem ser testadas através de observações e experiências.				
9	... são cada vez mais o resultado da colaboração de cientistas de muitos países.				
10	... são o resultado do trabalho de mulheres e homens muito diferentes das pessoas comuns.				
11	... chegam a conclusões que, uma vez confirmadas, nunca mais podem ser postas em causa.				
12	... despertam interesse e entusiasmo se forem estudadas abordando problemas do dia a dia.				
13	... chegam a conclusões que podem ser mais tarde completadas, alteradas ou substituídas.				
14	... são o resultado de descobertas feitas por pessoas que se tornam famosas.				
15	... são uma construção de cientistas que, como todas as construções humanas, é influenciada por crenças e valores.				
16	... têm teorias que, apesar de explicarem fenómenos físicos, levantam outras questões que necessitam ainda de ser esclarecidas.				
17	... são uma coleção de factos já investigados e a contínua procura de outros ainda não descobertos.				
18	...são o resultado de trabalhos feitos por cientistas que ignoram o que foi já feito naquele tema.				

Parte II

Para cada uma das afirmações, coloca uma cruz num quadrado das colunas 1, 2, 3 ou 4, de acordo com a seguinte chave:

- 1_ Nada ou muito pouco**
- 2_ Pouco**
- 3_ Razoavelmente**
- 4_ Bastante ou muito**

	1	2	3	4
Sentes-te motivado(a) para a aprendizagem de áreas científicas como a Física e a Química?				
Achas o estudo de conteúdos de Física e Química interessante?				
Experimentas dificuldade em compreender aspetos relacionados com a Física e a Química?				
Na tua opinião, é importante estudar Física e Química?				
Consideras a hipótese de escolher Física e Química, na continuação dos teus estudos?				
As aulas sobre a Tabela Periódica motivaram-te mais para o estudo da Física e da Química?				
Aprendeste melhor com esse tipo de aulas?				

ANEXO VI

Guião da visita de estudo ao Museu da Farmácia

9º Ano

Turma: ____

Data: _____

Nome: _____ Nº: _____

Visita de estudo ao
MUSEU DA FARMÁCIA

1. Introdução

Museu inaugurado em 1996 que tenta reunir, cronologicamente, material alusivo à história da farmácia. Inclui uma ala que reconstrói cenários em tamanho real de diferentes estabelecimentos farmacêuticos ao longo de diferentes épocas, sendo de destacar a farmácia da Macau. O espólio é constituído por cerca de 13 mil peças arqueológicas e histórias relativas à prática da farmácia, relativas a diferentes épocas e lugares – objetos provenientes de Roma, Grécia, Mesopotâmia, Arábia, Meso-América, China, Macau, Japão, datados desde a Antiguidade, passando pela Idade Média e Renascimento, pelos séculos XVIII e XIX, até aos nossos dias.

O Museu da Farmácia foi distinguido com os prémios Melhor Museu Português em 96/97/98 (pela Associação Portuguesa de Museologia) e Melhor Projeto Farmacêutico em 99 (pela Revista Farmácia e Distribuição).

O Museu situa-se em Lisboa, na Rua Marechal Saldanha 1 – Lisboa 1249-069 LISBOA

2. Questionário

Verdadeiro ou falso?

- Segundo reza o mito, de entre os filhos de Esculápio encontram-se Hígia - deusa da saúde pública – e Panaceia - deusa da farmácia.
- Desde a Antiguidade usaram-se instrumentos de medição e recipientes para os remédios.
- Conhecida por pedra filosofal, a Pedra de Goa foi o medicamento feito por farmacêuticos portugueses na Índia no século XVI, que se achava ser chave da eternidade.
- No Egito a múmia no sarcófago não representava o fim da vida, logo da saúde, mas sim o início.
- Antigamente, no Egito a cosmética destinava-se apenas às mulheres de elevado estrato social.
- Os índios norte-americanos fumavam uma erva que anulava as dores de dentes (nicotina).
- Pode ver-se no Museu um chifre de um unicórnio.
- O Museu de Farmácia adquiriu um preservativo do Marquês de Sade. O contraceptivo é feito de borracha.
- No museu pode ser vista uma peça gravada com escrita cuneiforme, uma receita da Mesopotâmia onde se recomenda o uso terapêutico da cerveja.
- As farmácias só surgiram no século XX.

v.s.f.f.

- O Museu tem em exposição a farmácia portátil original da missão STS-97 do vaivém espacial Endeavour, em Dezembro de 2000, produtos de higiene pessoal e alimentos utilizados na MIR e na secção russa da Estação Espacial Internacional.
- Sempre houve uma separação nítida entre a ciência e a religião.

FIM

ANEXO VII
Classificação de materiais (I)

9º Ano

Data: ____

Nome: _____ Nº: ____

Ficha de trabalho

Assunto: Classificação de materiais (I)

Elementos tais como o ouro (Au), a prata (Ag), o estanho (Sn), o cobre (Cu), o ferro (Fe), o chumbo (Pb) e o mercúrio (Hg) eram conhecidos desde a antiguidade.

Elementos conhecidos antes de 1700

Arsénio
Carbono
Chumbo
Cobre
Enxofre
Estanho
Ferro
Mercúrio
Ouro
Platina
Prata
Zinco

Agrupa os elementos conhecidos antes de 1700 de acordo com um critério por ti definido.

Explicita esse critério.

FIM

ANEXO VIII
Classificação de materiais (II)

Ficha de trabalho

Assunto: Classificação de materiais (II)

Até o final do século XVII, eram conhecidos apenas 14 elementos; um século depois, esse número passou para 33 e nos finais do século XIX, elevava-se para 83 o número de elementos conhecidos, aumentando o interesse na sua sistematização. Assim surgiram várias propostas de classificação.

Por volta de **1790**

Antoine Lavoisier, baseando-se em semelhanças de comportamento, agrupou os “elementos” conhecidos em quatro conjuntos:

	Noms nouveaux.	Noms anciens correspondants.
	Lumière.....	Lumière.
	Calorique.....	Chaleur. Principe de la chaleur.
Substances simples qui appartiennent aux trois règnes de la nature ou qui sont les éléments des corps.	Oxygène.....	Fluides ignés. Feu. Matière du feu & de la chaleur.
	Azote.....	Air déphlogistique. Air empyreux. Air vital.
	Hydrogène.....	Base de l'air vital. Gas phlogistique. Mofes.
	Soufre.....	Base de la mofes.
	Phosphore.....	Gas inflammable. Base du gas inflammable.
Substances simples ou composées appartenant à un seul des trois règnes de la nature.	Carbone.....	Soufre.
	Radical marinique.....	Phosphore.
	Radical boracique.....	Charbon pur.
	Ammoniac.....	Incense.
Argent.....	Incense.	
Arsenic.....	Ammoniac.	
Bismuth.....	Ammoniac.	
Cobalt.....	Antimoine.	
Cuivre.....	Argent.	
Etain.....	Arsenic.	
	Plomb.....	Bismuth.
	Plomb.....	Cobalt.
	Tungstène.....	Cuivre.
	Zinc.....	Etain.
	Chaux.....	Terre calcaire, chaux.
	Magnésie.....	Magnésie, base du sal d'Épsem.
Substances simples ou composées appartenant à un seul des trois règnes de la nature.	Baryte.....	Baryte, terre pesante.
	Alumine.....	Argile, terre de Falun, base de Falun.
	Silice.....	Terre siliceuse, terre vitifiable.



Lavoisier e a sua tabela de elementos.

Gases – como o oxigênio, o azoto, a “luz” e o “calor”.

Ácidos – como o enxofre, o cloro, o “carvão” e o fósforo.

Metais – como a prata, o cobalto, o cobre, o chumbo e o zinco.

Elementos terrosos – como a “cal”, o óxido de bário e o óxido de silício.

v.s.f.f.

Questão 1

Achas que o conceito que Lavoisier tinha de *elemento* coincide com aquele que atualmente se considera?

Fundamenta a tua resposta, indicando

- dois “elementos” da lista que hoje se consideram como manifestações de energia;
- um “elemento” da lista que presentemente se sabe ser um *composto*;

Em **1817**,

Johann Wolfgang **Döbereiner**, químico alemão, percebeu que em alguns grupos de três elementos com propriedades semelhantes, um deles apresentava a média aritmética das massas atômicas (m. a.) dos outros dois.

Por exemplo:

Média aritmética entre a massa atômica do lítio e a massa atômica do potássio

Elemento	m. a.
Li	7
Na	23
K	39

$$\frac{7+39}{2} = 23 \text{ a massa atômica do sódio}$$

Döbereiner começou uma ampla investigação em busca de outros exemplos e acabou descobrindo outros dois grupos de elementos com o mesmo padrão. O estrôncio situava-se a meio caminho entre o cálcio e o bário; e o selênio podia ser igualmente situado entre o enxofre e o telúrio. Döbereiner chamou esses grupos de **tríades**, mas não conseguiu encontrar mais.

Questão 2

Consulta uma tabela de massas atômicas e confirma a “lei das tríades” para aqueles dois grupos de elementos.

FIM

ANEXO IX
Classificação de materiais (III)

9º Ano

Data: _____

Nome: _____ Nº: _____

Ficha de trabalho

Assunto: Classificação de materiais (III)

À medida que iam sendo descobertos novos elementos, verificava-se cada vez mais a necessidade de agrupá-los de forma coerente, em resposta à variedade e complexidade dos fenómenos químicos.

Mais de metade dos elementos hoje conhecidos foi descoberta entre 1800 e 1900; nessa época, conhecendo-se várias propriedades físicas e químicas das substâncias elementares, os químicos tinham pouca noção da estrutura atómica e molecular.

O puzzle da Natureza

1. Com os cartões que te foram distribuídos, organiza os elementos em famílias químicas, isto é, em grupos com propriedades semelhantes. **Explicita sempre o critério que usaste.**
 - 1.1. Forma dois grupos.
 - 1.2. Constitui três grupos.
 - 1.3. Reformula os cartões de forma a haver 7 grupos.
2. Organiza os elementos nas famílias em colunas verticais.
3. Procura agora um padrão entre famílias na horizontal.

2ª Parte – Classificação de uma dada substância

1. Planifica uma experiência de modo a “encaixares” a substância elementar que te foi atribuída numa das anteriores famílias químicas.
2. Realiza a experiência.
3. Tira conclusões.

FIM

ANEXO X

Cartões de elementos

Cartões de elementos

<p>Peso atómico: 6,9 Cor: cinzento Brilho: metálico Estado físico (a 25°C): sólido (mole) Condutibilidade eléctrica e calorífica: boa Carácter químico da solução aquosa do respectivo óxido: básico (ou alcalino) Reage violentamente com a água</p>	<p>Peso atómico: 24,3 Cor: cinzento Brilho: metálico Estado físico (a 25°C): sólido Condutibilidade eléctrica e calorífica: boa Carácter químico da solução aquosa do respectivo óxido: alcalino Reage moderadamente com a água</p>
<p>Peso atómico: 27,0 Cor: cinzento claro Brilho: metálico Estado físico (a 25°C): sólido Condutibilidade eléctrica e calorífica: boa Carácter químico da solução aquosa do respectivo óxido: anfotérico Não reage com a água</p>	<p>Peso atómico: 28,1 Cor: cinzento escuro Brilho: metálico Estado físico (a 25°C): sólido Condutibilidade eléctrica: semicondutor (aumenta com a temperatura) Carácter químico da solução aquosa do respectivo óxido: fracamente ácido</p>
<p>Peso atómico: 31,0 Cor: branco ou vermelho Brilho: não tem Estado físico (a 25°C): sólido Condutibilidade eléctrica: má Inflama-se (arde) a baixas temperaturas. Carácter químico da solução aquosa do respectivo óxido: ácido Combina-se espontaneamente com o oxigénio do ar emitindo luz (fosforescência)</p>	<p>Peso atómico: 32,1 Cor: amarelo Brilho: não tem Estado físico (a 25°C): sólido Condutibilidade eléctrica e calorífica: má Carácter químico da solução aquosa do respectivo óxido: fortemente ácido Combina-se com a generalidade dos metais.</p>
<p>Peso atómico: 19,0 Cor: amarelo pálido Brilho: não tem Estado físico (a 25°C): gasoso Condutibilidade eléctrica e calorífica: má. Reage com a água originando soluções ácidas. Extremamente reativo.</p>	<p>Peso atómico: 35,5 Cor: amarelo esverdeado. Brilho: não tem Estado físico (a 25°C): gasoso. Condutibilidade eléctrica e calorífica: má Reage com a água originando soluções ácidas. Combina-se facilmente com a maior parte dos elementos.</p>

<p>Peso atómico: 23,0 Cor: cinzento Brilho: metálico Estado físico (a 25°C): sólido (mole) Condutibilidade eléctrica e calorífica: boa Carácter químico da solução aquosa do respectivo óxido: básico Reage violentamente com a água</p>	<p>Peso atómico: 40,1 Cor: cinzento Brilho: metálico Estado físico (a 25°C): sólido Condutibilidade eléctrica e calorífica: boa Carácter químico da solução aquosa do respectivo óxido: alcalino Reage moderadamente com a água</p>
<p>Peso atómico: 69,7 Cor: cinzenta Brilho: metálico Estado físico (a 25°C): sólido Condutibilidade eléctrica e calorífica: boa Carácter químico da solução aquosa do respectivo óxido: anfotérico Não reage com a água</p>	<p>Peso atómico: 72,6 Cor: cinzento claro Brilho: metálico Estado físico (a 25°C): sólido Condutibilidade eléctrica: semiconductor (a condutibilidade eléctrica aumenta com a temperatura) Carácter químico da solução aquosa do respectivo óxido: fracamente ácido</p>
<p>Peso atómico: 74,9 Cor: cinzento ou amarelo Brilho: não tem Estado físico (a 25°C): sólido Condutibilidade eléctrica: má Condutibilidade calorífica: boa Carácter químico da solução aquosa do respectivo óxido: ácido Combina-se espontaneamente com o oxigénio do ar emitindo luz (fosforescência)</p>	<p>Peso atómico: 79,0 Cor: cinza ou vermelho Brilho: não tem Estado físico (a 25°C): sólido Condutibilidade eléctrica e calorífica: má. A condutibilidade eléctrica aumenta quando exposto à luz. Carácter químico da solução aquosa do respectivo óxido: fortemente ácido Combina-se com a generalidade dos metais.</p>
<p>Peso atómico: 79,9 Cor: vermelho Brilho: não tem Estado físico (a 25°C): líquido Condutibilidade eléctrica e calorífica: má Reage com a água originando soluções ácidas. Reage facilmente com a maior parte dos elementos.</p>	

ANEXO XI
Os metais alcalinos

Assunto: Os metais alcalinos

Lê com atenção o seguinte excerto do livro “O Sistema Periódico” de Primo Levi.

O sódio é um metal degenerado; é também um metal só no significado químico da palavra, mas não no da linguagem quotidiana. Não é rígido nem elástico e, em vez disso, é mole como cera; não é brilhante, a menos que seja conservado com atenções maníacas, pois de outro modo reage em poucos instantes ao ar cobrindo-se de um manto feio e áspero; ainda com maior rapidez, reage à água onde flutua (um metal que flutua!), dançando freneticamente e produzindo hidrogénio. Apalpei, em vão, o ventre do Instituto: encontrei dúzias de ampolas rotuladas, como Astolfo sobre a lua, centenas de compostos difíceis e outros sedimentos anónimos aparentemente sem utilidade desde há gerações, mas nada de sódio. Em vez disso, encontrei uma pequena garrafa de potássio; o potássio é o gémeo do sódio e, por isso, peguei nele e voltei para o meu ermo. (...)

Como disse, o potássio é gémeo do sódio, mas reage ao ar e à água ainda com maior energia. Todos sabem (e eu também sabia) que em contacto com a água não só desenvolve hidrogénio como também se inflama.

Na aula também fizemos o estudo experimental de algumas propriedades do sódio e do potássio.

1. Indica as razões que levaram o autor a afirmar que “o sódio é um metal degenerado”.
2. O sódio quando reage com a água “flutua, dançando freneticamente e produzindo hidrogénio”.
 - 2.1 Explica por que o sódio “flutua, dançando freneticamente” sobre a água.
 - 2.2 Como identificámos, na aula, o hidrogénio produzido na reação do sódio com a água?
3. “O potássio é gémeo do sódio, mas reage ao ar e à água ainda com maior energia”.
 - 3.1 O que observámos que nos permite confirmar que o potássio reage com a água com maior energia?
 - 3.2 O que significa dizer que o potássio é gémeo do sódio?

A que se deverá tal facto?

ANEXO XII

**Orientações para o trabalho de pesquisa sobre
“A evolução do modelo atômico”**

9º Ano

Data: _____

Assunto: Evolução do modelo atómico

Nenhum modelo físico tem a pretensão de ser uma reprodução da realidade a que diz respeito, mas é uma maneira de a tornar mais compreensível. Os cientistas acreditam que os seus modelos, fruto da investigação que vão fazendo, se vão aproximando da realidade à medida que veem confirmadas as suas previsões.

O modelo atómico é um exemplo disso; foi evoluindo à medida que novas descobertas iam surgindo.

Quando surge um novo facto que o modelo não consegue explicar torna-se necessário pensar num outro que integre esse novo conhecimento.

Como qualquer modelo físico, o modelo atómico interpreta a realidade, mas não se pode confundir com ela!

Propomos-te que investigues a evolução do modelo atómico, referindo:

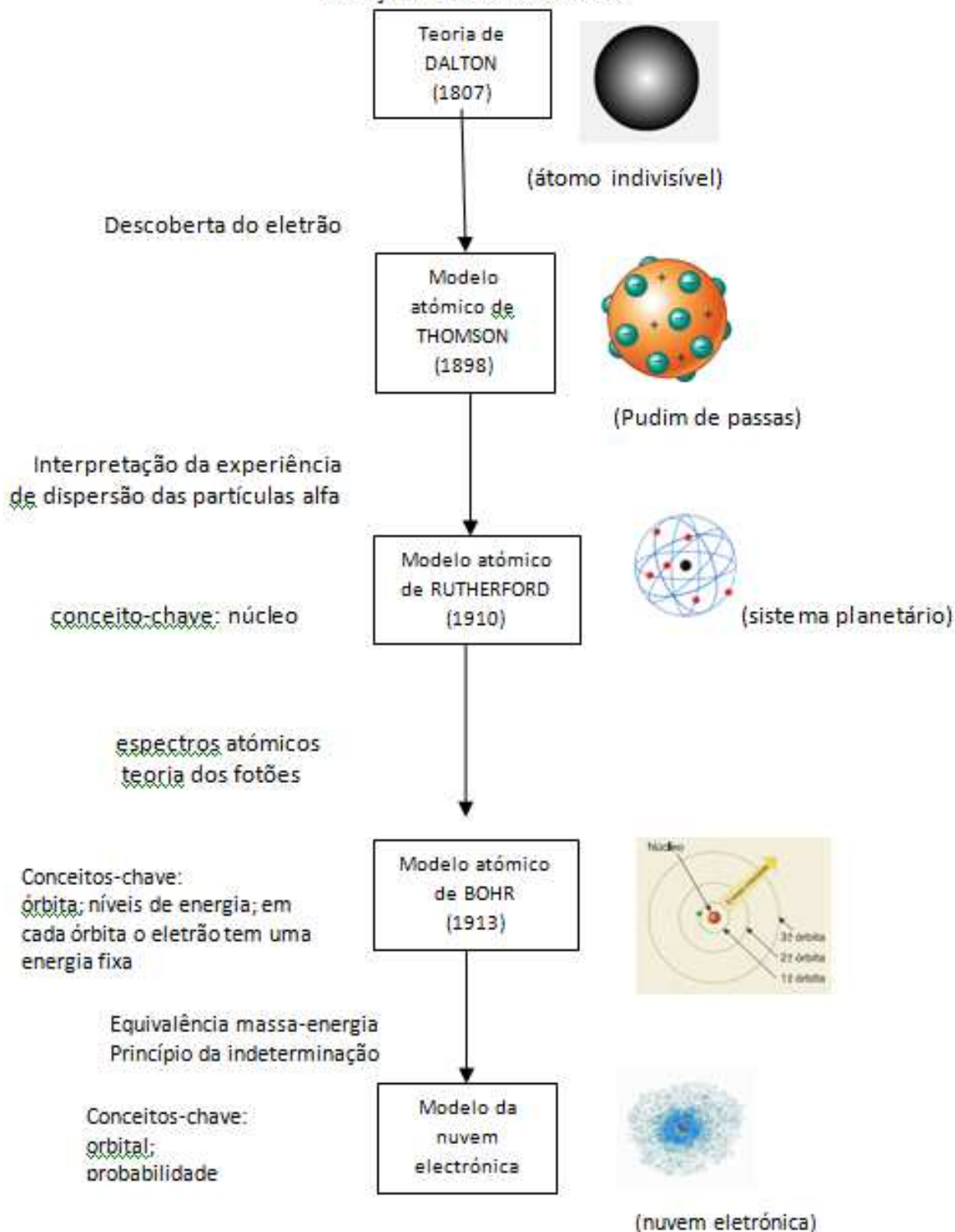
- como ficaram conhecidos os vários modelos atómicos;
- as descobertas que levaram a que o modelo tivesse que ser substituído;
- a “inovação” que apresentava em relação ao modelo anterior;

e tudo o mais que achares importante para uma melhor compreensão deste tema.

ANEXO XIII

“A evolução do modelo atômico”

Evolução do modelo atômico



ANEXO XIV

Teste final

Teste de avaliação

9º Ano

Data: _____

Nome: _____ Nº: _____

1. Lê, atentamente, o seguinte texto:

O cloreto de sódio, a que muitas vezes se chama sal de cozinha, sal marinho ou sal-gema, tem influenciado grandemente a vida do homem. Começou a ser utilizado no início do Neolítico, quando surgiram as comunidades rurais que se começaram a alimentar a partir da agricultura e da pecuária. Até ao século XIX, o cloreto de sódio foi utilizado para conservar os alimentos, principalmente as carnes, pois atuava como agente desidratante, fazendo com que os germes não se pudessem desenvolver.

O cloreto de sódio é constituído pelos elementos sódio (metal alcalino) e cloro (halogéneo); o átomo de sódio cede um eletrão ao átomo de cloro e ficam ambos com uma configuração mais estável – a de um gás nobre.

O sal está na origem da palavra salário (do latim *salariu*, que significava «ração de sal», «soldo»), pois os soldados do Império Romano recebiam parte do seu pagamento em sal.

1.1. O sódio é o elemento de número atómico 11. O que significa esta afirmação? _____

1.2. Faz a distribuição eletrónica de um átomo de sódio. _____

1.3. Completa a seguinte frase de modo a obteres uma afirmação verdadeira:

O átomo de sódio ao ceder um eletrão transforma-se num _____ de carga eléctrica _____. O átomo de cloro recebe um eletrão transformando-se num _____ de carga eléctrica _____

1.4. De acordo com o texto qual a razão por que o átomo de sódio cede um eletrão e o átomo de cloro recebe um eletrão? _____

1.5. No laboratório, investigámos algumas propriedades do sódio. Indica duas que verificámos e que nos permitiram classificar o sódio como um metal. _____

2. Os átomos de um elemento X têm a seguinte distribuição eletrónica: 2:8:7.

2.1. Indica o número atómico deste elemento. _____

2.2. Em que período da Tabela Periódica se situa? Justifica. _____

2.3. Indica o nome do grupo a que pertence. _____

2.4. Indica o valor da carga dos iões que tem tendência a formar. ____ Justifica. _____

2.5. Trata-se de um elemento metálico ou não-metálico? _____

2.6. Indica a distribuição eletrónica dos átomos de um elemento:

a) Do mesmo período, mas do grupo anterior ao de X. _____

b) Do mesmo grupo, mas do período acima do de X. _____

v.s.f.f.

5. Classifica as seguintes afirmações como **Verdadeiras (V)** ou **Falsas (F)**:

- A - O átomo é constituído por um núcleo onde se encontram os prótons e os eletrões.
- B - Os eletrões movem-se em torno do núcleo.
- C - Os neutrões são partículas com carga positiva existentes no núcleo dos átomos.
- D - O próton e o eletrão são partículas subatómicas com carga elétrica.
- E - Num átomo o número de prótons é igual ao número de neutrões.
- F - Aos eletrões apenas são permitidos determinados níveis de energia.

6. Considera os elementos **X**, **Y** e **Z** de números atômicos **consecutivos** (estas letras não são símbolos químicos dos elementos). Com base nesta informação, **completa o quadro**.

Elemento	X	Y	Z
Número atômico		10	11
Distribuição eletrónica	2; 7		
Número de eletrões de valência			
Grupo da Tabela Periódica		18	
Período da Tabela Periódica			3

FIM

Cotações

1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6 a	2.6 b	3	4	5	6	TOTAL
6	6	4	6	6	4	8	4	8	4	5	5	12	6	6	10	100

ANEXO XV

Grelha de classificações do teste final



GRELHA DE CLASSIFICAÇÕES DO TESTE FINAL

	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6 a	2.6 b	3	4	5	6	TOTAL
Nº	6	6	4	6	6	4	8	4	8	4	5	5	12	6	6	10	100
1	3	6	0	0	6	4	2	0	1	4	5	0	8	6	4	7	56
2	6	6	2	4	6	4	5	4	2	4	5	5	10	6	5	9	83
3	6	6	4	4	6	4	8	0	8	4	5	5	12	6	6	9	93
4	3	6	2	0	6	4	2	0	1	0	5	0	8	2	4	4	47
5	0	6	2	0	6	4	2	0	2	4	0	0	6	6	3	4	45
6	0	0	2	0	6	4	0	0	1	0	5	0	4	6	3	4	35
7	6	6	4	6	6	4	8	4	8	4	5	5	12	6	6	10	100
8	3	0	2	4	6	4	2	0	0	4	5	0	8	6	4	4	52
9	3	6	0	4	6	4	2	0	0	4	0	0	10	6	4	6	55
10	6	6	4	6	6	4	5	4	2	4	5	0	8	6	4	6	76
11	0	6	2	4	6	4	0	0	0	4	5	0	6	2	4	8	51
12	6	6	2	6	6	4	5	4	4	4	5	5	12	6	5	6	86
13	3	0	2	0	6	4	2	0	1	0	0	0	6	6	3	4	37
14	6	6	4	4	6	4	8	4	8	4	5	0	12	6	5	5	87
15	3	6	4	4	6	4	0	0	2	4	5	5	8	6	4	5	66
16	3	6	2	6	6	4	8	4	4	4	5	0	8	6	4	6	76
17	6	0	2	6	6	4	0	4	0	4	0	0	6	6	4	6	54
18	6	6	4	6	6	4	8	4	2	4	5	5	12	6	6	7	91
19	6	6	4	6	6	4	5	0	2	4	5	0	8	6	4	6	72
20	6	6	4	6	6	4	8	0	0	4	5	5	10	6	5	7	82
Média	4,05	4,8	2,6	3,8	6	4	4	1,6	2,4	3,4	4	1,75	8,7	5,6	4,35	6,15	67,2

ANEXO XVI

**Resultados da escala de Likert
(antes e depois do estudo)**

ESCALA DE LIKERT

	As Ciências Físico-Químicas...	ANTES					DEPOIS				
		DT	DP	AP	AT		DT	DP	AP	AT	
1	... contribuem para o progresso.	1	11	8	-	-5	-	12	8	-	-4
2	... foram construídas por pessoas que não têm crenças (religiosas e outras) e põem a ciência acima dos valores humanos.	6	9	3	2	-14	12	5	3	-	-26
3	... estudam completamente vários fenómenos, conhecimento esse que é verdadeiro e não deve ser posto em causa.	1	5	11	3	+10	4	10	5	1	-11
4	... têm teorias que só pessoas geniais as podiam ter descoberto.	2	3	7	8	+16	2	6	6	6	+8
5	... resultam de um intenso esforço mental e, por vezes, físico de vários cientistas.	2	1	9	8	+20	1	-	8	11	+28
6	... têm muito a ver com o mundo que nos rodeia.	2	4	10	4	+10	-	7	8	5	+11
7	... resultam de descobertas que, regra geral, só têm interesse para os cientistas que as fizeram.	4	6	9	1	-3	7	9	3	1	-18
8	...têm teorias que podem ser testadas através de observações e experiências.	-	-	8	12	+32	-	-	5	15	+35
9	... são cada vez mais o resultado da colaboração de cientistas de muitos países.	-	-	11	9	+29	-	-	6	14	+34
10	... são o resultado do trabalho de mulheres e homens muito diferentes das pessoas comuns.	2	3	8	7	+15	2	7	6	5	+5
11	... chegam a conclusões que, uma vez confirmadas, nunca mais podem ser postas em causa.	2	4	10	4	+10	9	9	2	-	-23
12	... despertam interesse e entusiasmo se forem estudadas abordando problemas do dia a dia.	-	6	10	4	+12	2	7	9	2	+2

13	... chegam a conclusões que podem ser mais tarde completadas, alteradas ou substituídas.	-	14	5	1	-7	-	1	8	11	+29
14	... são o resultado de descobertas feitas por pessoas que se tornam famosas.	2	4	9	5	+11	1	8	6	5	+6
15	... são uma construção de cientistas que, como todas as construções humanas, é influenciada por crenças e valores.	2	2	10	6	+16	-	4	11	5	+17
16	... têm teorias que, apesar de explicarem fenómenos físicos, levantam outras questões que necessitam ainda de ser esclarecidas.	1	4	10	5	+14	-	4	9	7	+19
17	... são uma coleção de factos já investigados e a contínua procura de outros ainda não descobertos.	1	5	8	6	+13	1	-	8	11	+29
18	..são o resultado de trabalhos feitos por cientistas que ignoram o que foi já feito naquele tema.	6	11	3	-	-20	5	12	3	-	-19
19	... não têm a ver com as aplicações boas ou más que possam ser feitas das suas teorias.	3	11	6	-	-11	2	11	6	1	-5
20	... são importantes por terem largas implicações sobre a humanidade.	4	4	8	6	+8	4	4	8	6	+8